III Congreso internacional de ambiente y Energías renovables. 1ra jornada Internacional de biomasa. Universidad Nacional de Villa María, Villa María, 2013.

Determinación de parches ecológicos para identificación de indicadores ambientales en la zona periurbana de Villa María.

Guzmán Leticia Ana, Becker Analía Rosa, Amione Alejandra, Bedano Jose Camilo, Rodriguez María Jimena y Rodriguez Marta Elena.

Cita:

Guzmán Leticia Ana, Becker Analía Rosa, Amione Alejandra, Bedano Jose Camilo, Rodriguez María Jimena y Rodriguez Marta Elena (2013). *Determinación de parches ecológicos para identificación de indicadores ambientales en la zona periurbana de Villa María. III Congreso internacional de ambiente y Energías renovables. 1ra jornada Internacional de biomasa. Universidad Nacional de Villa María, Villa María.*

Dirección estable: https://www.aacademica.org/cifaldi.ruano.gonza/21

ARK: https://n2t.net/ark:/13683/pafv/Ens

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.
Para ver una copia de esta licencia, visite
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es.

Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto*. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: https://www.aacademica.org*.

III Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables

I Jornada Internacional de Biomasa

Villa María, Córdoba, Argentina
11 al 15 de Noviembre de 2013

ORGANIZAN:

FUNDACION PRODTI

Ministerio de CIENCIA Y TECNOLOGÍA

GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE CORDOBA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE VILLA MARIA

Pensando en el ambiente y en el futuro energético de nuestra región

El panorama energético global presenta, en la actualidad, una situación muy comprometida en cuanto a reservas, disponibilidad y precio de los combustibles tradicionales, es decir, aquellos de origen fósil. Es también evidente que el uso masivo de dichos combustibles, durante el siglo XX principalmente, ha generado una variedad de problemas ambientales tales como la degradación de la capa de ozono, el calentamiento global y la contaminación de cuerpos acuíferos por derrames de crudo, entre otros.

A la par de la toma de conciencia sobre estos problemas, en los últimos años han cobrado gran importancia nuevas tecnologías tendientes al aprovechamiento de otras fuentes de energía, limpias y no contaminantes, provenientes de recursos renovables y que constituyen generalmente un residuo de la actividad agrícola, pecuaria o de la actividad del hombre en los centros urbanos.

La provincia de Córdoba, caracterizada por su perfil agroindustrial, presenta una significativa generación de residuos biomásicos, como por ejemplo cáscaras de maní, residuos celulósicos del maíz, del trigo o el sorgo, suero proveniente de la industria láctea, aserrín, y muchos otros, los cuales pueden representar un problema de disposición final para los responsables de estas actividades.

Del mismo modo, es reconocida la importancia de la búsqueda de alternativas para el tratamiento de aquellos residuos originados en los espacios urbanos (Residuos Sólidos Urbanos) debido al gran volumen de generación y los problemas ambientales y sanitarios que pueden surgir de su disposición y acumulación.

Estas tres situaciones, las sucesivas crisis que enfrenta y causa el uso de combustibles fósiles, la producción y acumulación de residuos de las actividades agropecuarias y forestales, y la disposición de los residuos sólidos urbanos confluyen en una cierta y prometedora posibilidad: la generación de energía térmica o eléctrica a partir de biomasa, tanto de origen agropecuario como urbano.

Ante dicha posibilidad, el Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba y la Universidad Nacional de Villa María han decidido realizar la 1° Jornada Internacional de Biomasa en el marco del III Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables con el objetivo de establecer un lugar de exposición, difusión y discusión de las tecnologías y sistemas disponibles o en desarrollo, tanto en el país como en el exterior, para el aprovechamiento energético de la biomasa disponible como residuo.

En contacto con la experiencia de disertantes especializados del medio local e internacional, se pretende generar un ámbito propicio para avanzar en el estudio, desarrollo, producción y difusión del uso de tecnologías propias, de bajo costo, adecuadas a nuestras necesidades, que resuelvan cuestiones ambientales, a la par de la generación de energías renovables que puedan ir modificando nuestra actual matriz energética, basada principalmente en combustibles fósiles.

Ing. Hugo Dellavedova
Secretario de Innovación y Vinculación Tecnológica
Ministerio de Ciencia y Tecnología
Gobierno de la Provincia de Córdoba.

III Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables
I Jornada Internacional de Biomasa

Organizado por:

Instituto A.P. de Ciencias Básicas y Apicadas de la Universidad Nacional de Villa María
Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba
Delegación Argentina de la Fundación para la Promoción y el Desarrollo Tecnológico Industrial (ProDTI)
III Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables
I Jornada Internacional de Biomasa

Comité de Honor:

Presidencia:
Ing. Germán Casetta
Ing. Hugo Dellavedova

Vicepresidente:
Ing. Agr. Eduardo Yaglián Steiner

Comité Organizador:

Máster Marta E. Rodríguez
Dra. Victoria Rosati
Dra. Georgina Etchegaray Suárez
Ms.C Natalia P. Masferrer
Cdra. Ana María Farfan
Ms.C. Jimena Jalom
Lic. Andrea Romina Cabrera
Ing. Wilfredo Jornet
Ing. Ruben Baccifava
Tec. Ezequiel Veneciano

Comité Científico Técnológico:

Coordinadoras:
Máster Marta E. Rodríguez
Dra. Victoria Rosati

Miembros:

Arq. Alejandra Amione
Bioq Sonia Sodero
Bioq. Marcia Ruiz
Dr. Osvaldo Mario Sonzini.
Dr. Raúl Crespi
Dra Georgina Etchegaray
Dra Ines Pintos
Dra. Carolina Morgante
Dra. Ema Estela Bonino
Dra. Marta Julia
Ing E.E Mario Pierantonelli
Ing. Elec. Fabián Barrionuevo
Ing. Elec. Jorge Jakimczyk
Ing. Gastón Barufaldi
Ing. Hugo Dellavedova
Ing. Leticia Ana Guzmán
Ing. Qca Lorena Mateos
Ing. Qco. Andrés Santiago Basso
Ing. Qco. Hernán Olivero
Ing. Química Rosana Rossi
Lic. Agustina Camperchioli
Lic. Durbano Jorge
Lic. Silvia Fanto
Lic. Martín Atienza
M.Sc. Aquiles Ignacio Salinas
M.Sc. Germán Zapata
Máster Luis Tuninetti
Ing.En. Erasmo Arriola Villaseñor
Ing.Qco. Juan Carlos Bedoya Pérez
Dr. Carlos Prosperi
Bió. Fernando Gallego
Dra. Carolina Morgante
Ing. Gabriela Farabollini
Ing. Química Anabella Ferral
M.Sc Alba Nelly Ardila Arias
Prof. Daniela Soledad Ramos

Editores

Ing. E E: Mario Pierantonelli
Ing. Agr. Máster: Marta E. Rodríguez
Máster: Luis Tuninetti
Dra. Máster: Georgina Etchegaray Suarez

ISBN: 978-987-1930-11-1

Antecedentes

El Instituto de Ciencias Básicas y Aplicadas de la UNVM; el Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba y la Delegación Argentina de la Fundación para la Promoción de la Investigación y el Desarrollo Tecnológico Industrial (ProDTI) le dan la bienvenida al III Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables - I Jornada Internacional de Biomasa que se realizará en la Ciudad de Villa María, Córdoba, Argentina. Estas instituciones comprometidas con la calidad ambiental y los recursos energéticos, consideran que estas temáticas, requieren ser abordadas de manera sistemática e interdisciplinaria para lograr un desarrollo humano sustentable.

El III Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables - I Jornada Internacional de Biomasa pretende constituirse en un espacio de intercambio de experiencias y debate sobre el estado actual y tendencias en ciencia, tecnología e innovación en ambiente, energías renovables y particularmente en la utilización de la biomasa de origen urbano y agroindustrial para la generación de energía. Este evento proporcionará la más alta calidad científica-tecnológica, con un programa de actividades que cuenta con oradores de reconocida trayectoria nacional e internacional. Contar con la presencia de cada uno de ustedes será fundamental para el intercambio de conocimientos y experiencias para la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales emergentes, tanto los provocados por la globalización como los que surgen localmente, de nuestras particularidades regionales.

Patrocinan

SPU
Secretaría de Políticas Universitarias

FONCYT
FONDO PARA LA INVESTIGACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA

Auspician

EPEC
Empresa Provincial de Energía de Córdoba

INTA
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Ñuke Mapu
ASOCIACION CIVIL
www.nukemapu.wordpress.com
info@nukemapu.org.ar

Facultad de Ciencias Agropecuarias
U.N.C.

Ministerio de AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTOS

Secretaría de Ambiente

MVM
MUNICIPALIDAD DE VILLA MARÍA

CONCEJO DELIBERANTE
de la ciudad de Villa María

Ministerio de AGUA, AMBIENTE Y ENERGÍA

ILSI
Argentina

III Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables

I Jornada Internacional de Biomasa

Villa María, Córdoba, Argentina
11 al 15 de Noviembre de 2013

ORGANIZAN:

FUNDACION PRODTI

Ministerio de CIENCIA Y TECNOLOGÍA

GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE CORDOBA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE VILLA MARIA

I Jornada Internacional de Biomasa

Programa

Lunes 11 de Noviembre — MAÑANA

Hora	
09:00	Acreditación
10:00	Acto de apertura
11:00	Conferencia inaugural. **Tecnologías avanzadas para la conversión de biomasa y residuos** **Prof. Dr. Electo Silva Lora** *Universidad Federal de Itajubá, Brasil*
12:00	Pausa para almuerzo.

Lunes 11 de Noviembre — TARDE

	Panel. **Avances tecnológicos para la generación de energía a partir del uso de residuos agropecuarios**
14:00	**Biodigestión anaeróbica de residuos de la producción animal** **Dr. Airton Kunz** *EMBRAPA, Brasil*
14:45	**Combustibles a partir de residuos agropecuarios vía procesos termoquímicos** **Dr. Klaus Raffelt** *Instituto de Investigación y Tecnología de Catálisis (IKFT), KIT. Karlsruhe, Alemania*
15:30	Café.
16:00	**Análisis sistémico de las alternativas de producción de bioenergía a partir de recursos biomásicos agropecuarios** **Ing. M.Sc. Jorge Antonio Hilbert** *Bioenergía INTA. Buenos Aires, Argentina*
16:45	**Avances tecnológicos para aprovechamiento energético por medio de digestión anaeróbica (residuos agropecuarios y urbanos)** **Dr. Gabriele Boccasile** *DG Agricoltura. Región de Lombardia, Italia*
17:30	Síntesis – Debate. Moderadora: **Ing. Evangelina Pussetto** *Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Villa María. Córdoba, Argentina.*

Martes 12 de Noviembre — MAÑANA

Hora	
	Panel. **Generación de energía a partir de biomasa en el sector privado. Presentación de casos**
09:00	**La experiencia FIPER** **Walter Righini** *Presidente de FIPER (Federazione Italiana Proddutori di Energia da Fonti Renovabili), Milán, Italia*
09:45	**Logística de abastecimiento y lay out para planta de biomasa** **Gustavo Quartara** *MIRACAR S.A. Montevideo, Uruguay*
10:30	Café.
11:00	**El caso Aceitera General Deheza** **Ing. Gerardo Listelo** *AGD, Córdoba, Argentina*
11:45	**El caso ARCOR** **Ing. Bruno Brunetti** *ARCOR. Tucumán, Argentina*
12:30	Síntesis – Debate. Moderador: **Dr. Javier Britch** *CEPROCOR. Ministerio de Ciencia y Tecnología de Córdoba, Argentina*
13:00	Pausa para almuerzo.

Martes 12 de Noviembre — TARDE

	Panel. **Avances tecnológicos para aprovechamiento energético de residuos sólidos urbanos**
14:30	**Caracterización de bio-residuos y ecología territorial: una herramienta para la toma de decisiones** **Prof. Jacques Méhu** *INSA - PROVADEMSE. Lyon, Francia*
15:15	**El modelo catalán de gestión de residuos. Impulso a las tecnologías de digestión anaeróbica de la fracción orgánica recogida selectivamente, y de la materia orgánica contenida en la fracción resto de los residuos municipales** **MSc. Daniel Vilaró** *Casalinas, Agencia de Residuos de Catalunya, Barcelona*
16:00	Café.

Hora	
16:30	**Conversión energética de los residuos sólidos urbanos** **Prof. Dr. Electo Silva Lora** *Universidade Federal de Itajubá, Brasil*
17:15	**RSU para generación de energía y fertilizantes priorizando el concepto de Basura Cero** **Ing. Exequiel Omar Espinosa** *Presidente de Energía 54 S.A. Buenos Aires, Argentina*
18:00	Síntesis – Debate. Moderadora: **Ing. Agr. Marta Rodríguez** *Universidad Nacional de Villa María. Córdoba, Argentina.*

Miércoles 13 de Noviembre — MAÑANA

	Panel. **Políticas públicas y legislación en energías renovables**
09:00	**Presentación Proyecto PROBIOMASA - Objetivos y Acciones** **Lic. Juan Ignacio Paracca** *Proyecto PROBIOMASA. Ministerios de Agricultura y de Planificación de la Nación* *Ciudad de Buenos Aires, Argentina.*
09:30	**GiaFa S.R.L.** **Lic. Diego Franco** *Córdoba, Argentina*
10:00	**Secretaría de Desarrollo Energético, Ministerio de Agua, Ambiente y Energía** **Ing. Claudio Puértolas** *Córdoba, Argentina*
10:30	Café.
11:00	**Empresa Provincial de Energía de Córdoba (EPEC)** **Ing. Gustavo O. Gattoni** *Córdoba, Argentina*
11:30	Debate – Síntesis y Cierre de la Jornada. Moderador: **Ing. Hugo Alberto Dellavedova** *Secretaría de Innovación y Vinculación Tecnológica, Ministerio de Ciencia y Tecnología de Córdoba.* *Córdoba, Argentina.*

III Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables

Tema

1 **Recursos Naturales - Ord. Territorial y Urbanismo**

2 **Sociedad y Ambiente - Contaminación y Remediación**

3 **Aplicaciones Energéticas de Biomasa**

4 **Aplicaciones de Energía Solar**

5 **Eficiencia Energética y Energías Renovables**

6 **Tecnología y Ambiente - Gestión Ambiental**

7 **Aplicaciones Energéticas de Residuos y Efluentes**

8 **Derecho Ambiental - Salud y Ambiente - Ambiente Global**

	Sala A	Sala B
Tema 1	MIÉRCOLES Tarde	
Tema 2	JUEVES Mañana	
Tema 3		MIÉRCOLES Tarde
Tema 4		JUEVES Mañana
Tema 5		JUEVES Tarde
Tema 6	JUEVES Tarde	
Tema 7		VIERNES Mañana
Tema 8	VIERNES Mañana	

Miércoles 13 de Noviembre — TARDE

Hora | **Sala A**

14:30

Desafíos ambientales que presenta el retiro de residuos agropecuarios para la producción de energía

Ing. Agr., MSc. Jorge Antonio Hilbert
Bioenergía INTA
Instituto de Ingeniería Rural - Centro de Investigación de Agroindustria, CIA

	Sala A	**Sala B**
	Ponencias. Tema 1. **Recursos Naturales - Ord. Territorial y Urbanismo** Coordinador: **Dr. Osvaldo Sonzini**	Ponencias. Tema 3. **Aplicaciones Energéticas de Biomasa** Coordinador: **Mario Pierantonelli**
15:00	**01-22 Detección de cambios temporales de superficie inundada en la zona de la laguna de Mar Chiquita mediante imágenes satelitales** Ferral Anabella, Aleksinkó Alejandro, Plomer Ester, Orueta Alejandro, Cossano Noelia, Bernasconi Inés, Díaz Agusto, Scavuzzo Marcelo *Ministerio de Ambiente, Agua y Energía de la provincia de Córdoba.* *Universidad Blas Pascal, Córdoba.* *Instituto Mario Gulich, CONAE*	**02-02 Evaluación energética de residuos forestales de la zona chaqueña. Determinación del poder calorífico del aserrín de quebracho colorado** Aeberhard, R. - Corace, J. - Martina, P. *G.I.D.E.R.- Grupo de Investigación y Desarrollo en Energías Renovables - Universidad Nacional del Nordeste - Resistencia - Chaco*
15:30	**01-33 Arquitectura escolar ambientalmente sustentable en edificios escolares en Tucumán mediante el uso de la vegetación** Quiñones G. I, Márquez Vega S. G, Llabra C, Mostajo M. A, Gonzalo G. E *Catedra de Acondicionamiento Ambiental - FAU - Tucumán*	**02-04 Análisis energéticos en agroecosistema lechero en Brasil y Nueva Zelandia: importante herramienta para una producción más sustentable** Silva, Marísia Cristina; Bueno, Osmar De Carvalho; Rosin, Christopher *Facultad de Ciencias Agronómicas - Unesp.Brasil*
16:00	**01-38 Degradación en agroecosistemas del Centro-Sur de la Provincia de Córdoba** Rodriguez María Jimena, Becker Analía Rosa, Grumelli María, Luisina Pagliano y Guzmán Leticia Ana *Universidad Nacional de Río Cuarto.* *Universidad Nacional de Villa María.*	**02-05 Cultivo de *Scenedesmus quadricauda* en efluentes urbanos de la ciudad de Trelew, Chubut, Argentina: obtención de biomasa a partir de cultivos en 20 litros y comparación de métodos de cuantificación de lípidos** Salomón R, Cravero M A, Parra A, Quintero R, García D, Albarracín I *Facultad de Ciencias Naturales. Trelew. Chubut.* *Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.*
16:30	Café.	

Hora	Sala A	Sala B
17:00	**01-41 Determinación de parches ecológicos para identificación de indicadores ambientales en la zona periurbano Villa María** **Guzmán Leticia Ana, Becker Analía Rosa, Alejandra Amione, José Camilo Bedano, María Jimena Rodriguez, Marta Elena Rodriguez** *Universidad Nacional de Villa María. Universidad Nacional de Río Cuarto.*	**02-07 El cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en el oasis norte de Mendoza** **Federico José Ossa Basañes y Cecilia Rebora** *Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza*
17:30	**01-19 Hidráulica Tiwanakota** **Ing. Juan Domingo Rueda Characayo** *Unidades Académicas Campesinas. Universidad Católica Boliviana. Bolivia*	**02-01 Estimación del potencial de producción de metano desde la digestión anaeróbica de residuos porcinos** **Thiago Edwiges, Armin Feiden e Carlos Eduardo Camargo Nogueira** *Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Brasil*
17:45	Preguntas a los disertantes	Preguntas a los disertantes
18:00	**Experiencia regional en el uso de una biomasa de origen agrícola para el uso exclusivo de la generación de energía eléctrica** **Ing. Jorge Ciravegna** *Empresa Prodeman*	

Jueves 14 de Noviembre — MAÑANA

Hora	Sala A	Sala B
	Ponencias. Tema 2. **Sociedad y Ambiente - Contaminación y Remediación** Coordinador: **Dr. Osvaldo Sonzi**	Ponencias. Tema 4. **Aplicaciones de Energía Solar** Coordinador: **Ing. Elec. Jorge Jakimczyk**
09:30	**01-13 Tratamiento del agua de lavado de la industria láctea mediante ósmosis inversa** **Di Guilmi Celeste M. L** *Departamento de Ingeniería Química - Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA)*	**Energías Renovables solución energética para aldeas rurales remotas y aisladas de Latinoamérica. Experiencias propias** **Emilio Gudemos** *Integrante de Red de Expertos Iberoamericanos en Energías Renovables. Docente de Energías Renovables en Universidad Nacional de Villa María. Docente de Laboratorio de Máquinas Eléctricas y Baja Tensión F.C.E.F.y N. Universidad Nacional de Córdoba*
10:00	**01-20 Síntesis electroquímica de nanoalambres magnéticos para aplicaciones en remediación ambiental** **M. S. Viqueira, D. A. Pedernera, G. Pozo López, L. M. Fabietti, S. E. Urreta** *Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba*	**02-11 Disminución en la capacidad de generación de energía eléctrica de módulos fotovoltaicos con el tiempo de exposición en Santiago del Estero** **Juárez C.R., Fernández R. A., Rodríguez R., Fernández F., Vera L.** *Laboratorio de Física – Centro de Sistemas de Potencia y Energías Renovables (CESPER) - Univ. Nac. de Santiago del Estero.*

Hora	Sala I	Sala II
10:30	**01-29 Indicadores de calidad del agua depurada por lagunas de estabilización para uso agrícola - Catamarca** Jalabert Paola, Saracho Marta , Flores Mercedes *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Catamarca*	**02-15 Monitoreo de un sistema de concentradores solares mediante una red de sensores y procesamiento embebido** Villena, Maiver; Hoyos, Daniel; Serrano, Victor *Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO-CONICET). Consejo de Investigación - Universidad Nacional de Salta*
11:00	**01-30 Fitorremediación de suelos contaminados con biodiesel** Rios R. Paola, Giuffre Lidia, Romaniuk Romina *Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires*	**02-20 Un nuevo destilador solar que opera en cuatro etapas recuperando el calor de condensación de cada una (Segunda parte experimental: Producción y Temperatura en las Bateas)** Fasulo A., Marchesi J., Odicino L. y Zizzias J. *Universidad Nacional de San Luís, Universidad Nacional de Río Cuarto*
11.30	Café.	
12:00	**01-35 Optimización de sistemas existentes de tratamiento de efluentes: tecnologías no-tradicionales que permiten reutilizar el agua tratada disminuyendo el impacto ambiental** Martínez Wassaf, Maribel G; Grumelli, Yanina; Aguirre, Belquis; Díaz Panero, Mariángeles; Castillo, Jorge y Welter, Adriana *Universidad Católica de Córdoba*	**02-22 Estudio sobre la factibilidad de reemplazo de destiladores eléctricos por destiladores solares en la U.N.R.C.** Zizzias Javier, Marchesi Javier, Venier Fabián, Fasulo Amílcar, Moyano Federico *Universidad Nacional de Río Cuarto, Universidad Nacional de San Luis*
12:30	**01-37 Transesterificación de aceite vegetal con diferentes tiempos de uso en la cocción de alimentos** Sánchez de Pinto, María Inés; Villalba Varas, Fátima; Saavedra, Raúl; Paliza, Laura; Araujo, Virginia; Salguero, Fredy; Boggetti, Héctor; Ardila, Alba N. *Universidad Nacional de Santiago del Estero - Argentina. Facultad de Ciencias Básicas, Sociales y Humanas del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid - Colombia*	**02-23 Evolución térmica de un horno solar con y sin material de cambio de fase** Morsetto J. M., Lema A. I., Pontin M. I. *Universidad Nacional de Río Cuarto - Córdoba*
13:00	Preguntas a los disertantes	Preguntas a los disertantes
13:30	Almuerzo Libre.	

Jueves 14 de Noviembre — TARDE

Hora	Sala A	Sala B
	Ponencias. Tema 6. **Tecnología y Ambiente - Gestión Ambiental** Coordinadora: Dra.Georgina Etchegaray	Ponencias. Tema 5. **Eficiencia Energética y Energías Renovables** Coordinador: Emilio Gudemos
14:30	**01-09 Certificación RTRS de soja responsable en la región del noroeste argentino, análisis de la evolución y el impacto actual y potencial** Cabezas Arreseigor, M. d P. y Vilella, F *Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires*	**Análisis del potencial energético de los recursos renovables** Ing. M. Julieta López e Ing. Tamara Ontivero *TECNORED*
15:00	**01-16 Importancia económico-ambiental de la aislación térmica de la envolvente edilicia en la eficiencia energética en relación a las condiciones del clima** Cecilia Fernanda Martinez *Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente (CEEMA) - FAU - UNT - Tucumán*	**02-10 Los recursos naturales y la crisis energética en Argentina** Adaro, Jorge; Marchesi. Javier; Zizzias, Javier *Grupo de Energía Solar. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Río Cuarto*
15:30	**01-21 Elaboración de la huella de carbono de la cadena apícola argentina** María G. Mujica, Estela M. Santalla *Facultad de Ingeniería UNCPBA Olavarría. Bs. As*	**02-28 Compactador de deshechos a energía solar y pantalla de LED interactiva** Manno Roberto, Bortis Carlos, Malinovsky Nicolás, Sabbatini Pedro, Carlos Urani, Analía Becker, Marta Rodríguez *UNRC – UNVM*
16:00	**01-25 Codigestión anaeróbica de residuos de tratamiento DAF y efluentes de predios lecheros** Panigatti, M. Cecilia; Boglione, Rosana; Griffa, Carina; Gentinetta, Fabiana; Melidoro, Javier; Medina, Luis; Schierano, M. Celeste; Laorden, Franco; Aimo, Corina. *Facultad Regional Rafaela. Universidad Tecnológica Nacional. Santa Fe*	**02-17 Construcción de cocinas solares en una escuela de nivel medio en la Provincia de Córdoba** J. Marchesi, F. Venier, J. Zizzias, M. Lucchini *Grupo de Energía Solar. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Río Cuarto*
16:30	Café.	
17:00	**01-31 Evaluación del crecimiento de levaduras del género *Rhodoturula* en un efluente lácteo** Moyano Silvia, Liboa Alejandra, Guerín M. Eugenia, Peralta José M., Marín Graciela, Pegoraro, L. *Laboratorio de Química y Microbiología; Grupo GISIQ. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Villa María*	**02-21 Modelo matemático de disponibilidad inherente y energía en sistemas eólicos** Miguel H. E. Milanés, Néstor Rodríguez, Paola Biscotti; Patricia Mores *CAIMI, UTN FRRo, Rosario, Argentina*

Hora	Sala A	Sala B
17:30	**01-32 Valoración de glicerol, subproducto del biodiesel, mediante catálisis heterogénea** **Bálsamo Nancy, Ullán María Luz, Caballero Dayana, Eimer Griselda, Crivello Mónica** *Centro de Investigación y Tecnología Química, UTN, FRC, Cuidad Universitaria, Córdoba, Argentina*	**02-26 Movilidad urbana sustentable, alternativa eléctrica, rendimiento mejorado** **Pierantonelli Mario, Sassia Gerardo, Barufaldi Gastón, Etchegaray Georgina, Picca Gustavo, Gudemos Emilio, Santi Evelyn, Gottero Román, Sosa Emilia** *Universidad Nacional de Villa María*
18:00	Preguntas a los disertantes	Preguntas a los disertantes

Viernes 15 de Noviembre — MAÑANA

Hora	Sala A	Sala B
	Ponencias. Tema 8. **Derecho Ambiental - Salud y Ambiente - Ambiente Global**	Ponencias. Tema 7. **Aplicaciones Energéticas de Residuos y Efluentes**
09:30	**01-10 Principios para la disposición ambientalmente adecuada de los tubos fluorescentes obsoletos de la Facultad de Ingeniería Delta** **Jorge R. Parente, Luis N. Leanza** *U.T.N. Facultad Regional Delta; Buenos Aires - Argentina*	**02-09 Producción de PHA en sistema de tratamiento biológico de efluentes por lodos activados** **Alzate Marin J.C., Caravelli A.H., Zaritzky N.E.** *Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimento. La Plata, Argentina*
10:00	**01-23 Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de escuelas y red de distribución de la provincia de Catamarca 2012-2013** **Serenelli, Edith; Moya, Pablo; Paradela, Nadia; Bustos, María José; Baldibies, Cristina** *Dirección de Laboratorio - Subsecretaría de Recursos Hídricos - Provincia de Catamarca*	**02-13 Biomasa proveniente de residuos orgánicos poblacionales para la producción de biogas con transferencia a la comuna de General Fotheringham, Córdoba - Argentina** **Stobbia Daniel, Viera Fernández Beatriz, Cabanillas Carmen, Heredia Angélica, Eimer Griselda, Ledesma Alicia** *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba*
10:30	**01-27 La "Atómica" de Alta Córdoba. La degradación y el manejo del medio ambiente urbano en la ciudad de Córdoba** **Holm, Federico** *Universidad Católica de Córdoba*	**02-16 Ensayo batch de co-digestión anaeróbica de purines de cerdo** **V. Córdoba, M. Fernandez, E. Santalla** *CONICET* *Facultad de Ingeniería - UNCPBA*
11:00	**01-28 La problemática de los agroquímicos y sus envases, incidencia en la salud de los productores y en el ambiente** **Colonese, María del Carmen** *AER INTA (Goya-Corrientes)*	**02-18 Evaluación de la capacidad de generación de energía a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos** **Tapia Jaquelina M.** *Universidad Nacional de General Sarmiento. Buenos Aires*
11:30	Café.	

Hora	Sala A	Sala B
12:00	**01-36 Caracterización hidroquímica y detección de atrazina en agua subterránea de la cuenca lechera de Villa María, Córdoba, Argentina** Romina A. Bachetti, Fátima Bécher Quinodóz, Noelia L. Urseler, Mónica Blarasin, Daniel Rotondaro, Carina Porporatto, Elizabeth Agostini, Carolina A. Morgante *Universidad Nacional de Villa María. Universidad Nacional de Río Cuarto*	**02-19 Avances hacia una alternativa tecnológica que optimice el uso de un residuo de la agroindustria aceitera** Martinefsky Cecilia, Nolasco Susana, Riccobene Isabel *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*
12:30	**01-39 Eliminación de nitritos y nitratos de agua para consumo humano** Olivero Hernan; Lorena. Mateos; Nicolás Benedetto; Marta E. Rodriguez *Universidad Nacional de Villa María*	**02-12 Licitaciones para suministrar electricidad generada con energías renovables como mecanismo de promoción energética en Perú y Argentina** Díaz Villanueva, Edwar Rafael *Abogado por la Pontificia Universidad Católica del Perú*
13:00	Preguntas a los disertantes	Preguntas a los disertantes
13:30	Entrega de certificados.	

Trabajos Poster

TEMA 1 Recursos Naturales - Ord. Territorial y Urbanismo

Nº	Nombre del trabajo	Autor/es
01-01	**Evaluación de dos experiencias en cosecha de agua de lluvia en Calakmul, Campeche**	**Cruz, Adriana; Barbina, Claudia** *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*
01-26	**Evaluación del riesgo discontinuo en papa en Colonia Tirolesa, provincia de Córdoba**	**Roqué Carlos Augusto, Alicia Susana Heredia, María Eugenia del Franco, Nicolás Benedetto, Daniel Di Giusto, Martín Bóveda** *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.* *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos, Gobierno de la Provincia*

TEMA 2 Sociedad y Ambiente - Contaminación y Remediación

Nº	Nombre del trabajo	Autor/es
01-03	**(Re) Pensando las conexiones entre la literatura y la Ecología**	**Vanzetti, Mónica G.** *Facultad de Lenguas - UNC*
01-05	**Diseño y evaluación de un humedal artificial de flujo sub-superficial para el tratamiento de aguas residuales domésticas**	**Juan Carlos Bedoya P., Alba N. Ardila A., Juliana Reyes C.** *Grupo de Investigación en Biociencias (GIB), Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.* *Grupo de Investigación en Química Básica y Aplicada (QUIBA). Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid*
01-06	**Transferencia de conocimientos para el uso racional de la energía utilizando la biomasa como alternativa energética**	**Corace, Juan - Aeberhard,Raquel - Martina, Pablo - Barea, Jorge - Tortosa, Graciela** *G.I.D.E.R. Grupo de Investigación y Desarrollo en Energías Renovables. Departamento de Termodinámica y Máquinas Térmicas - Facultad de Ingeniería. Departamento de Física Química - Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Nordeste - Resistencia - Chaco*
01-12	**Evaluación de la relación entre la demanda química de oxígeno del efluente y el volumen de faena en un frigorífico de porcinos**	**Garnero, Jorge, Chiappero, Paola, Luengo, Florencia, Rovero, Mauricio, Yafar, Emiliano** *Grupo de efluentes industriales.* *Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco*
01-14	**Cuantificación de demanda química de oxígeno como instrumento para la protección ambiental**	**Llinares Analía, Ghibaudo María Eugenia, Villacorta Paula, Palacio Matías, Beccaglia Ana María, Pesce Silvia Fabiana** *Cequimap, Facultad De Ciencias Químicas, UNC*

Nº	Nombre del trabajo	Autor/es
01-24	**Experiencia local sobre ecoconcepción. Cálculo de huella de carbono en la segunda feria internacional y octavo congreso regional del ambiente**	Ing. Vega Marcelo, Cortasa Victoria, Rios Emilse *Área Cambio Climático - Eficiencia Energética Dirección de Desarrollo Sustentable - Secretaría de Servicios Públicos y Medio Ambiente - Municipalidad de Rosario. Ingeniería Ambiental Pontificia Universidad Católica Argentina, Facultad de Química e Ingeniería Campus Rosario*
01-40	**Nuevas estrategias de educación ambiental en el grupo interdisciplinar universitario en la ciudad de Villa María, Córdoba, Argentina**	Camperchioli Agustina, Clara Inés Fernández, Emilia Sosa, Evelyn Santi Esnaola, Wenceslao Duclo, Lourdes Giroud, Nadia Bernasconi, Melanie Couvert *Instituto de Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional de Villa María (UNVM), Argentina. Asesora independiente. Técnica en Agroecología. Estudiantes Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables UNVM*

TEMA 4 Aplicaciones de Energía Solar

Nº	Nombre del trabajo	Autor/es
02-24	**Tecnologías renovables aplicadas a las escuelas rurales**	Sanchez, Evelyn; Bain, Viviana *Alumna de la Tecnicatura Superior en Energías Renovables. Profesora de la Tecnicatura Superior en Energías Renovables*

TEMA 5 Eficiencia Energética y Energías Renovables

Nº	Nombre del trabajo	Autor/es
02-06	**Descripción del dispositivo de aprovechamiento de la energía undimotriz**	Pelissero M. A., Haim P. A., Oliveto G., Montoneri M., Lifschitz A., Gagnieri D., Tula R., Galía F., Muiño F., De Vita G., Heinke E., Bernal S., Lipchak N., Boerio E., Gawron O., Baldo M., Santino T. *UTN-FRBA*
02-25	**Estudio del forzamiento radiativo en medios confinados como aproximación al cálculo del potencial de calentamiento global de diferentes gases**	Rossi, Rosana; Pierantonelli, Mario; Picca, Gustavo; Tuninetti, Luis; Campos, Alberto; Gudemos, Emilio; Carrera, Natalia; Furlan, Lucrecia; Casas, Salomé *Docentes y estudiantes de la Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables de la Universidad Nacional de Villa María*

TEMA 6 Tecnología y Ambiente - Gestión Ambiental

Nº	Nombre del trabajo	Autor/es
01-15	**Estructura de la gestión de recursos hídricos en Brasil**	PIZA, Mariana Wagner de Toledo; BUENO, Osmar de Carvalho *Facultad de Ciencias Agronómicas - UNESP*

Nº	Nombre del trabajo	Autor/es
01-34	**Propuesta de un sistema de integración del tratamiento y uso agrícola del agua residual. Catamarca**	**Tinari Ricardo, Saracho Marta, Guzmán Zulma Gabriela, Castro Pablo, Agüero Nahuel** *Dirección Laboratorio. Dirección de Riego. Secretaría de Recursos Hídricos. Catamarca. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UNCa*

TEMA 7 Tecnología y Ambiente - Gestión Ambiental

Nº	Nombre del trabajo	Autor/es
02-27	**Efecto de la concentración del catalizador y etanol en la obtención de biodiesel**	**Bettera,C., Massera M.M., Reartes N. E., Medeot, I.** *Facultad de Ingeniería (Universidad Nacional de Río Cuarto)*

Comunicaciones

Nº	Nombre del trabajo	Autor/es
03-01	**Efecto de *Hydrocotyle ranunculoides* en el biotratamiento de agua residual mixta en reactores de flujo continuo**	**Gabriel Omar Basílico, Laura de Cabo, Marta Paz y Ana Faggi** *Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" - CONICET. Universidad de Flores. Universidad de Buenos Aires - Facultad de Farmacia y Bioquímica*
03-02	**Reutilización de aguas residuales de talleres automotrices mediante el método de electrocoagulación**	**Paz Estefanie, Vega Carolina, Pérez Alexis** *Ingeniería Química Ambiental. Ingeniería Civil Mecánica. Universidad de Tarapacá.*
03-03	**Evaluación del comportamiento de Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) en las condiciones agroclimáticas de Río Cuarto, Córdoba**	**Peiretti, E. Guillermo, Analía Ortolan, Dante Rossi, Dario Grivel, Erica Sticoti** *Dpto. de Producción Vegetal. Ing. Agronómica. Dpto. de Producción Animal. Facultad de Agronomía y Vet., Universidad Nac. de Río Cuarto*
03-04	**Evaluación físico-química y microbiológica del proceso de compostaje de residuos avícolas por aireación pasiva**	**Della Torre, Virginia; Rizzo, Pedro F.; Riera, Nicolás I.; Young, Brian J.; Ferraina, Antonella; Mayoral, Lucía; Salas, Florencia; Crespo, Diana** *Laboratorio de Transformación de Residuos, Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (IMYZA)*
03-05	**Bases para un biomonitores de calidad de aire con líquenes en la ciudad de Villa María**	**Ciacci, Yamila; Estrabou, Cecilia; Filippini, Edith y Gallego, Fernando** *Escuela Normal Víctor Mercante - Nivel Superior. Centro de Ecología y Recursos Naturales Renovables "Dr. Ricardo Luti". Universidad Nacional de Córdoba. Universidad Nacional de Villa María*

Nº	Nombre del trabajo	Autor/es
03-06	**Caracterización de calidad ambiental sonora urbana e inferencias progresivas en la prevención y/o mitigación**	Gallego, Fernando; Monje, Hugo; Sicbaldi, Ma. Paula *Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables - IAPCBA - Universidad Nacional de Villa María*
03-07	**Evaluación de la sustentabilidad de un sistema de producción forestal regado con aguas residuales mediante el método MESMIS**	Maionchi S., Sofia; Dorado, M., Bracamonte, E.; Rodriguez A., E.; Vianello, A; Scully, Martín *FCA-UNC*
03-08	**Valoración ambiental de producciones agropecuarias de Córdoba mediante el uso de bioindicadores de sustentabilidad**	Bracamonte, Enzo; Maionchi S., Sofia; Rodriguez A.,Eduardo; Vianello, Alejandro; Scully, Martin *FCA-UNC*
03-09	**Evaluación ecotoxicológica de residuos avícolas compostados mediante un sistema de aireación pasiva**	Young, Brian J.; López, Valeria A.; Molina, Cecilia D.; Fernández, Florencia E.; Rizzo, Pedro F.; Riera, Nicolás I.; Della Torre, Virginia; Crespo, Diana *FCA-UNC*
03-10	**Residuos sólidos municipales: la separación en origen maximiza el reciclaje**	Sánchez de Pinto, M. Inés, Jorge de Cuba, Emilse, Rodriguez, Gabriela Vanesa, Ferreira Grassi, M. Florencia , Roman, Soledad, Polo, Alfredo *Instituto de Ciencias Químicas. Área de comunicación - Facultad de Agronomía y Agroindustrias - UNSE0, Santiago del Estero, Argentina. Instituto de Ciencias Agrarias - CSIC - Madrid - España*
03-11	**Proyectos presentados en el 2013 al concejo deliberante de la ciudad de Villa María**	Etchegaray Georgina; Rodríguez Marta Elena; Alejandra Amione, Fernando Gallegos, Evelyn Santi Esnaola *Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables IAPCBA - Universidad Nacional de Villa María*
03-12	**Jornada taller - Integrando la cuenca del Ctalamochita**	Daghero Alberto; Rodríguez Marta Elena; Benedetto Nicolas; Etchegaray Georgina; Guzmán Leticia *Facultad de Ciencias Agropecuarias - UNC. Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables del IAPCBA - UNVM*

Tesis

Nº	Nombre del trabajo	Autor/es
04-01	**Impacto generado por la vinaza en el ambiente. Propuesta de gestión para la minimización en el ingenio Ledesma, provincia de Jujuy**	Amduni, Jessica; Antonelli, Ana Carolina ***Directora:*** *Konigheim, Brenda* ***Asesora:*** *Gassmann, Malvina*

PATROCINAN:

SPU
Secretaría de Políticas Universitarias

FONCYT
FONDO PARA LA INVESTIGACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA

AUSPICIAN:

EPEC
Empresa Provincial de Energía de Córdoba

INTA
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

ÑUKE MAPU
ASOCIACION CIVIL
www.nukemapu.wordpress.com
info@nukemapu.org.ar

Facultad de Ciencias Agropecuarias
U.N.C.

Ministerio de AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTOS

Secretaría de Ambiente

MVM
MUNICIPALIDAD DE VILLA MARÍA

CONCEJO DELIBERANTE
de la ciudad de Villa María

www.cayer.com.ar

Índice

- Tema 1
  RECURSOS NATURALES – ORD.TERRITORIAL Y URBANISMO
- Tema2
  SOCIDAD Y AMBIENTE - CONTAMINACIÓN Y REMEDIACIÓN
- Tema3
  APLICACIONES ENERGÉTICAS DE BIOMASA
- Tema 4
  APLICACIONES DE ENERGÍA SOLAR
- Tema 5
  EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍAS RENOVABLES
- Tema 6
  TECNOLOGÍA Y AMBIENTE - GESTIÓN AMBIENTAL
- Tema 7
  APLICACIONES ENERGÉTICAS DE RESIDUOS Y EFLUENTES
- Tema 8
  DERECHO AMBIENTAL - SALUD Y AMBIENTE - AMBIENTE GLOBAL
- COMUNICACIONES
- TESIS
- DISERTACIÓN
- ÁLBUM DE FOTOS

Tema 1: Recursos Naturales – Ord. Territorial y Urbanismo

- EVALUACIÓN DE DOS EXPERIENCIAS EN COSECHA DE AGUA DE LLUVIA EN CALAKMUL, CAMPECHE
- HIDRÁULICA TIWANAKOTA
- DETECCIÓN DE CAMBIOS TEMPORALES DE SUPERFICIE INUNDADA EN LA ZONA DE LA LAGUNA DE MAR CHIQUITA MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES
- EVALUACIÓN DEL RIEGO DISCONTINUO EN PAPA EN COLONIA TIROLESA, PROVINCIA DE CÓRDOBA
- ARQUITECTURA ESCOLAR AMBIENTALMENTE SUSTENTABLE EN EDIFICIOS ESCOLARES EN TUCUMÁN MEDIANTE EL USO DE LA VEGETACIÓN
- DEGRADACIÓN EN AGROECOSISTEMAS DEL CENTRO-SUR DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA
- DETERMINACIÓN DE PARCHES ECOLÓGICOS PARA IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES EN LA ZONA PERIURBANO VILLA MARÍA

EVALUACIÓN DE DOS EXPERIENCIAS EN COSECHA DE AGUA DE LLUVIA EN CALAKMUL, CAMPECHE

Cruz, Adriana; Barbina, Claudia

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, México, (+52) 777 3 29 36 00,
adrianac@tlaloc.imta.mx, cbarbina@tlaloc.imta.mx

Resumen

Las características litológicas y de relieve en la mayoría de las localidades en el municipio de Calakmul, los contados cuerpos de agua superficiales, la precipitación anual promedio de solo 1300 mm, las condiciones de marginación y pobreza, originan graves problemas de escasez de agua causando entre varios aspectos enfermedades gastrointestinales y condiciones de insalubridad. La Asociación Fondo para la Paz llevó a cabo dos proyectos con financiamiento de diversas instituciones, sobre “Cosechando Agua, Construyendo un futuro en Calakmul”. Para la Asociación, es importante medir, corregir y evaluar los resultados y el impacto final de los proyectos, mediante un sistema de evaluación en base a su planificación operativa. Se determinaron los criterios de diagnóstico e indicadores utilizando el marco de referencia Presión Estado Respuesta (PER), aplicado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). La aplicación del modelo PER permitió evaluar el grado de desempeño del Desarrollo Sustentable a través de un grupo de 19 indicadores clasificados en 2 como de presión, 3 son de estado y 14 son de respuesta. Además, nos permitió calcular el Índice de Desarrollo Sustentable para medir el impacto de los proyectos, porque con él se puede contar con un parámetro de medición del impacto socio-económico y medioambiental, además permite identificar comunidades o regiones que se encuentran con similares condiciones. En cuanto a la valoración general, el impacto nos arroja como Alto. La variable Impacto (Ambiental, Social y Económico) es Muy Alto, la de Sustentabilidad es Alta y la de Sinergia Muy Alta. Esto se refuerza con el cálculo del IDS el cual también nos arroja de manera una valoración Alta.

Palabras clave Calakmul, impacto, sustentabilidad, sinergia, índice.

Abstract

The lithological and features highlighted in most of the towns in the municipality of Calakmul, few surface water bodies, the average annual precipitation of only 1300 mm, the conditions of marginalization and poverty, originating serious problems of water scarcity causing between various aspects of gastrointestinal diseases and unsanitary conditions. The Association Fund for Peace carried out two projects with funding from several institutions, on "Harvesting water, building a future in Calakmul". For the Association, it is important to measure, to correct and to assess the

results and the final impact of the projects, through a system of evaluation on the basis of their operational planning. The criteria for diagnosis and indicators using the framework of reference pressure state response (PER), applied by the Organization for Cooperation and Economic development (OECD) were determined. The application of the PER allowed to evaluate the degree of Sustainable Development performance through a set of 19 indicators classified in 2 as pressure, three State and 14 in response. In addition, allowed us to calculate the Index of Sustainable Development to measure the impact of the projects, because with it you can count with a parameter for measuring the socio-economic and environmental impact, also allows to identify communities or regions that meet similar conditions. As for the general assessment, impact us sheds as high. The variable impact (Anvironmental, Social and Economic) is very high, the Sustainability is high and very high Synergy. This is reinforced with the calculation of the IDS, which also casts us in a way a high valuation.

Keywords Calakmul impact, sustainability, synergy, index.

Introducción

Debido a las características litológicas y de relieve en el municipio de Calakmul existen contados cuerpos de agua superficiales ya que en su mayoría predomina la infiltración subterránea, sin embargo, estos mantos acuíferos se encuentran a más de 200 metros de profundidad. Aunado a esta condición la precipitación anual promedio de la zona llega solo a 1300 mm, considerando un periodo de estiaje mayor a 6 meses. Esta condición ecológica dificulta la extracción de este recurso y por ende el abastecimiento de este líquido vital para las comunidades de Calakmul. Por otro lado, las condiciones de marginación y pobreza de las localidades del municipio de Calakmul en Campeche presentan graves problemas de escasez de agua causando entre varios aspectos enfermedades gastrointestinales y condiciones de insalubridad. Aunado a esto, se tiene un esfuerzo y tiempo invertido por niños y mujeres para el acarreo de este líquido escaso.

Para solucionar esta problemática, Fondo para la Paz llevó a cabo dos proyectos con financiamiento de diversas instituciones: "*Cosechando Agua, Construyendo un futuro en Calakmul*". Estos proyectos fueron pensados y formulados para las necesidades familias de 30 comunidades.

Los proyectos se plantearon integralmente a través de tres componentes. Dos de ellos son soluciones de infraestructura técnica y una de sensibilización y concientización del uso del recurso agua y su mejor aprovechamiento.

El primer componente responde a satisfacer el abastecimiento de agua potable para las necesidades más apremiantes de los hogares, mediante la construcción de 957 sistemas de captación y cisternas de almacenamiento de agua de lluvia con capacidad de 12 000 litros. El segundo componente consistió en la construcción de un jagüey comunitario a cielo abierto con recubrimiento de geomembrana, conocidos también como ollas de agua que son depresiones sobre el terreno que permiten almacenar agua proveniente de escurrimientos superficiales y de agua de lluvia. El uso del jagüey comunitario contribuye a tener un mejor abastecimiento de agua por parte de la comunidad para apoyar a las actividades de traspatio, abastecimiento de agua para animales domésticos pequeños y la limpieza del hogar. Para el primer componente se trabajó de la mano con los comités y comisiones formados por Fondo para la Paz para asegurar la apropiación y compromiso de la población en la ejecución del proyecto y el buen uso y mantenimiento de la infraestructura. El tercer componente, se llevó a cabo con el equipo de promotoras que se tiene por localidad. Se generó la campaña de concientización y sensibilización para mejorar los hábitos de higiene y cuidado del agua; lo cual repercute en la calidad de vida de las familias involucradas y la conservación del medio ambiente.

Para Fondo para la Paz es importante medir, corregir y evaluar los resultados y el impacto final de los proyectos, mediante un sistema de evaluación en base a su planificación operativa, entendiendo como evaluación el proceso que mide el grado de cumplimiento de los objetivos con base en las metas generales de un programa. Es decir, determina el éxito o fracaso de un programa o proyecto comparando los objetivos propuestos con los resultados obtenidos; identifica los aspectos que han dificultado o favorecido el desempeño y avance, con el propósito de generar aprendizajes y determinar la continuación, modificación o cancelación del programa o proyecto.

El objetivo de este estudio fue “Evaluar en forma participativa y a nivel de campo la experiencia en captación de agua lluvia para consumo humano en localidades del Municipio de Calakmul”.

Metodología

Toda la información generada para el análisis y resultados del proyecto se realizará con la participación de los actores principales en la ejecución de los proyectos abordando los siguientes criterios: técnicos, sociales, económicos, ambientales, institucionales y metodológicos.

1-Determinación del equipo que llevará a cabo la evaluación.

2-Definición de la estrategia y determinación de los indicadores que serán la base para elaborar los instrumentos (Anexo 1, Cuadro de Indicadores)

3-De acuerdo a la estrategia, se determinará el método de recolección de datos. A través de cuestionarios y entrevistas personales y comunitarias, se llevará a cabo la aplicación en campo directamente a beneficiarios, con la finalidad de contar con la información para medir el impacto a través de los indicadores establecidos (Anexo instrumentos).

4-Desarrollo de una base de datos para sistematizar la información de las encuestas y entrevistas.

5-Aplicación de instrumentos en campo.

6-Procesamiento de instrumentos en la base de datos.

7-Concluida la aplicación y visitas de campo, se procederá al análisis e interpretación de la información.

8-Elaboración del informe.

Selección del criterio de diagnóstico e indicadores para medir el impacto de los proyectos de captación de agua de lluvia en Calakmul, Campeche

Se determinaron los criterios de diagnóstico e indicadores utilizando el marco de referencia Presión Estado Respuesta (PER), aplicado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). La aplicación del modelo PER permite evaluar el grado de desempeño del Desarrollo Sustentable a través de un grupo de indicadores seleccionados. La organización de los indicadores dentro del marco conceptual adoptado, permite visualizar algunas de las interacciones y relaciones existentes y tener una visión de conjunto acerca del proceso de desarrollo y sus relaciones con el medio ambiente.

Es claro que la utilidad de los indicadores aumenta fuertemente si se los organiza de acuerdo a un marco conceptual coherente, en vez de presentarlos como un mero listado de elementos. Muchos

marcos diferentes han sido usados para ordenar los indicadores tanto ambientales como de desarrollo sostenible, pero muy pocos representan una visión integrada o sistémica.

El concepto de desarrollo sostenible denota un proceso que debe ser sostenible en las diferentes dimensiones social, económica, ambiental e institucional. La naturaleza multidimensional del concepto requiere usar un marco conceptual integrado y sistémico, en vez de uno sectorial y lineal.

Se hace cada vez más evidente que la resolución de los problemas de la sostenibilidad del desarrollo requiere considerar el sistema total conformado por la naturaleza y la sociedad, incluyendo también los subsistemas relevantes así como los vínculos entre los mismos. Tal "sistema socio-ecológico" puede considerarse la unidad básica de análisis para la problemática del desarrollo sostenible (Gallopín et al. 2001); se trata de la sostenibilidad del desarrollo del sistema socio-ecológico total, sea a escala de país, de estado, municipio o incluso del mundo.

Por ello el marco conceptual elegido se basa en el concepto del sistema socio-ecológico, distinguiendo cuatro subsistemas principales: el social, el económico, el institucional y el ambiental. Estos subsistemas se corresponden con las cuatro categorías básicas planteadas por la Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (UNCSD 1995, UN 2001) como las dimensiones del desarrollo sostenible.

El primer subsistema es el social definido, en sentido amplio, como incluyendo las variables de la calidad de vida: satisfacción de las necesidades (materiales y no materiales. El subsistema económico incluye la producción y el consumo de bienes y servicios, el comercio y el estado general de la economía. El subsistema institucional contiene las instituciones formales e informales de la sociedad, las leyes y las regulaciones y las políticas. También incluye las estructuras y los procesos sociales principales (agentes sociopolíticos, procesos políticos, estructuras de poder), el conocimiento y los valores de la sociedad.

El subsistema ambiental incluye el ambiente natural en sus aspectos de recursos naturales y procesos ecológicos.

Se identificaron 19 indicadores que son los factibles de calcular por la accesibilidad de los datos y los deseables, y que además son los más relevantes para visualizar rápidamente la evolución del municipio hacia el desarrollo sostenible. Estos indicadores cubren tres de los cuatro subsistemas: el económico, el ambiental y el social, ver tabla 1. Los criterios adoptados para la selección de estos indicadores fueron:

- Relevancia para evaluar el desarrollo sostenible;
- Confiabilidad de los datos primarios y posibilidad de ser analizados en series temporales;
- Importancia intrínseca, aporte al conjunto y relación con otros indicadores;
- Cantidad (su número no debe exceder los 30 indicadores);
- Representatividad del trabajo realizado.

Tabla 1. Indicadores adoptados

PRESIÓN	ESTADO	RESPUESTA
Acceso a agua para beber y cocinar antes del programa	Gasto para alimentación básica antes del programa	Cumplimiento de metas
Índice de marginación.	Beneficiarios con carga adicional del suministro de agua en el hogar antes del programa	Acceso a agua para beber y cocinar después del programa
	Índice de gastroenteritis antes del programa	Gasto para alimentación básica después del programa
		Cobertura de personas capacitadas para el mantenimiento de tecnologías
		Beneficiarios directos de las tecnologías
		Beneficiarios con carga adicional del suministro de agua en el hogar después del programa
		Beneficiarios con cambio en el uso del tiempo
		Personas que participaron en la construcción de las tecnologías
		Participación comunitaria en la construcción de las tecnologías
		Población beneficiaria según percepción de mejora en sus condiciones de vida
		Población beneficiaria según tipo de mejora en sus condiciones de vida
		Mejora en las condiciones de vida en las comunidades de los beneficiarios
		Índice de gastroenteritis después del programa
		Grado de satisfacción de la población beneficiaria con la aplicación del programa.

De estos 19 indicadores, 2 se clasifican en el marco PER como de presión,
3 son de estado y 14 son de respuesta.

Estimación del Índice de Sustentabilidad (IDS)

Se decidió calcular el IDS para medir el impacto de los proyectos, porque con él se puede contar con un parámetro de medición del impacto socio-económico y medioambiental, además permite identificar comunidades o regiones que se encuentran con similares condiciones.

La medición y cuantificación del Índice de Sustentabilidad (IDS), se aborda bajo un enfoque metodológico basado en la Teoría de Decisiones de Atributos Múltiples. Esta teoría permite desglosar el problema a analizar en un árbol de decisiones-elecciones en el que el tronco principal se divide en criterios generales y a su vez en criterios específicos que precisamente son los indicadores que componen a cada sistema. De esta forma, el problema a evaluar se fracciona en aspectos cada vez más específicos que son más sencillos de medir.

La cuantificación del Índice de Desarrollo Sustentable (IDS), es el promedio ponderado de los tres indicadores generales (Criterios Generales): Económico (IE), Social (IS) y Ambiental (IA), los cuales coinciden con tres de los subsistemas del sistema socio-ecológico. Se consideraron dos variables económicas, diez sociales y siete ambientales (19 en total). Cada una de estas variables cuenta con sus indicadores particulares.

A cada atributo se le asigna un factor de peso y una función de utilidad que da uniformidad en unidades y valores. La función de utilidad es la escala de valores con la que se califican el o los aspectos considerados por dicho atributo en la zona y región bajo estudio. De esta manera se califica la "utilidad" de la dimensión que se está evaluando. La escala de valores con la que se califican los indicadores para la zona de estudio queda entre 0 y 1(donde 0 expresa el grado más bajo de sustentabilidad y 1 el más alto). La cuantificación del Índice de Desarrollo Sustentable (IDS), es el promedio ponderado de los tres indicadores generales (Criterios Generales):

Económico ------- A, Social ---------- B, Ambiental--------- C

Los factores de peso de las ponderaciones, cumplen las siguientes reglas:

La suma de los factores de peso de los criterios generales debe ser igual a 1, es decir si A, B y C son las ponderaciones de los criterios seleccionados, entonces: A + B + C = 1.

A su vez la suma de las ponderaciones de los indicadores específicos de cada uno de los criterios generales es también igual a 1, esto es:

a. 1 + a 2 + a 3 + a 4...a n = 1
... n. 1 + n 2 + n 3 + n 4...n n = 1

$$IDS = \sum_{j=1}^{3} FIG_j \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{n} {}^{i} VA_{ji} F_{ji}$$

Donde:
IDS = Índice de Desarrollo Sustentable
FIG_j = Factor de peso del j-ésimo Indicador General.
VA_{ji} = Valor del i-ésimo Indicador específico del j-ésimo indicador general.
FI_{ji} = Factor de peso del i-ésimo indicador específico perteneciente al j-ésimo indicador general.
n_j =Número de Indicadores específicos del j-ésimo indicador general.

El resultado final se expresa en términos de la cifra de mérito ó Índice de Desarrollo Sustentable en un puntaje de 0 a 1, que es la calificación última obtenida en cada área de estudio y en la que están reflejados tanto aspectos objetivos como subjetivos, cuantitativos y cualitativos, de la valoración.

Determinación de la muestra

Datos generales:
35 comunidades, total 957 beneficiarios.
Nivel de confianza del 90% y un margen de error del 10%.
Fórmula aplicada:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N+1)) + k^2 * p * q}$$

N: es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).
k: es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos.

Los valores k más utilizados y sus niveles de confianza son:

K	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%

e: es el error muestral deseado. El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella.
p: es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que p=q=0.5 que es la opción más segura.
q: es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es 1-p.
n: es el tamaño de la muestra (número de encuestas que vamos a hacer).

Aplicando la fórmula n: 165 beneficiarios (encuestas/entrevistas,4 comunidades).

Resultados

Para el análisis se tomaron en cuenta tres variables básicas:

Impacto o resultados
Factibilidad o sostenibilidad
Sinergia o complemento del proyecto

Esto se concreta en una matriz de valoración que sirve de referencia para elaborar razones de análisis y recomendaciones finales. Dado que cada proyecto es único y que tiene énfasis en unos indicadores y no en otros, la calificación final en cada variable NO se hace por medio de una sumatoria ni de un promedio, sino mediante la interpretación de los analistas tomando en cuenta el conjunto de factores que intervienen en cada proyecto. Esto puede significar que un proyecto que presenta impacto en pocos indicadores sea considerado con una calificación final más alta que otro que presenta impacto en más indicadores, debido a las características internas y de contexto en que se desarrollarían. El impacto del proyecto se resume en la tabla 2.

Tabla 2. Evaluación del impacto de los proyectos

Proyecto	**Cosechando Agua, Construyendo un Futuro en Calakmul**						
Variable	Indicador	Escala				
		1	2	3	4	5
Factibilidad (Sostenibilidad)	Técnica				X	
	Organizativa				X	
	Contextual			X		
Complemento o sinergia	Ampliación del potencial					X
Impacto	Categoría Económica					X
	Categoría Ambiental					X
	Categoría Social				X	
Resumen					**X**	

Valoración de las variables: 1. Muy Bajo, 2. Bajo, 3. Moderado. 4. Alto, 5. Muy alto

VARIABLE SOSTENIBILIDAD

Por factibilidad o sostenibilidad se entiende la capacidad de la organización para mantenerse en el tiempo, ejecutar el proyecto efectivamente y obtener el impacto previsto. La factibilidad integra una combinación de factores internos y externos de la organización relacionados con los objetivos del proyecto y el contexto en el cual se desarrolla. Estos factores son tangibles como dinero, edificios, equipos, vehículos, tamaño del equipo humano, o intangibles como tecnología, conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes. Existen varios factores que influyen en la sostenibilidad de una organización, cuya relación debe mantenerse en equilibrio.

La factibilidad del proyecto se valora por medio de las siguientes variables:

Factibilidad técnica.
Factibilidad organizativa.
Factibilidad contextual.

Factibilidad técnica (Fortalezas y debilidades técnicas)

La factibilidad técnica es la capacidad de la organización para aplicar con efectividad el método y la tecnología, tabla 3.

Tabla 3. Indicadores de factibilidad técnica

Indicador	**Escala**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Grado de validez del método de trabajo propuesto para cumplir con los objetivos.				X	
Grado de manejo del método de trabajo propuesto				X	
Grado de validez de la tecnología propuesta.					X
Suficiencia de la cantidad y calidad de los recursos materiales y económicos requeridos					X
Convenio de asistencia técnica establecido			X		
Resumen Grado de capacidad de la organización para aplicar el método y la técnica. Los resultados obtenidos nos indican que sí se dispone de los conocimientos y habilidades en el manejo de métodos, procedimientos y funciones requeridas para el desarrollo e implantación del proyecto. Además indican que se dispone del equipo y herramientas para llevarlo a cabo, de no ser así, sí existe la posibilidad de generarlos o crearlos en el tiempo requerido por el proyecto.				X	

Valoración de los indicadores: 1. Muy Bajo, 2. Bajo, 3. Moderado. 4. Alto, 5. Muy alto

Factibilidad organizativa (fortalezas y debilidades organizativas)

La factibilidad organizativa se refiere a las condiciones grupales y administrativas que indican la capacidad para proponerse y obtener resultados en común, tabla 4.

Tabla 4. Indicadores de factibilidad organizativa

Indicador	**Escala**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Relevancia de los logros obtenidos por la organización				X	
Capacidad administrativa. Se refiere a la capacidad de los dirigentes, administrador y/o gerente para gestionar el proceso administrativo del proyecto en sus fases de: Planificación, integración del personal a sus funciones, organización del trabajo, dirección de las actividades, monitoreo y evaluación de resultados y desempeño. La capacidad administrativa también se mide por medio de: generación de excedentes o utilidades, manejo de información relevante, capacidad de negociación, diversificación de productos.			X		
Participación comunitaria en el proceso de formulación, ejecución, distribución de beneficios y contribución en el proyecto				X	
División adecuada de funciones y responsabilidades				X	
Experiencia del equipo de trabajo en planificación, formulación, ejecución y evaluación de proyectos ambientales y/o productivos.				X	
Resumen Capacidad para proponerse, ejecutar y obtener resultados en común. Los resultados nos determinan que sí existe una estructura funcional y/o divisional de tipo formal o informal que apoyen y faciliten las relaciones entre personal, sean empleados o gerentes, de tal manera que provoquen un mejor aprovechamiento de los recursos especializados y una mayor eficiencia y coordinación entre los que diseñan, procesan, producen y comercializan los productos o servicios.				X	

Valoración de los indicadores: 1. Muy Bajo, 2. Bajo, 3. Moderado. 4. Alto, 5. Muy alto

Factibilidad contextual (Oportunidades y amenazas del entorno)

Para definir la factibilidad contextual del proyecto se enfoca la compatibilidad de la contribución del proyecto con las condiciones del entorno, así como los factores que pueden facilitar o dificultar la ejecución e impacto del proyecto. Para definir la factibilidad contextual del proyecto se enfoca la compatibilidad de la contribución del proyecto con las condiciones del entorno, así como los factores que pueden facilitar o dificultar la ejecución e impacto del proyecto, tabla 5.

Tabla 5. Indicadores de factibilidad contextual

Indicador	Escala				
	1	2	3	4	5
Condiciones ambientales, clima, características del terreno, etc.				X	
Obstáculos o restricciones.			X		
Acceso a recursos materiales, económicos o técnicos		X			
Resumen Compatibilidad de la contribución del proyecto con las condiciones del entorno, así como los factores que pueden facilitar o dificultar la ejecución e impacto del proyecto. El resultado es medianamente aceptable considerando que deben esperarse un ciclo completo de lluvias para valorar cómo las condiciones ambientales impactarán en las tecnologías. Las políticas públicas habían ocasionado un desequilibrio en el desarrollo de tal manera que las necesidades básicas no estaban satisfechas. Se requieren políticas ambientales que permitan continuar con programas que aporten recursos económicos para complementar los apoyos a estas comunidades. Con este modelo social se promueve el uso racional de los recursos naturales.			X		

En esta escala se considera: 1. Alta amenaza, 2. Moderada amenaza,
3. Baja oportunidad, baja amenaza, 4. Moderada oportunidad, 5. Alta oportunidad.

VARIABLE SINERGIA O COMPLEMENTO DEL PROYECTO

El complemento del proyecto o sinergia es el efecto de ampliación del potencial del proyecto al unir energías, esfuerzos o recursos. Es un factor deseable en el planteamiento de proyectos debido a que maximiza el impacto de los recursos invertidos, los proyectos y organizaciones.

Es un factor de análisis relevante pues sirve de criterio para aumentar el potencial de los proyectos y orientar el Programa de Donaciones en líneas determinadas, este puede ser uno de los criterios de priorización cuando se presenta un conjunto de proyectos a un Comité de Análisis, tabla 6.

Tabla 5. Indicadores de la variable sinergia

Indicador	Escala				
	1	2	3	4	5
Complemento del proyecto con otros proyectos.					X
Ejecución conjunta del proyecto entre dos o más organizaciones					X
Cofinanciamiento del proyecto por diversas fuentes de recursos					X
Potencial como proyecto piloto de otros, potencial de replicabilidad.					X
Resumen Ampliación del potencial del proyecto al unir energías, esfuerzos o recursos. Es un proyecto que puede tener sinergias con programas de diferentes organizaciones gubernamentales y no gubernamentales. Asimismo, puede servir de base como experiencia para ser establecido en otras zonas o regiones del estado o país.					X

Valoración de los indicadores: 1. Muy Bajo, 2. Bajo, 3. Moderado. 4. Alto, 5. Muy alto

VARIABLE IMPACTO

En este caso impacto es sinónimo de resultado. Como impacto se entiende el potencial que tiene el proyecto para cambiar la realidad ambiental, social y económica, expresado como objetivos generales. Los rangos obtenidos para cada categoría de indicador en esta variable (ambiental, social y económica) se obtienen con el cálculo del Índice de Desarrollo Sustentable (IDS).

Tabla 6. Indicadores de la variable impacto

INDICADOR	FUNCIÓN	LIMITE MÁXIMO (límite mejor)	VALOR OBTENIDO DEL INDICADOR	ASIGNACIÓN PESO PARA CÁLCULO DEL IDS	CÁLCULO PARA EL IDS
ECONÓMICOS					
Alimentación básica	$P = \sum(Ga/It)_1 * 100$ P: % Ga: gasto en alimentos It: ingreso total del beneficiario 1: Antes del programa	30%	87.5%	0.3	0.3
Alimentación básica	$P = \sum (Ga/It)_2 * 100$ P: % Ga: gasto en alimentos It: ingreso total del beneficiario 2: Después del programa	60%	74.6%	0.7	0.7
Sumatoria del Indicadores Económicos					1.0
Factor de peso del criterio económico					0.1
Valor del Sub-indicador Económico					**0.1**

INDICADOR	FUNCIÓN	LIMITE MÁXIMO (límite mejor)	VALOR OBTENIDO DEL INDICADOR	ASIGNACIÓN PESO PARA CÁLCULO DEL IDS	CÁLCULO PARA EL IDS
AMBIENTALES					
Cumplimiento de metas	C = (Tp/Ti) * 100 C: % Tp: No. tecnologías programadas Ti: No. tecnologías instaladas	100%	100%	0.29	0.29
Acceso a agua para beber y cocinar	$I = (q/n)_1 * 100$ I: % q: población con acceso a agua para beber y cocinar n: total de población encuestada 1: antes del programa	50%	56%	0.01	0.01
Acceso a agua para beber y cocinar	$I = (q/n)_2 * 100$ I: % q: población con acceso a agua para beber y cocinar n: total de población encuestada 2: después del programa	80%	100%	0.4	0.4
Cobertura de personas capacitadas para el mantenimiento de tecnologías	Pc = (PC/Pt) * 100 Pc: % PC: población capacitada Pt: población total encuestada	100%	83%	0.1	0.083
Beneficiarios directos de las tecnologías	Bd = (Mj/Pb) * 100 Bd = (H/Pb) * 100 Bd: % Mj: Mujeres beneficiadas H: Hombres beneficiados Pb: población total beneficiada	50% y 50% Para mantener equidad de género	48% 52%	0.05	0.048

Personas que participaron en la construcción de las tecnologías	Ct = (Ps/PB) * 100 Ct: % P: Población PB: total de población beneficiaria del programa	80%	95.8%	0.1	0.1
Participación comunitaria en la construcción de las tecnologías	Ct = (Px/PB) * 100 Ct: % P: Población según relación con beneficiario x: familia, vecinos, albañil, otros PB: total de población beneficiaria del programa	50%	95.8%	0.05	0.05
Sumatoria del Indicadores Ambientales					0.981
Factor de peso del criterio ambiental					0.3
Valor del Sub-indicador Ambiental					**0.2943**

INDICADOR	**FUNCIÓN**	**LIMITE MÁXIMO (límite mejor)**	**VALOR OBTENIDO DEL INDICADOR**	**ASIGNACIÓN PESO PARA CÁLCULO DEL IDS**	**CÁLCULO PARA EL IDS**
SOCIALES					
Grado de marginación	Nota: Se obtendrá de las comunidades con que se cuente con información.	Grado de marginación Muy bajo Índice de marginación -1.5	0.036 Índice de marginación	0.05	0.002
Beneficiarios con carga adicional del suministro de agua en el hogar	Mc: t_1 Hc: t_1 Nc: t_1 t: tiempo en minutos Mc: No. Mujeres con carga adicional Hc: No. Hombres con carga adicional Nc: No. Niños con carga adicional 1: Antes del programa	120 minutos	Solo el 11% se sale de los límites para el indicador, es decir el 89% se encuentra dentro del rango esperado	0.04	0.036
Beneficiarios con carga adicional del suministro de agua en el hogar	Mc: t_2 Hc: t_2 Nc: t_2 t: tiempo en minutos Mc: No. Mujeres con carga adicional Hc: No. Hombres con carga adicional Nc: No. Niños con carga adicional 2: Después del programa	30 minutos	Una familia excede el tiempo estimado para este indicador 99%	0.06	0.059
Beneficiarios con cambios en el uso del tiempo	BCUTx = (Bcutx/TB)*100 BCUTx: % Bcutx: beneficiarios con cambio en el uso del tiempo x: actividad: productiva, atención a la familia, estudios, distracción, etc. TB: total de beneficiarios con cambio en el uso del tiempo libre	100%	100%	0.15	0.15

Población beneficiaria, según percepción de mejora en sus condiciones de vida	$Bm = (B_p/PB) * 100$ Bm: % B: población beneficiaria, según percepción de mejora p: percepción: si, no PB: total de población beneficiaria del programa	100%	100%	0.15	0.15
Población beneficiaria, según tipo de mejora en sus condiciones de vida	$Btm = (B_t/PB) * 100$ Btm: % B: población beneficiaria, según tipo de mejora t: tipo de mejora(acceso a servicios de agua, mejora en la salud, mejor alimentación, otros) PB: total de población beneficiaria del programa	100%	100%	0.15	0.15
Mejora en las condiciones de vida en las comunidades de los beneficiarios	$Bmc = (B_p/PB) * 100$ Bmc: % B: población beneficiaria, según percepción de mejora en su comunidad p: percepción: si, no PB: total de población beneficiaria del programa	100%	97.4%	0.06	0.058
Casos de gastroenteritis	$I = (q/n)_{1,} * 100$ I: % q: número de casos de gastroenteritis en el municipio o comunidad n: población total encuestada 1: antes del programa	50%	45%	0.04	0.036
Casos de gastroenteritis	I = (q/n)2 * 100 I: % q número de beneficiarios que manifiestan casos de gastroenteritis n: población total encuestada 2: después del programa	0%	8.4%	0.1	0.09
Grado de satisfacción de la población beneficiaria con la aplicación del programa	Pb: (PBg /PB) * 100 Pb: % PBg: grado de satisfacción de la población beneficiaria encuestada g: grado de satisfacción: Alto, Medio y Bajo PB: total de población beneficiaria del programa encuestada	100%	91.4%	0.2	0.183
Sumatoria del Indicadores Sociales					0.9098
Factor de peso del criterio social					0.6
Valor del Sub-indicador Social					**0.54588**

Clasificación para valoración general: 1. Muy Bajo (menor que 0.65); 2. Bajo (0.65 – 0.75); 3. Moderado (0.75 – 0.85); 4. Alto (0.85 – 095); 5. Muy alto (0.95 – 1.00)

IDS = 0.1 + 0.2943 + 0.54588 = 0.940 = Alto

Resultados y Discusión

Como resultados tenemos que al realizar la valoración general, el impacto de los proyectos es Alto. La variable Impacto (Ambiental, Social y Económico) es Alto, la Sustentabilidad es Alta y la Sinergia Muy Alta.

Esto se refuerza con el cálculo del IDS el cual también nos arroja una valoración Alta.

Este proyecto, en particular, partió de una necesidad fundamental en comunidades donde el agua es sumamente escaza y aún más el agua potable, y la economía de mercado es muy débil, lo cual no permite comprar garrafones de agua purificada suficientes para el consumo diario de las familias. Por lo tanto, al partir de cero y siendo tan atinada la decisión de que se llevara a cabo el proyecto, así como oportuna y adecuada, el impacto ha sido positivo al cien por ciento.

Sin embargo el reto está vigente. La razón de la vigencia está en que la decisión que se tome sobre los proyectos que prosiguen en adelante, debe ser sumamente cuidadosa, a fin de que tengan un impacto real en la calidad de vida de los habitantes de las comunidades en que se está trabajando.

En ese sentido, es fundamental crear conciencia en la población sobre el cuidado del agua, ya que para nadie es un secreto que en esa región en cualquier momento puede haber sequías muy prolongadas y épocas de lluvia con muy poco volumen de precipitación.

Cabe destacar también el hecho de que se requiere involucrar, a través de alianzas, a otros actores con el propósito de que las actividades de Fondo para la Paz tengan un efecto multiplicador en la zona.

Por último, es importante revisar las conclusiones y recomendaciones particulares de los indicadores propuestos en este documento, a fin de conocer con detalle el diagnóstico y las sugerencias específicas, que permitan tomar las mejores decisiones en las acciones proyectadas a futuro.

Conclusiones

La información generada puede considerarse como una fase piloto para que los proyectos de sistemas de captación de agua de lluvia se hagan bajo el contexto de gestión ambiental, lo cual permite tener información que puede ser abordada para la toma de decisiones del manejo de recursos naturales. Sin embargo, no basta con tener la tecnología apropiada, ya que en el proceso que va de la propuesta técnica a su aplicación práctica, existen fenómenos socioculturales que a futuro pueden propiciar un fracaso del proyecto o con resultados pobres. Por ello, es importante que los proyectos técnicos de captación de agua de lluvia, hay que incorporarle la componente social. Los instrumentos, herramientas y metodologías de comunicación que abran espacios y canales para la comprensión colectiva, participación y apropiación social completa.

Se concluye que la metodología aplicada puede ser útil para evaluar y generar información en materia social, económica y ambiental a través de la participación comunitaria y proporcionar elementos para los sistemas de gestión ambiental de los recursos naturales.

En cuanto al proyecto podemos evaluarlo como pertinente porque cumplió con los requisitos, objetivos y resultados esperados.

Fue eficaz porqué consideró los recursos y esfuerzos adecuados. Sin embargo, en el esquema de construcción directa es importante asegurarse de que el beneficiario asista a la capacitación y darle seguimiento periódicamente para reforzar la apropiación de la tecnología.

De acuerdo a la Valoración General y al cálculo del IDS podemos concluir que el proyecto cumple con el criterio de sostenibilidad además de que el impacto social y ambiental en las comunidades es alto.

Referencias bibliográficas

Cruz, A.E., Villavicencio, F.J., mayo 2013, **C**onsultoría para la evaluación de la experiencia en Cosecha de Agua de Lluvia en Calakmul, Campeche; Informe de resultados, 79 p.

HIDRÁULICA TIWANAKOTA

Ing. Juan Domingo Rueda Characayo

Ruedacha@hotmail.com
Celular: 670-18531; Teléfono: 52-88133

Resumen.

El estado topografía condicionó la presencia de las civilizaciones en el altiplano y valles como los Chiripa, Wancarani, Tiwanakota y otros, sin embargo, esta región (Altiplano) es un ensanche corto de la cordillera de los Andes y distribuido entre las cordilleras Oriental y Occidental, así mismo, de esta superficie, el 65% pertenece a Bolivia y el 35% se distribuyen entre Perú, Argentina y Chile. Numerosos son los investigadores que estudiaron a la cultura Tiwanakota, entre los mas reconocidos están los cientistas como Ponce C. (Historia Cultural Precolombina de Bolivia, los Tiwanakotas transitaron en su existencia tres periodos históricos, totalizando 1.020 años de permanencia en la región), y Posnanki A., que indica que esta cultura ocupo el altiplano más de 7.000 años a.C., en su libro que titula (Cuna del Hombre Americano 1.945).

Durante su permanencia en el continente, los Tiwanakotas, desarrollaron grandes construcciones arquitectónicas, la artesanía y otras actividades, sobre todo, usaron y dominaron los metales y el empleo de la agricultura con riego (sukakollos), sin embargo, a partir del año 2.006, también, conocemos que la HIDRAULICA fue la ciencia que desarrollaron, ya que, dotaron con agua a la ciudad y a los campos con regadío. A partir de los hallazgos de Choquepaxi-sistema captación y estudios complementarios (otras obras hidráulicas), se concluye que esta cultura construyo todo un sistema de aprovisionamiento de agua, comenzando con la edificación de una toma de agua, emplearon tuberías de piedra para transportar agua, y finalmente, almacenaron agua en dos estanques grandes elevados -Puma punku y Akapana-, además y posiblemente, se empleo un impulsor hidráulico para elevar el agua.

1. Introducción.

1.1. Justificación.

- A pesar de los distintos reportes, la tierra, estuvo y esta poblado por varias y diferentes culturas, pero varias de ellas, mantuvieron continuidad en su existencia

y/o vida (China, todos países árabes, los anglosajones, Judíos Romanos, etc.), en cambio otras, fueron interrumpidas abruptamente (violencia), (Mayas, Aztecas, Incas y otras civilizaciones). Los Tiwanakota (muy conocido en el periodo Clásico, *Ayala R*), después de miles de años de duración (cronología), dominio en Sudamérica, y a pesar de que su centro geopolítico fue el altiplano, estos desaparecen sin dejar un sucesor inmediato.

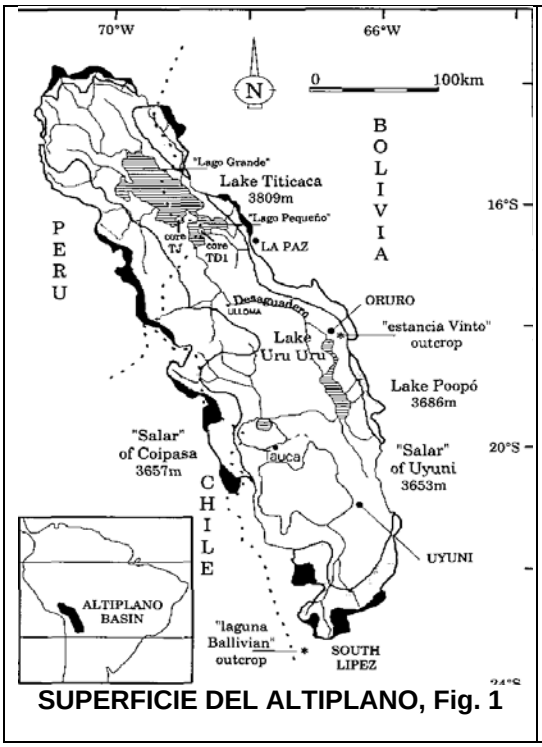
- El relieve y topografía del altiplano condiciono la conformación de grandes civilizaciones, sin embargo, culturas del Altiplano y Valles como la CHIRIPA, WANKARANI y TIWANAKOTA, experimentaron grandes cambios sociales, es decir, fueron nómadas hasta lograr ser sedentarias. El altiplano, meseta confinada entre las cordilleras Oriental y Occidental de Los Andes, además, lugar donde se desarrollaron las culturas citadas incluyendo los Incas, esta superficie, se distribuyen entre Bolivia (70%), y, Perú, Argentina y Chile (30%). El altiplano, esta entre alturas de 4500-3000 msnm.

- Investigadores como *Ponce C***.** (Historia Cultural Precolombina de Bolivia, los Tiwanakotas transitaron en su existencia tres periodos históricos, totalizando 1.020 años de permanencia en la región), y *Posnanki A***.** (esta cultura ocupo el altiplano más de 7.000 años a.C., Cuna del Hombre Americano 1.945), difieren en cuanto a la antigüedad (cronología) de la cultura, sin embargo en ese tiempo, hicieron grandes construcciones arquitectónicas, practicaron la agricultura con riego, dominaron la fundición de los metales, desarrollaron la textileria, otros, y no simplemente esas tecnologías se desarrollaron, sino, la **HIDRAULICA** (a partir del 2.006) fue otra ciencia que le permitió alcanzar logros altos, ya que, doto con agua a la ciudad y a los campos con regadío (riego por sukakollos). A partir de los hallazgos de Choquepaxi-sistema captación, y de estudios complementarios en hidráulica, se concluye que los Tiwanakotas construyeron todo un sistema de aprovisionamiento de agua, emplearon tuberías de piedra para transportar este liquido, así como, almacenaron agua en estanques grandes (dos reservorios) elevados, y finalmente para alcanzar su objetivo, tal vez, construyeron un sistemas de bombeo.

2. Localización y metodología.

2.1. Posición geográfica del altiplano y municipio.

- Geográficamente, altiplano, se localiza entre las coordenadas Latitud Sud 14º 48´ 20´´- 22º 50´ 15´´ y Longitud Oeste 66º 30´ 48´´- 71º 35´ 22´´, así mismo, se localiza entre Argentina por el Sud (S), por el Oeste (W) con Chile y Perú, por el Norte (N) con Perú y por el Este (E) con Bolivia, a su vez, esta superficie se encuentra confinada entre las cordilleras Oriental y Occidental de los Andes, y con alturas medias, 3.400 msnm. El altiplano, la que corresponde a Bolivia (70 % del altiplano, 150.000 Km2.), esta dividida en tres zonas Norte, Centro y Sud, siendo que estas, se diferencian entre si por sus características bio-atmosféricas, y que en ultima instancia, condicionan sus actividades (pobladores). Ver figura 1.



SUPERFICIE DEL ALTIPLANO, Fig. 1

MAPA GEOGRAFICO
TIAHUANACO
Figura. 2

- Tiahuanacu se encuentra en la parte Norte del Altiplano, y corresponde a la sección municipal del mismo nombre, y no así, al área donde se encuentran las ruinas de la cultura Tiwanakota (Templos y otros), a pesar que ambas tienen la misma ubicación geográfica. La capital del municipio de Tiahuanacu se encuentra entre los paralelos Latitud Sud 16º 32´ 26´´ y Longitud Oeste 68º 48´ 46´´, además, esta distante a 72 Km., de la ciudad de La Paz, específicamente, pertenece al departamento de La Paz del actual Estado Plurinacional de Bolivia. Figura 2.

2.2. Metodología.

- El método aplicado es la observación directa o insitu, consiste, en realizar la verificación (observación, medición y cuantificación) de las obras y el análisis (descripción y proyección) de todas las piezas encontradas (proponer la reconstrucción del sistema).

- En base a los resultados de las variables medidas, se establecerá la reconstrucción y funcionamiento del sistema de aprovisionamiento de agua (objetivo de la investigación), específicamente, obras hidráulicas, como la toma de agua, la instalación de los conductos cerrados (tubería), reservorios o estanques de agua y el sistema de impulsión (bomba de agua).

3. Resultados.

Por las características del estudio y por el estado de la investigación (70% de avance), en la oportunidad, simplemente, se hace una descripción de las obras, así mismo, se muestra vistas fotográficas importantes de estas piezas líticas existentes a fin de mostrar su importancia.

En este entendido, las obras hidráulicas tomadas en cuenta son la Toma de Agua, los Conductos de piedra y los dos Estanque o reservorios de agua, en cambio, las

construcciones secundarias o de funcionamiento (obras de arte) se encuentran en proceso de estudio.

La Toma de agua es directa y conformada por dos compuertas, una con orientación frontal (orificio de purga) y otra lateral (orificio de toma). El piso de esta infraestructura esta impermeabilizado con piedra labrada, en cambio, las paredes laterales están protegidos con piedra plana acomodado de diferente tamaño. Los bloques de piedra laterales (Fig. 3) son parte de las fundaciones y sirven para estabilizar las compuertas de purga.

Figura 3. Vista frontal de la Fuente y Toma de agua. Amplitud del orificio de purga. 2.010.

Dos son las compuertas que cubren el orificio de purga, además, son del mismo tamaño y de instalación individual. La obra de toma es parte de la fuente de agua, por ello, esta construcción es única, simétrica y de forma pentagonal.

Las tuberías que transportan agua (piezas líticas) desde la toma de agua (Choquepaxi) hasta los dos reservorio (Puma punku y Akapana), fueron fabricados

con piedra y tienen un terminado fino, y forma semicircular (pieza única y bloque).

La red de conductos esta conformado por dos trayectorias, la primera se extiende entre la toma y el primer reservorio (727 m. lineales), y la segunda cubre la distancia de los dos estanques de agua (920 m. lineales). La característica del tubo de piedra es de longitud de 0,95 m., el diámetro es de 0,22 m., y radio 0,11 m. Observar figura 4, Piezas localizados en Puma punku.

Figura 4. Varias piezas líticas localizados en Puma punku. Tuberías parciales de piedra, 2010.

Como se dijo arriba, los Tiwanakotas construyeron dos pirámides, Puma punku y Akapana, y en cada una de ellas, se emplazo en su cima dos reservorios cada una con funcionamiento independientemente.

El estanque de agua ubicada en **PUMA PUNKU** es el de mayor volumen

(capacidad 1.400 m3) y se encuentra a más altura que el segundo reservorio (Akapana), ver figura 5. Próximo a la base de esta estructura (pirámide), posiblemente, se instalo el único impulsor de agua del sistema de aprovechamiento.

La altura de esta pirámide es de 8 metros, es decir, el agua captada en Choquepaxi fue elevada a 12 metros de altura, considerando, la inclinación de la estructura.

Figura 5. Parte del estanque de Puma punku. Gradas de ingreso al interior del reservorio, 2.010.

El reservorio instalado en **AKAPANA** es de tamaño mediano (capacidad de almacenaje 7.000 m3) y se encuentra a menor altura topográfica que la anterior (Puma punku). El agua, entre estas pirámides, se mueve por gravedad y funciona como un sifón invertido. Ver figura 6.

A partir de este estanque se distribuye el agua, tal vez, a los domicilios, pero si, a los campos de regadío, ya que, la ciudad Tiwanakota cuenta con todo un sistema de drenaje

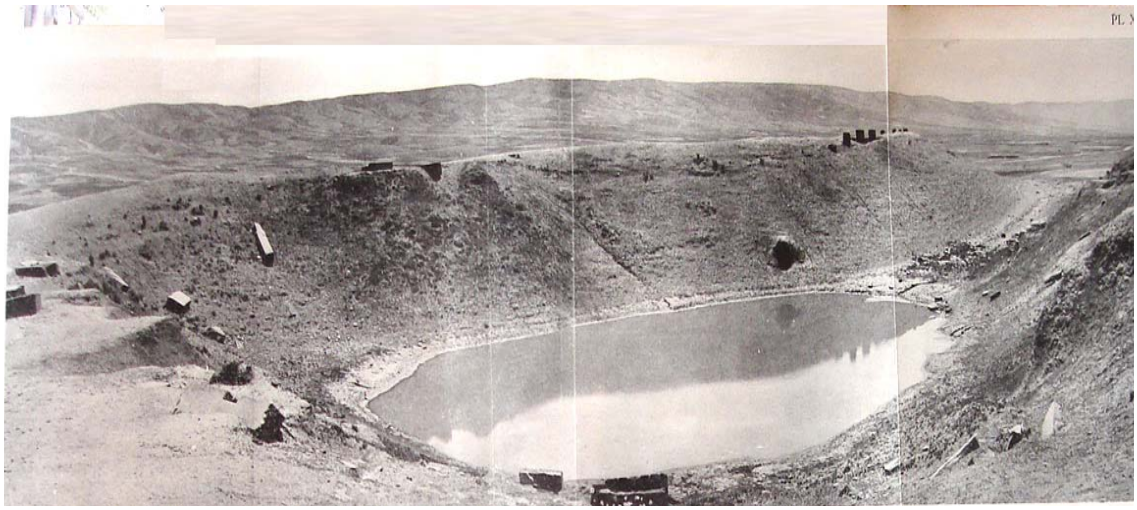


Figura 6. Partes del reservorio de Akapana. Vista fotográfica del 1.904.

4. Conclusiones:

- Tiwanaku FUE un complejo de gran desarrollo socio-tecnológico, hoy, conocido como COMPLEJO HIDRAULICO PRODUCTIVO TIWANAKOTA.

- La cultura instalo el Sistema de Aprovisionamiento de Agua (Obras Hidráulicas), la cual estuvo conformado por dos sub sistemas, el Sistema de Distribución de Agua (Dotación de agua para consumo poblacional y riego) y el Sistema de Drenaje.

- Desarrollaron la hidráulica, en el pasado, como tecnología avanzada (aprovecharon la fuerza del agua como fuente de energía), y que hoy (en el presente) su uso, es una alternativa (energía limpia) que ayudaría reducir la contaminación. (Tecnología de punta, moderna e indispensable).

5. Bibliografía:

- Ayala R., Patricia. LAS SOCIEDADES FORMATIVAS DEL ALTIPLANO CIRCUMTITICACA Y MERIDIONAL Y SU RELACION CON EL NORTE GRANDE DE CHILE. Estudios Atacameños, Universidad Católica del Norte 2.001.

- Bueno Mendoza, Alberto. TIWANAKU Y EL IMPACTO SOBRE LAS NACIONES REGIONALES TEMPRANAS DE LOS ANDES CENTRALES. Investigaciones Sociales, Año IV, Numero 5. 2.000.

- Posnanski, Arturo. TIHUANACU, LA CUNA DE HOMBRE AMERICANO. Volumen I - II. Editor, J.J. Augustin, New York. 1.945

DETECCIÓN DE CAMBIOS TEMPORALES DE SUPERFICIE INUNDADA EN LA ZONA DE LA LAGUNA DE MAR CHIQUITA MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES

Ferral Anabella[1], Aleksinkó Alejandro[1], Plomer Ester[1], Orueta Alejandro[1], Cossano Noelia[1], Bernasconi Inés[1], Díaz Agusto[1] y Scavuzzo Marcelo[2]

1. Departamento de Hidrología, Subsecretaría de Recursos Hídricos, Ministerio de Ambiente, Agua y Energía de la provincia de Córdoba.
2. Instituto Mario Gulich, CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales).
anabella.ferral@gmail.com

Resumen

La Laguna Mar Chiquita y los Bañados del Río Dulce han sido declarados "Reserva Natural Provincial de Mar Chiquita" en el año 1994 debido a su importancia ecológica. En este trabajo se presenta un análisis cuantitativo de superficie inundada y los cambios ocurridos en la última década en las tierras ubicadas al norte de la Laguna, dentro de los límites de Córdoba. Para ello se utilizó una serie temporal de cotas de la Laguna a fin de establecer los años de máximos y mínimos registrados en los últimos 45 años. Se observó que el año 2003 presentó el mayor valor de cota, 71,8 msnm. Sobre la base de este resultado se eligieron imágenes satelitales de diciembre de 2003, febrero de 2010 y abril de 2013. Se implementó el uso del índice de agua modificado, MNDWI, a partir de imágenes de los sensores TM y OLI que se encuentran a bordo de los satélites LANDSAT 5 y LANDSAT 8 respectivamente. Se pudo cuantificar el área inundada para los años 2003 (3575,39 km^2), 2010 (2369,63 km^2) y 2013 (1023,11 km^2) como así también evaluar los cambios. Se demostró que hubo una disminución de área inundada del 71 % en los últimos diez años en la zona de estudio.

Palabras clave: detección de agua, Humedales, Laguna Mar Chiquita, imágenes satelitales, cambios temporales

Abstract

Mar Chiquita lagoon and Dulce River wetlands have been declared provincial Natural Reserve in 1994 due to its ecological value. In this work we present a quantitative analysis of flooded surface and its changes occurred in the last decade at north lands of Mar Chiquita lagoon, inside Córdoba boundaries. A 45 years length temporal series of the lagoon level was used to establish years of maximum and minimum. The highest level was registered in 2003, 71.8 m over sea level. Satellite imagines from December 2003, February 2010 and April 2013 were chosen to work with. MNDWI

Index was calculated from TM and OLI which belong to LANDSAT-5 and LANDSAT-8 respectively. Flood area could be quantified for 2003 (3575.39 km^2), 2010 (2369.63 km^2) y 2013 (1023.11 km^2) as well as temporal changes. It could be demonstrated a decrease of flood area equal to 71 % during last decade in the study zone.

Keywords: water detection, wetlands, Mar Chiquita Lagoon, satellite imagines, temporal changes

Introducción

La Laguna Mar Chiquita es el mayor lago salado de América Latina y junto con los Bañados del Río Dulce forman un sistema endorreico cuyos humedales son unos de los más extensos del mundo. La Laguna se encuentra localizada mayoritariamente en la provincia de Córdoba, pero a partir de la crecida del año 1985 su límite noreste quedó dentro de la provincia de Santa Fe. Por otro lado, los bañados del Río Dulce comienzan en Santiago del Estero y entran por el noreste a nuestra provincia recorriéndola hasta fusionarse con la Laguna. Dado su gran valor ecológico, este sistema ha sido declarado "Reserva Natural Provincial de Mar Chiquita" en el año 1994. Durante los últimos años es preocupante el constante descenso en la cota de la Laguna como así también en el área cubierta por humedales. Existen numerosos estudios que abordan diferentes aspectos de este sistema como su geografía (Reati *et al*. 1996), geoquímica (Martinez 1995, Piovano 2002), fauna (Bucher 1992, Nores 2011), flora (Stutz y Prieto 2003), características hidrodinámicas (Plencovich 2011), entre otros. En este sentido el libro editado por Enrique Bucher en el año 2006 (Bucher 2006) describe de manera amena y muy completa las características de esta región. Sin embargo, no se conoce con exactitud el área real cubierta por agua para determinadas fechas de interés, especialmente actuales. El objetivo de este trabajo es cuantificar la superficie cubierta por agua en la región norte de la Reserva mencionada y sus cambios temporales registrados en la última década. Para ello se implementó una metodología de trabajo basada en técnicas de teledetección que puede ser extendida a otras zonas de estudio.

Materiales y Métodos

Imágenes Satelitales: Se procesaron imágenes de los sensores TM (*Thematic Mapper*) y OLI (*Operational Land Imager*) que se encuentran a bordo de los satélites de la NASA LANDSAT 5 y LANDSAT 8 respectivamente. La Tabla 1 presenta las características principales de ambos sensores (NASA 2013). Éstas fueron solicitadas al Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) y se obtuvieron georreferenciadas y ortorrectificadas. Los errores de tipo "aditivos" se reducen considerablemente cuando se calculan índices diferenciales, por lo que no se llevaron a cabo correcciones atmosféricas en este estudio.

Tabla 1: Características principales de los sensores TM y OLI

SENSOR	Resolución Espectral / nm	Resolución Espacial	Resolución Temporal
TM LANDSAT 5	**B1** (452-508); **B2** (528-609); **B3** (626-693), **B4** (776-904); **B5** (1.550-1.750); **B6** (10.400-12.500); **B7** (2.080-2.350)	30 m (B1-B5, B7) 120 m (B6)	16 días
OLI LANDSAT 8	**B1** (433-453) ; **B2** (450-515); **B3** (525-600), **B4** (630-680); **B5** (845-885); **B6** (1.560-1.660); **B7** (2.100-2.200); **B8** (500-680), **B9** (1360-1390)	30 m (B1-B7) 15 m (B8)	16 días

La Tabla 2 presenta las fechas y especificaciones geográficas de las imágenes solicitadas al USGS (*United States Geological Survey*) para generar los mosaicos utilidados en este estudio.

Tabla 2: Fechas, escenas de las imágenes satelitales utilizadas para generarlos mosaicos de la zona de estudio y cota promedio de la laguna en esas fechas

	FECHA - (path/row)	**Cota (msnm)**
MOSAICO 2003	10/12/2003 - (228/81) ; 17/12/2003 - (229/81)	71,8
MOSAICO 2010	12/02/2010 - (228/81) ; 03/02/2010 - (229/81)	68,47
MOSAICO 2013	25/04/2013 ; (228/81) ; 16/04/2013 - (229/81)	67,46

Zona de Estudio: La Figura 1 presenta el mosaico correspondiente al año 2013 creado a partir de dos imágenes Landsat 8, graficadas con una combinación de bandas 432 (color real). La zona de interés se muestra delimitada en color azul y corresponde a las tierras ubicadas al norte y noroeste de la Laguna, las cuales forman parte de la Reserva provincial “Bañados del río Petri (Dulce) y Laguna Mar Chiquita (Laguna o Mar de Ansenusa)”.

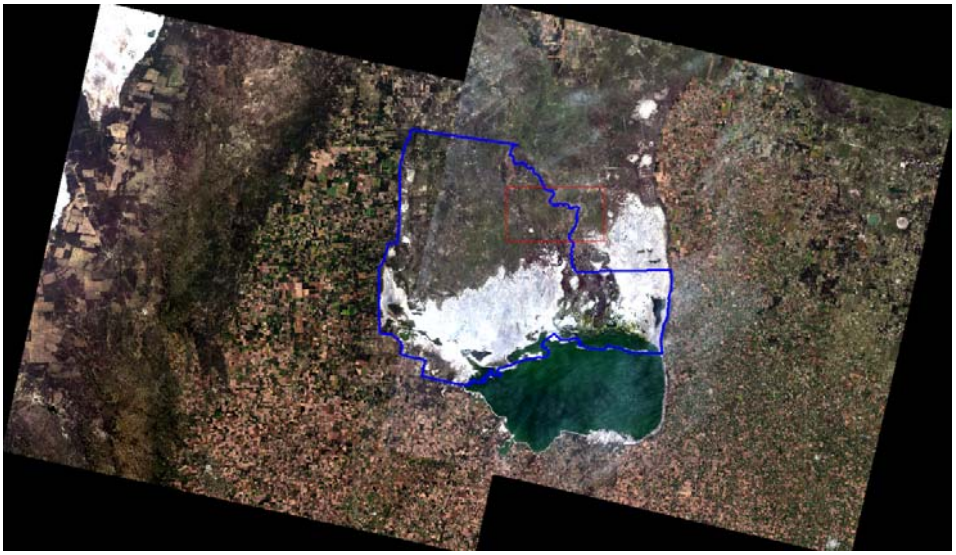


Figura 1: Mosaico correspondiente al año 2013 creado a partir de dos imágenes Landsat 8. Combinación 432. En azul se delimita la zona de estudio.

Índice MNDWI (Modified Normalized Diferencial Water Index): Fue desarrollado por (11) y permite obtener una imagen en donde los píxeles que corresponden a zonas cubiertas por agua aparecen más brillantes que aquellos en los que este compuesto está ausente o en menor proporción. La ecuación 1 presenta el cálculo de MNDWI para bandas del sensor TM de Landsat 5 (Xu 2006). La ecuación 2 presenta el mismo índice adaptado para las bandas del sensor OLI de LANDSAT 8, recientemente puesto en órbita. Este índice varía desde -1 hasta 1 según se trate de tierra o agua respectivamente.

$$MNDWI_{L5} = \frac{(B2-B5)}{(B2+B5)}$$ Ecuación 1

$$MNDWI_{L8} = \frac{(B3-B6)}{(B3+B6)}$$ Ecuación 2

Metodología de Clasificación: Para separar píxeles de superficie inundada de los demás se realizó una clasificación basada en un árbol de decisión mediante el programa de procesamiento de imágenes ENVI 4.2. Para ello se partió de una imagen de MNDWI y se establecieron umbrales óptimos para incorporar en el algoritmo del árbol de decisión. Es la sección de resultados se presentan los umbrales obtenidos.

Datos de Campo: Se utilizaron valores de cota de la Laguna Mar Chiquita para el período noviembre de 1967 a marzo de 2013, obtenida de los registros de campo históricos de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la provincia de Córdoba. El paso temporal de la serie se normalizó a un mes. Además la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la provincia realizó viajes de inspección a la zona de estudio en los meses de junio y agosto del 2012 y julio del 2013. Durante esas jornadas se tomaron fotografías y se registraron las coordenadas geográficas de cada una de ellas. Esta información fue utilizada luego para validar los resultados de las clasificaciones obtenidas.

Resultados y Discusión

Serie Temporal de Cotas de la Laguna Mar Chiquita

Dado el carácter dinámico del tamaño de la Laguna Mar Chiquita, se decidió explorar en primer lugar los cambios registrados en su cota durante las últimas décadas. La Figura 2 presenta la serie temporal de la cota para el período noviembre de 1967 a marzo de 2013, obtenida de los registros históricos de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la provincia de Córdoba. Se puede observar que la mínima cota del período se registra en los meses de invierno del año 1972 y es igual a 64, 1 msnm. Luego se observa un máximo local para el mes de octubre de 1985 igual a 71,5 msnm que corresponde a la histórica inundación que sumergió parte de la ciudad de Miramar. Posteriormente se registra un máximo absoluto para el mes de mayo del año 2003 con una cota igual a 71,8 msnm. Piovano et al estudiaron los cambios isotópicos en los sedimentos de la Laguna Mar Chiquita para los últimos 230 años y demostraron que hasta el último cuarto del siglo XX predominaron bajos niveles de agua (Piovano et al 2004). Luego, en esos últimos 25 años el balance hidrológico se volvió positivo, superando los precedentes históricos registrados para este sistema, y provocó un aumento del nivel de agua.

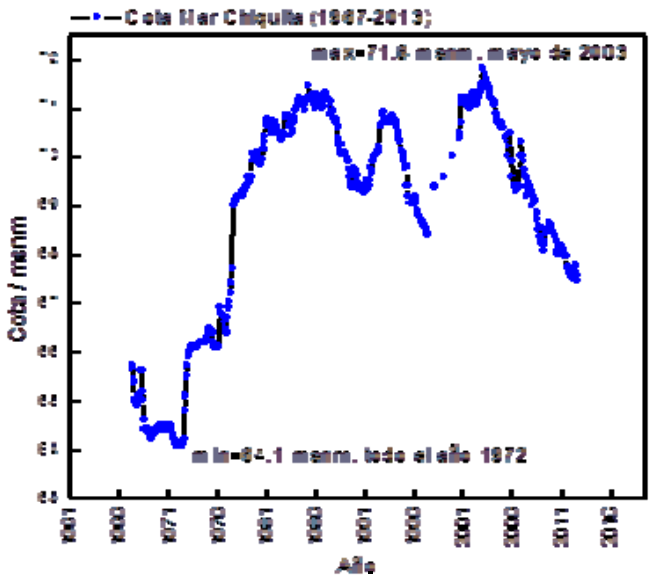


Figura 2: Serie Temporal de cota de la laguna de Mar Chiquita. Período nov/1967- mar/2013 con un paso de tiempo igual a 1 mes.

La Tabla 2 muestra las fechas y cotas para los mínimos y máximos principales del período 1985-2003. Se puede observar que a partir del año 2003 los valores máximos van disminuyendo con el tiempo. Otra información que se rescata de este gráfico es que la cota de marzo del año en curso, 2013, es la menor registrada desde el mes de noviembre de 1977.

Tabla 2: Máximos y mínimos principales desde la inundación de 1985 en Miramar hasta marzo de 2013.

MÁXIMOS		**MÍNIMOS**	
Fecha (mes/año)	**COTA (msnm)**	**Fecha (mes/año)**	**COTA (msnm)**
10/1985	71,5	04/1991	69,3
05/1993	70,9	09/1997	68,5
05/2003	71,8	11/2006	69,3
05/2007	70,3	09/2009	68,1

Detección de cuerpos de agua

La detección de cuerpos de agua mediante el uso de imágenes satelitales es un área de intenso estudio en la comunidad científica debido a su importancia para la gestión del recurso hídrico. Las características espectrales de imágenes del sensor TM de LANDSAT 5 resultan apropiadas para el estudio de superficies inundadas, aunque presentan la desventaja de una pobre resolución espacial para la detección de ríos o arroyos angostos y poca especificidad frente a cuerpos de agua de baja profundidad o con presencia de vegetación. En este contexto el índice MNDWI para delimitar presencia de agua es una buena alternativa, tal como se puede observar en (Ji *et al.* 2009) y (XuKai *et al.* 2012) La Figura 2 presenta un recorte del mosaico 2013 graficado en color real (combinación 432) a la izquierda y procesado y transformado en índice MNDWI a la derecha. La zona elegida

corresponde a la Laguna de los Porongos en la cual entra el río Dulce que marca el límite político con la provincia de Santiago del Estero. En la imagen de color real se hace difícil diferenciar cuerpos de agua de otras coberturas ya que muchos de ellos son de color verde o amarronado. En la imagen de MNDWI se aprecian algunos ríos y bañados o pequeñas lagunas en color blanco. Se puede observar claramente que la imagen procesada (derecha) permite visualizar con mayor facilidad las zonas cubiertas por agua.

Figura 2: Recorte del mosaico 2013 de la zona “Laguna de los Porongos”, graficado en color real (combinación 432) a la izquierda y procesado y transformado en índice MNDWI a la derecha.

La Figura 5 presenta un histograma correspondiente la imagen derecha de la Figura 3. Se observan dos campanas bien definidas las cuales corresponden a tierra y agua según sean valores cercanos a -1 o a 1 respectivamente. A partir de este histograma se eligió un valor umbral para diseñar un algoritmo basado en un árbol de decisión y clasificar agua de no agua. La misma metodología se siguió para el caso de imágenes del sensor TM de LANDSAT 5. La Tabla 3 presenta los umbrales elegidos para clasificar las imágenes de MNDWI de abril de 2013, febrero de 2013 y octubre de 2003, calculadas a partir de datos de LANDSAT 8 y LANDSAT 5.

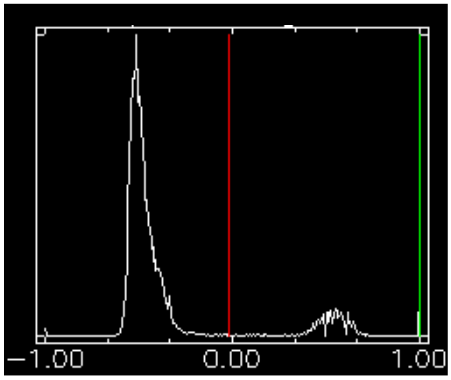


Figura 3: Histograma correspondiente la imagen derecha de la Figura 4 (MNDWI calculado a partir de LANDSAT 8).

Tabla 3: Umbrales elegidos para clasificar áreas cubiertas por agua a partir del índice MNDWI.

Sensor / Plataforma	**Agua**	**No Agua**
TM/Landsat 5	MNDWI > -0.1	MNDWI ≤ -0.1
OLI/Landsat 8	MNDWI > -0.02	MNDWI ≤ -0.02

Validación

La validación de la clasificación de cuerpos de agua se realiza mediante la comparación del resultad obtenido a partir del algoritmo con datos presentes en cartas topográficas, mapas de cuencas, fotografías del sector, entre otros. La Figura 4 presenta una imagen de MNDWI con la clasificación de cuerpos de agua superpuesta en color rojo. Se observa que este algoritmo permite clasificar correctamente el curso del río Dulce, la laguna de los Porongos y zonas de bañados alrededor del cauce del río, según datos del mapa "*Sistema de la Laguna Mar Chiquita*", elaborado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina para el Comité Interjurisdiccional de la cuenca del Río Sali-Dulce.

Por otro lado, las fotografías registradas en las inspecciones oculares realizadas por la Subsecretaría de Recursos Hídricos fueron utilizadas también para validar los datos satelitales. Para ello se comparó el resultado de la clasificación del píxel de la imagen con la fotografía tomada en las mismas coordenadas geográficas.

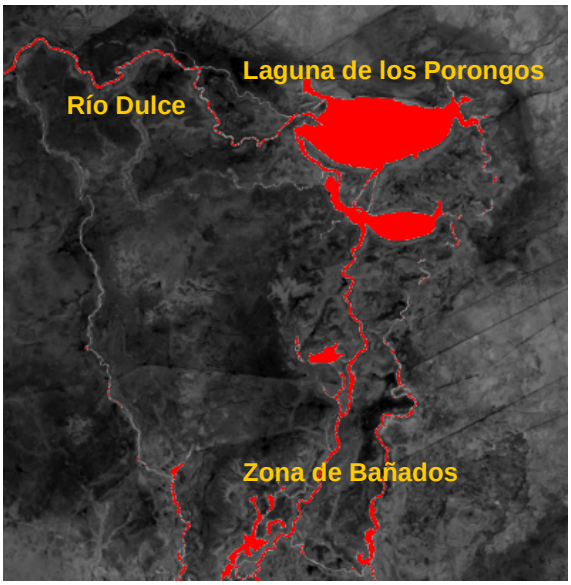


Figura 4: Imagen de MNDWI con la clasificación de cuerpos de agua superpuesta en color rojo. Aparecen la laguna de Los Porongos y el río Dulce.

Las fechas de visita a la zona de estudio no coincidieron con exactitud con la pasada del sensor, sin embargo los puntos de control fueron elegidos en lugares en donde la presencia de agua es casi permanente. Se compararon en total cinco puntos de control con un éxito en la clasificación del 100 %. La Figura 5 presenta un ejemplo de la metodología aplicada.

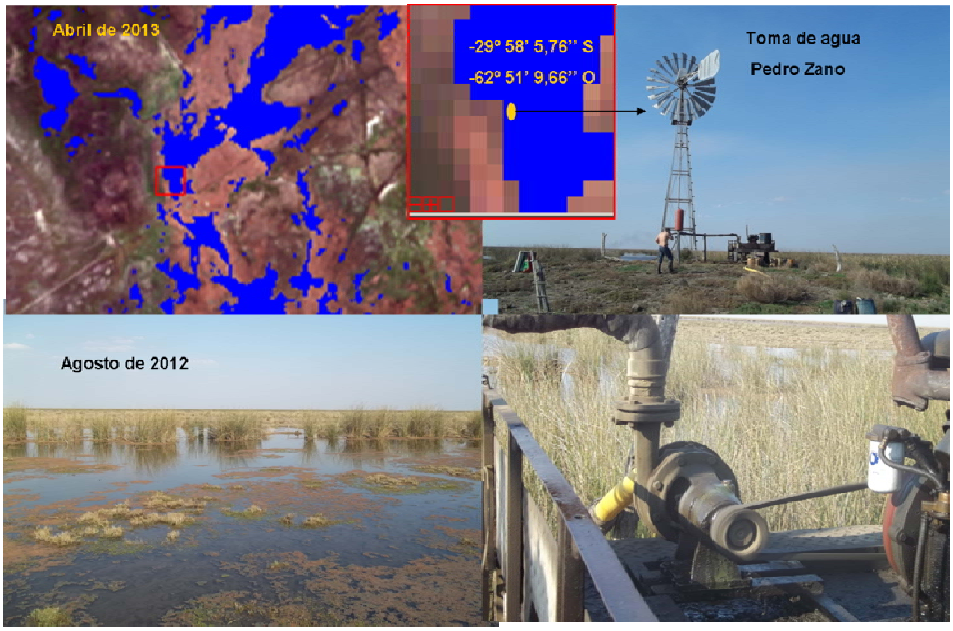


Figura 5: Validación del punto *29º 58' 5,76'' S, 62º 51' 9,66'' O* clasificado mediante el procesamiento de imágenes satelitales como agua. Fotografías correspondientes al Molino del señor Pedro Zano y sus alrededores.

La Figura 5 presenta fotografías que corresponden al Molino del señor Pedro Zano y sus alrededores, ubicado en las coordenadas geográficas *29º 58' 5,76'' S, 62º 51' 9,66'' O* y el resultado obtenido a partir del procesamiento de la imagen satelital del año 2013 para ese píxel (azul corresponde a agua). Se observa que el píxel correspondiente a la ubicación del molino mencionado se clasificó como zona inundada. En las fotografías se puede observar la presencia de agua con pajonal que aflora a la superficie. Si bien la fotografía fue tomada en agosto del año 2012 y la imagen es de abril de 2013 se puede decir que la clasificación es exitosa debido a que ese lugar corresponde a una toma de agua

Análisis temporal de Mapas de la zona de estudio

La Figura 6 presenta la zona de estudio, unida a la Laguna de Mar Chiquita, con la superficie inundada superpuesta. El vector utilizado para delimitar la zona de estudio es el que aparece en color azul en la imagen de la Figura 1 y comprende un área total de 7.213,62 km^2. En la Tabla 4 se presentan los valores de superficie inundada para esta región. Se observa que para el año 2003 la superficie total cubierta por agua en la zona de bañados es 3.575,39 km^2, en 2010 2.369,63 km^2 y en 2013 1.023,11 km^2. Esto representa una disminución de área inundada del 71 % en los últimos diez años.

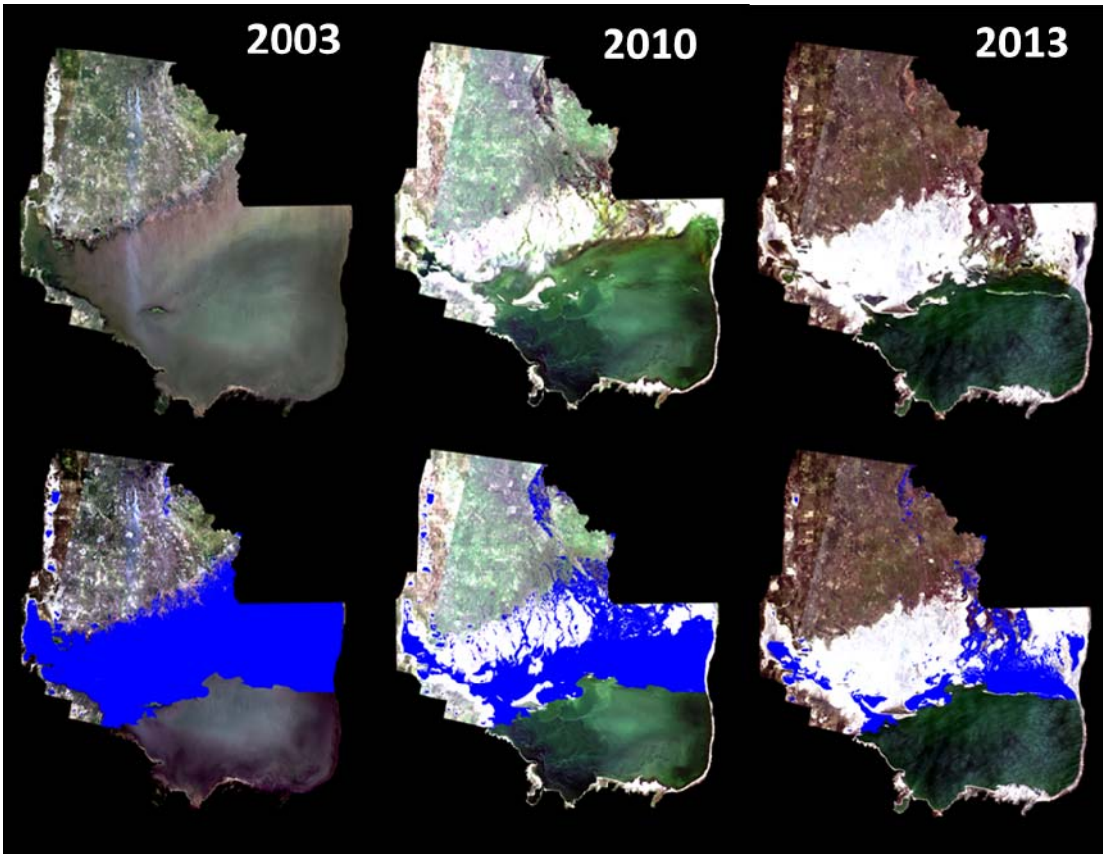


Figura 6: Recortes satelitales de imágenes LANDSAT de la zona de estudio sumada a la Laguna Mar Chiquita, combinación (321) para L5 y (678) para L8 (Parte Superior). En azul se muestra la superficie cubierta por agua en la zona de bañados (Parte Inferior).

Tabla 4: Cobertura de área inundada de la zona de estudio para diferentes años.

	Área cubierta de agua en km^2			Disminución porcentual 2013-2003 (%)
Año	**2003**	**2010**	**2013**	
Zona de estudio	3575,39	2369,63	1023,11	71

Conclusiones

Se trabajó con imágenes satelitales para evaluar cambios temporales de superficie cubierta por agua en la región noreste de la provincia de Córdoba, Laguna Mar Chiquita y los bañados del Río Dulce. La zona de estudio se delimitó en función de su importancia hídrica y ecológica para nuestra provincia. Se utilizó una serie temporal de cotas de la laguna Mar Chiquita para establecer los años de máximos y mínimos registrados en los últimos 45 años y en función de ello se eligieron las imágenes satelitales de trabajo. Se observó que el año 2003 presentó el mayor valor de cota, 71,8 msnm. Sobre la base de este resultado se eligieron imágenes satelitales de diciembre de 2003,

febrero de 2010 y abril de 2013 para realizar una comparación cuantitativa de presencia de agua en la zona. Se implementó el uso del índice de agua modificado, MNDWI, a partir de imágenes de los sensores TM y OLI que se encuentran a bordo de los satélites LANDSAT 5 y LANDSAT 8 respectivamente. Se encontraron los umbrales óptimos de trabajo para realizar clasificación de cuerpos de agua en la zona de estudio y se validó el procedimiento exitosamente mediante puntos de control registrados en campo. Se pudo cuantificar el área inundada para los años 2003, 2010 y 2013 como así también evaluar los cambios. Se demostró que hubo una disminución de área inundada del 71 % en los últimos diez años en la zona que comprende el norte de la laguna y los bañados del río Dulce, dentro de los límites provinciales

Referencias

Reati, G. J., Florín, M., Fernández, G. J., & Montes, C. (1996). The Laguna de Mar Chiquita (Córdoba, Argentina): a little known, secularly fluctuating, saline lake. *International Journal of Salt Lake Research*, *5*(3), 187-219.

Martinez, D.E. "Changes in the ionic composition of a saline lake, Mar Chiquita, Province of Córdoba, Argentina". *International Journal of Salt Lake Research* (1995) V 4, N 10.

Piovano, E. L., Ariztegui, D., Moreira, S.. Recent environmental changes in Laguna Mar Chiquita (central Argentina): a sedimentary model for a highly variable saline lake". *Sedimentology*. V 49, N 6,1371-1384. (2002)

Nores, Manuel. "Long-Term Waterbird Fluctuations in Mar Chiquita Lake, Central Argentina." *Waterbirds* 34.3 (2011): 381-388.

Bucher, E. H. "Population and conservation status of flamingos in Mar Chiquita, Córdoba, Argentina.". *Colonial Waterbirds* (1992): 179-184.

Stutz S., **Prieto** A. R, "Modern pollen and vegetation relationships in Mar Chiquita coastal lagoon area, southeastern Pampa grasslands, Argentina". (2003). Review of Palaeobotany and Palynology, V 126, N 3–4, 183-195.

Plencovich, G. E. (2011). Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Córdoba, F.C.E.F. y N.. "SIMULACIÓN HIDROLÓGIA DE LOS HUMEDALES DE MAR CHIQUITA CON APOYO SATELITAL".

Bucher, E. H (ed.). (2006). Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina). *Academia Nacional de Ciencias*. Córdoba, Argentina. 342 pp.

Piovano E. L., Ariztegui D., Bernasconi S. M., McKenzie J. A. (2004). "Stable isotopic record of hydrological changes in subtropical Laguna Mar Chiquita (Argentina) over the last 230 years". *The Holocene*. 14: 525-535,

NASA (National Aeronautics and Space Administration) URL: http://landsat.usgs.gov. Modificada por última vez el 30/05/13.

Xu, H. (2006). "Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery." *International Journal of Remote Sensing* 27.14: 3025-3033.

Ji L. , Li Z., and Bruce W. (2009). "Analysis of dynamic thresholds for the normalized difference water index." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 75.11 1307-1317.

Xu-kai, Z., Quiong-quiong, L., Baig, A. , Hassan, M. (2012). "Automated detection of coastline using Landsat TM based on water index and edge detection methods.". *Earth Observation and Remote Sensing Applications (EORSA), 2012 Second International Workshop on*. IEEE, 153-156.

EVALUACIÓN DEL RIEGO DISCONTINUO EN PAPA EN COLONIA TIROLESA, PROVINCIA DE CÓRDOBA

Roqué Carlos Augusto[1,2], Alicia Susana Heredia[1], María Eugenia del Franco[1], Nicolás Benedetto[1], Daniel Di Giusto[1], Martín Bóveda[3]

1. Facultad de Ciencias Agropecuarias., Universidad Nacional de Córdoba.
2. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos, Gobierno de la Provincia de Córdoba.
Teléfono: 0351 - 4334103 Interno: 497
3. Estudiante FCA UNC

Resumen

Frente a la crisis hídrica que afronta cíclicamente nuestra provincia, el riego por pulsos promete ser la solución a la ineficiencia en el uso del recurso. La implementación de la técnica de riego gravitacional con caudal discontinuo permite la aplicación de una lámina de riego más uniforme a lo largo y ancho del lote minimizando las pérdidas por percolación y escurrimiento superficial. También se presenta como promisoria la posibilidad de realizar fertirriego. El sistema opera en rangos muy bajos de presión, permitiendo su utilización en riegos gravitacionales con pendiente, con el consiguiente ahorro de energía. Por otra parte crea las condiciones para la implementación del fertirriego fraccionado, que significará un ahorro notable de fertilizantes, sobre todo los nitrogenados. El objetivo de este trabajo fue generar la información necesaria que permita la adaptación de la técnica del riego discontinuo a las condiciones productivas locales, y lograr un cambio sustantivo en la modalidad de riego gravitacional actual, que permita ahorrar agua y fertilizante sin energía adicional. Se utilizo para la aplicación de la lámina de riego una válvula automática que distribuye el agua en los surcos en forma de pulsos. Esta válvula es controlada por una computadora, la cual es accionada por energía solar. La eficiencia de aplicación y la de distribución en el tratamiento se incrementaron con respecto al riego tradicional, disminuyendo notablemente el porcentaje de percolación profunda en el comienzo de los surcos. Se logró ahorrar un 35 % de agua, cubriendo las necesidades del cultivo, sin el uso de energía adicional. Se comprobó que es factible, mediante la incorporación de este método, la aplicación del fertirriego.

Palabras claves: Caudal discontinuo, Factor de pulso de avance (FPA), Factor de pulso de receso (FPR)

Abstract

With the hydric crisis that cyclically affects our province, the irrigation by pulses promises to be the solution to the inefficiency in the use of the resource. The implementation of the gravitational irrigation technique with intermittent flow allows the application of a sheet of irrigation more uniform throughout and across of the parcel, reducing the loss by percolation and superficial draining. Also, is promissory the possibility of doing fertilization through irrigation. The system works in very low level of pressure, enabling its use in gravitational irrigation with slope that permits to save energy. Besides it creates the conditions for the implementation of fractional fertilization through irrigation, which means an important saving of fertilizer, above all the nitrogenous. The objective of this essay

was to generate the necessary information that allows the adaptation of the intermittent irrigation technique to the productive conditions of our province, and obtain a substantive change in the form of the current gravitational irrigation, that permits save water and fertilizer without additional energy. For the application of sheet of irrigation, an automatic valve was used to distribute the water in furrows through the pulses. This valve is controlled by a computer, which is activated by means of sun energy. The efficiency of the application and distribution were increased, compared to the traditional irrigation, decreasing the percentage of deep percolation in the origination of the furrows. A 35% of water was saved and the necessities of farming were fulfilled, without using additional energy. Was checked that is possible by means of this method, the application of fertilization through irrigation.

Key-Words: Intermittent flow, fpa, fpr.

Introducción:

El método de riego más difundido en los distritos gravitacionales en nuestra provincia, es el correspondiente a surcos. En el caso del cultivo de papa, la modalidad es trabajar con unidades de riego largas (400 a 600 m), debido a la mayor eficiencia operativa lograda en todas las labores culturales y manejo sanitario que demanda este cultivo. Pero al trabajar con estas longitudes de surco, se acentúan las pérdidas por percolación profunda en la cabecera de los mismos. Por otra parte el escurrimiento superficial al pie de los surcos es inevitable, pudiéndose encontrar desagües que alcanzan el 60 % del caudal ingresado a la parcela (Fernández Eugenio, 2011, Segundas Jornadas Nacionales de Riego Discontinuo).

Frente a la crisis hídrica que afronta cíclicamente nuestra provincia, el riego por pulsos promete ser la solución a la ineficiencia en el uso del recurso. Por otra parte crea las condiciones para la implementación del fertirriego fraccionado, que significará un ahorro notable de fertilizantes, sobre todo los nitrogenados.

Objetivos:

- Generar la información necesaria para permitir la adaptación de la técnica del riego discontinuo a las condiciones productivas locales.
- Comparar la eficiencia del uso del agua de riego en el método de riego por pulsos respecto al riego tradicional.
- Cuantificar para ambos métodos los parámetros correspondientes a la distribución del agua en la parcela regada.
- Validar la estimación del tiempo de avance y remojo mediante algoritmos.
- Lograr un cambio sustantivo en la modalidad de riego gravitacional actual, que permita ahorrar agua sin energía externa, en nuestros distritos de riego.
-

Material y métodos:

Se trabajó en un establecimiento con papa en la localidad de Colonia Tirolesa, específicamente en un lote de variedad Spunta, sembrada a fines de febrero de 2012.

El origen del agua es superficial contando con una represa de aproximadamente ¼ de Ha, disponiéndose de una perforación destinada a complementar las necesidades de riego del cultivo, cuando escasea el recurso hídrico superficial.

En la parcela evaluar se delimitaron 26 surcos, con espaciamiento 85 cm, a regar por surcos tradicional (testigo) y 52 surcos (26 surcos a cada lado de la válvula) correspondientes al riego discontinuo (tratamiento) a fin de compararlos. La longitud de surcos medida fue de 474 m. La superficie regada en forma tradicional fue de 10.475 m^2 y la regada por pulsos fue 20.950 m^2.

Se utilizó una válvula automática de riego discontinuo de 8” y mangas de polietileno bicapa con las respectivas compuertas para surcos. El tamaño de la válvula y la carga disponible en acequia (35 cm) determinaron del número de surcos a trabajar.

La carga de agua en la acequia se reguló con una llave esclusa a la salida de la represa, a fin de mantener constante el suministro de agua.

El caudal unitario en el testigo se evaluó mediante el uso de sifones de polietileno de 1" de diámetro usados por el productor. El promedio de caudal arrojado por 5 sifones operando con una carga en la acequia de 35 cm., fue de 0,415 l/s.

Para aforar los surcos correspondientes al tratamiento (riego discontinuo), se utilizaron 2 canaletas WSC colocadas a 30 m del inicio de la cabecera de los surcos.

Como la pendiente longitudinal promedio de los surcos medida en las parcelas tratamiento y testigo fue de 0,86 % el caudal máximo no erosivo estimado (fórmula de Criddle) resultó en 0,73 l/s. Se definió como caudal unitario de trabajo en caudal discontinuo un valor intermedio entre el aforado en sifones y el máximo no erosivo, resultando el mismo de 0,54 lts/s. Se adoptó este criterio para disminuir el tiempo de avance, con la finalidad de mejorar la uniformidad y mantener el tiempo de aplicación en 12 hs. para ambos tipos de riego.

La textura del suelo, las constantes hídricas y la densidad aparente, se determinaron mediante análisis de muestras tomadas a 2 profundidades (0-20 cm y 20-40 cm), y en tres posiciones a lo largo del surco (cabeza, medio y pie). La textura es franco limosa. Considerando la misma y la longitud de los surcos, se optó por trabajar con 4 pulsos en la etapa de avance dentro del tratamiento (riego discontinuo). Con el objeto de realizar las mediciones correspondientes a los mismos, se dividió la longitud del surco en 4 tramos de 118 m.

Las evaluaciones se realizaron sobre 2 riegos consecutivos (segundo y tercero). Las mismas fueron: tiempo insumido en cada pulso tanto de avance como de remojo, aforos de surcos tanto en sifones como en compuertas usando las canaletas WSC y humedad de suelo previo al riego. No se pudo cuantificar el escurrimiento al pie, dado que la topografía no permitió separar el tratamiento del testigo.

Para la estimación del tiempo de los pulsos de avance y de remojo, se utilizó la metodología propuesta por Romay, Catalina 2011, usando el factor de pulsos de avance y factor de pulsos de remojo.

Resultados:

La medición del tiempo de avance del primer pulso, en 10 unidades de riego, con caudal unitario de 0,54 lts/s, arrojó un valor promedio de 27 minutos.

Para estimar el tiempo de avance, se usaron las mismas fórmulas propuestas por Romay siendo 1,53 el valor del exponente que más se aproximó a lo medido a campo.

$$FPA = PNi^{1,53} - (PNi - 1)^{1,53}$$

Donde FPA es el factor de pulsos de avance y PNi es el pulso Nº i. Por lo tanto los FPA para cada uno de los 4 pulsos del ensayo, fueron:

$$FPA\ primer\ pulso = 1^{1,53} - (1-1)^{1,53} = 1$$

$$FPA\ segundo\ pulso = 2^{1,53} - (2-1)^{1,53} = 1{,}888$$

$$FPA\ tercer\ pulso = 3^{1,53} - (3-1)^{1,53} = 2{,}483$$

$$FPA\ cuarto\ pulso = 4^{1,53} - (4-1)^{1,53} = 2{,}969$$

Usando el tiempo de avance del primer pulso, medido a campo, 27 minutos, y los factores antes determinados, se proyectaron los tiempos de avance de cada de los restantes pulsos:

$$Tiempo\ de\ avance\ del\ pulso\ 1 = 27\ \text{min} \times 1 = 27\ \text{min}$$

$$Tiempo\ de\ avance\ del\ pulso\ 2 = 27\ \text{min} \times 1{,}888 = 51\ \text{min}$$

$$Tiempo\ de\ avance\ del\ pulso\ 3 = 27\ \text{min} \times 2{,}483 = 67\ \text{min}$$

$$Tiempo\ de\ avance\ del\ pulso\ 4 = 27\ \text{min} \times 2{,}969 = 80\ \text{min}$$

$$Suma = 225\ \text{min}$$

Como el riego discontinuo abarca 2 franjas en pulsos alternos, para completar el avance en los 20.950 m^2 del tratamiento, se estimaron 450 minutos (7,5 hs). que fue coincidente con lo medido a campo.

Para el factor de pulsos de remojo (FPR), se usó el mismo exponente 1,53 pero un factor de remojo (FR) de 0,18 correspondiente a una textura más arenosa (Romay, 2011, Segundas Jornadas Nacionales de Riego Discontinuo).

$$FPR = NPA^{1,53} \times FR$$

$$FPR = 4^{1,53} \times 0{,}18 = 8{,}3397 \times 0{,}18 = 40{,}5 \text{ min}$$

Donde NPA es el número de pulsos establecidos para el tiempo de avance en el riego discontinuo (tratamiento).

El ajuste del tiempo de remojo, permitió igualar el tiempo total de aplicación de riego del tratamiento, al insumido en el testigo (12 hs) y minimizar los desagües. El avance duró 7,5 hs y el remojo 4,5 hs. Esta condición fue igual para los dos riegos evaluados.

Cálculo de la lámina bruta en el testigo:

Caudal utilizado: $= \dfrac{0{,}45 l/s \times 26\, sur \times 3600\, seg/h\, ora}{1000 l/m^3} = 38{,}844\, m^3/h$

Volumen utilizado: $= 38{,}844\ m^3/h \times 12\ hs = 466{,}128\, m^3$

Lámina bruta en el testigo: $= \dfrac{466{,}128\, m^3 \times 1000\, mm/m}{10475\, m^2} = 44{,}50\, mm$

Cálculo de la lámina bruta en el tratamiento:

Caudal utilizado: $= \dfrac{0{,}54 l/s \times 26\, sur \times 3600\, seg/h\, ora}{1000 l/m^3} = 50{,}44\, m^3/h$

Tiempo total de riego: Avance 7,5 hs + Remojo 4,5 hs = 12 hs

Volumen utilizado: $= 50{,}44\ m^3/h \times 12\ hs = 606{,}528\, m^3$

Lámina bruta en el tratamiento: $= \dfrac{606{,}528\, m^3 \times 1000\, mm/m}{20950\, m^2} = 28{,}95\, mm$

Cálculo del ahorro de agua al comparar los métodos de riego:

Testigo: 44,50 mm = 445 m^3/Ha

Tratamiento: 28,95 mm = 289,5 m^3/Ha

Diferencia: 15,55 mm = 155,5 m^3/Ha

Porcentaje de ahorro de agua: 15,55/44,50 = 35 % de ahorro

El porcentaje de ahorro de agua determinado (35 %), es coincidente con lo reportado por Coupal y Wilson (Agricultural Water Management, 18 (1990) 15-28), correspondiente a esta textura de suelo franco limosa.

Las constantes hídricas determinadas en laboratorio, arrojaron los siguientes valores:

CAPACIDAD DE CAMPO (CC)

Test./Tratam.	Cabecera	Medio	Pie	Promedio
0-20	20,1	17,8	25,1	21,00
20-40	22,6	18,4	26,8	22,6

CAPAC. A LA MARCHITEZ PERMANENTE (CMP)

Test./Tratam.	Cabecera	Medio	Pie	Promedio
0-20	7,1	7,6	9,9	8,2
20-40	7,8	7,3	11	8,7

La densidad aparente fue medida en 1,2 Tm/m3, coincidente con los valores de tabla para la textura reinante. Las humedades presentes o actuales tomadas las muestras minutos antes de realizar los riegos, fueron las siguientes:

Segundo riego:

Humedad Actual %	Cabecera	Medio	Pie	Promedio
0 a 20 cm	13	13	18,6	14,86
20 a 40 cm	13,7	12,2	19	14,97

Tercer riego:

Humedad Actual %	Cabecera	Medio	Pie	Promedio
0 a 20 cm	19,5	12,2	15,5	15,73
20 a 40 cm	17,4	15,3	15,5	16,07

Es importante destacar que en el segundo riego las raíces de la papa llegaban a 30 cm, mientras que en tercer riego a 40 cm aproximadamente.

- Cálculo de la lámina de reposición o dosis neta a aplicar en cada riego:

Lámina. Neta = $= \frac{CC - H\ Actual\ prom}{100} \times Dens.aparente \times prof.de\ raíces =$

Segundo Riego:

Lámina Neta (0 a 20 cm) = $= \frac{21 - 14{,}86}{100} \times 1{,}2\ t/m^3 \times 0{,}20\,m = 14{,}74\,mm$

Lámina.Neta (20 a 30 cm)= $= \frac{22{,}6 - 14{,}97}{100} \times 1{,}2\ t/m^3 \times 0{,}10\,m = 9{,}16\,mm$

Dosis neta a aplicar en el Segundo Riego 23,9 mm

Tercer Riego:

Lámina Neta (0 a 20 cm) = $= \frac{21 - 15{,}73}{100} \times 1{,}2\ t/m^3 \times 0{,}20\,m = 12{,}65\,mm$

Lámina Neta (20 a 40 cm)= $= \frac{22{,}6 - 16{,}07}{100} \times 1{,}2\ t/m^3 \times 0{,}20\,m = 15{,}67\,mm$

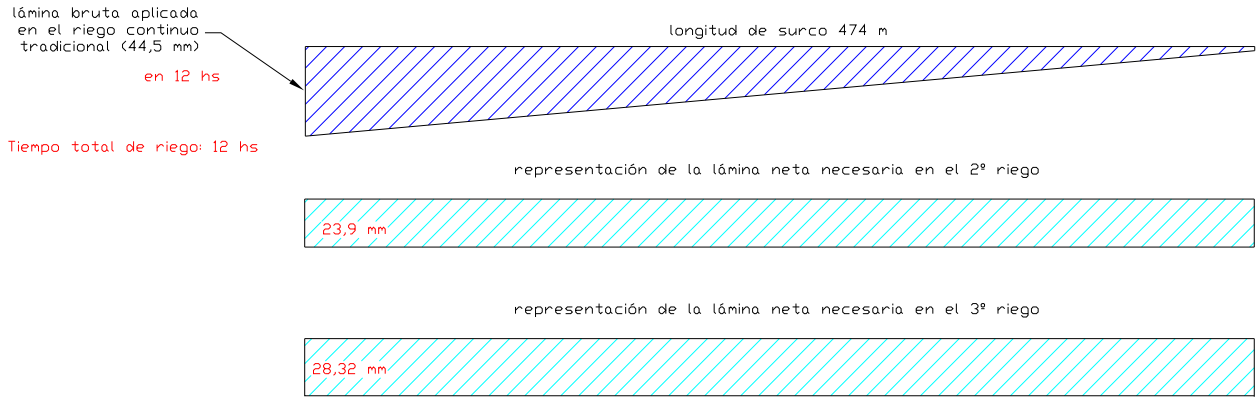
Dosis neta a aplicar en el Tercer Riego 28,32 mm

La humedad presente promedio antes del segundo riego de un 14,86 %, entre 0 a 20 cm, representa un consumo de un 47,9 % del Agua Útil, mientras que 14,97 % (20 a 30 cm) representa un 54,8 %. En el tercer riego, 15,73 % entre 0 a 20 cm., representa un 41 % y 16,07 % (20 a 40 cm) indica un 46,9 % de consumo de Agua Útil.

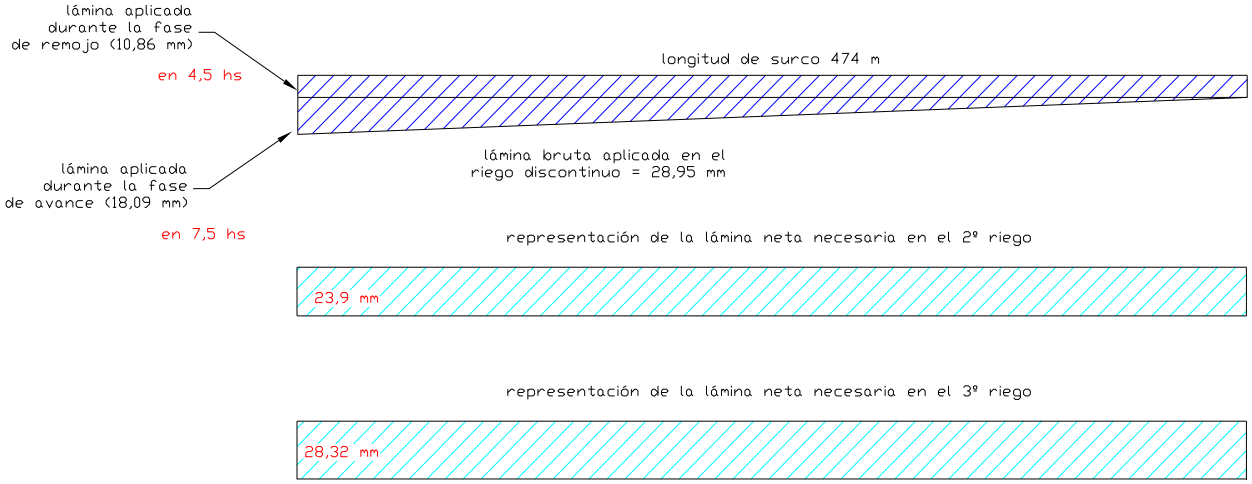
Antes de calcular las eficiencias de aplicación, almacenaje y distribución, como así también el porcentaje de percolación profunda en la cabecera, es necesario visualizar el perfil mojado durante 12 hs. de riego tanto en el testigo como en el tratamiento y comparar estos patrones con las láminas o dosis netas calculadas para un segundo y tercer riego.

Cabe recordar que en el testigo, el productor ni bien llegaba el agua al final de los surcos, cortaba el riego aún no habiendo llegado algunos, a los fines de tener el mínimo desagüe.

PERFIL MOJADO DE LA LáMINA BRUTA EN EL TESTIGO EN COMPARACIóN CON LA LáMINA NETA



PERFIL MOJADO DE LA LáMINA BRUTA EN EL TRATAMIENTO EN COMPARACIóN CON LA LáMINA NETA



- Cálculo de la eficiencia de aplicación:

$$Ef.de\,aplicación = \frac{L.neta}{L.bruta} \times 100$$

Eficiencia de aplicación del Testigo:

Segundo riego:

$$E.ap = \frac{23{,}90\,mm}{44{,}50\,mm} \times 100 = 53{,}71\%$$

Tercer riego:

$$E.ap = \frac{28{,}32\,mm}{44{,}50\,mm} \times 100 = 63{,}64\%$$

Eficiencia de aplicación del Tratamiento:

Segundo riego:

$$E.ap = \frac{23{,}90\,mm}{28{,}95\,mm} \times 100 = 82{,}56\%$$

Tercer riego:

$$E.ap = \frac{28{,}32\,mm}{28{,}95\,mm} \times 100 = 97{,}82\%$$

- Cálculo de la eficiencia de almacenaje:

$$Ef.de\,almacenaje = \frac{L.almacenada\left(prom.cabeza - pie\right)}{L.neta} \times 100$$

Eficiencia de almacenaje del Testigo:

Segundo riego:

$$L.almacenada = \frac{44{,}5 + 1}{2} = 22{,}75\,mm$$

$$Ef.de\,alm. = \frac{22{,}75\,mm}{23{,}90\,mm} \times 100 = 95{,}19\%$$

Tercer riego:

$$L.almacenada = \frac{44{,}5 + 1}{2} = 22{,}75\,mm$$

$$Ef.de\,alm. = \frac{22{,}75\,mm}{28{,}32\,mm} \times 100 = 80{,}32\%$$

Eficiencia de almacenaje del Tratamiento:

Segundo riego:

$$L.almacenada = \frac{28{,}95 + 10{,}86}{2} = 19{,}91\,mm$$

$$Ef.de\,alm. = \frac{19{,}91\,mm}{23{,}90\,mm} \times 100 = 83{,}31\%$$

Tercer riego:

$$L.almacenada = \frac{28{,}95 + 10{,}86}{2} = 19{,}91\,mm$$

$$Ef.de\,alm. = \frac{19{,}91\,mm}{28{,}32\,mm} \times 100 = 70{,}30\%$$

- Cálculo de la eficiencia de distribución:

$$Ef.de\,distribución = \frac{Lám.\,prom.\,en\,el\,último\,cuarto}{Lám.\,prom.\,cabeza - pie} \times 100$$

Para estimar la lámina promedio del último cuarto, se trabajó a escala utilizando el programa Auto Cad, usando los gráficos representativos de las láminas brutas tanto en el testigo como en el tratamiento, anteriormente expuestos.

Si el último cuarto significan los últimos 118,5 m (474/4), la lámina promedio del último cuarto se midió a los 59,25 m medidos desde el pie (118,5/2). Los valores fueron 7,32 mm en el testigo y 13,17 mm en el tratamiento

Eficiencia de distribución del Testigo:

Segundo riego:

$$Ef.de\,distribución = \frac{7{,}32\,mm}{22{,}75\,mm} \times 100 = 32{,}17\,\%$$

Tercer riego:

Como el tiempo de aplicación fue el mismo que el del segundo riego, la Eficiencia de distribución también fue la misma (32,17 %).

Eficiencia de distribución del Tratamiento:

Segundo riego:

$$Ef.de\,distribución = \frac{13{,}17\,mm}{19{,}91\,mm} \times 100 = 66{,}18\,\%$$

Tercer riego:

Como el tiempo de aplicación. fue el mismo que el del segundo riego, la Eficiencia de distribución también lo es (66,18 %).

- Cálculo de las pérdidas por percolación profunda en cabecera:

$$Pérd.\,percolación\,profunda = \frac{Lám.bruta - Lám.neta}{Lám.neta} \times 100$$

Pérdidas por percolación profunda en la cabecera del testigo:

Segundo riego:

$$Pérd.\,perc.\,prof. = \frac{44{,}5\,mm - 23{,}9\,mm}{23{,}9\,mm} \times 100 = 86{,}2\,\%$$

Tercer riego:

$$Pérd.\,perc.\,prof. = \frac{44{,}5\,mm - 28{,}32\,mm}{28{,}32\,mm} \times 100 = 57{,}13\%$$

Pérdidas por percolación profunda en la cabecera del tratamiento:

Segundo riego:

$$Pérd.\,perc.\,prof. = \frac{28{,}95\,mm - 23{,}9\,mm}{23{,}9\,mm} \times 100 = 21{,}13\,\%$$

Tercer riego:

$$Pérd.\,perc.\,prof. = \frac{28{,}95\,mm - 28{,}32\,mm}{28{,}32\,mm} \times 100 = 2{,}22\,\%$$

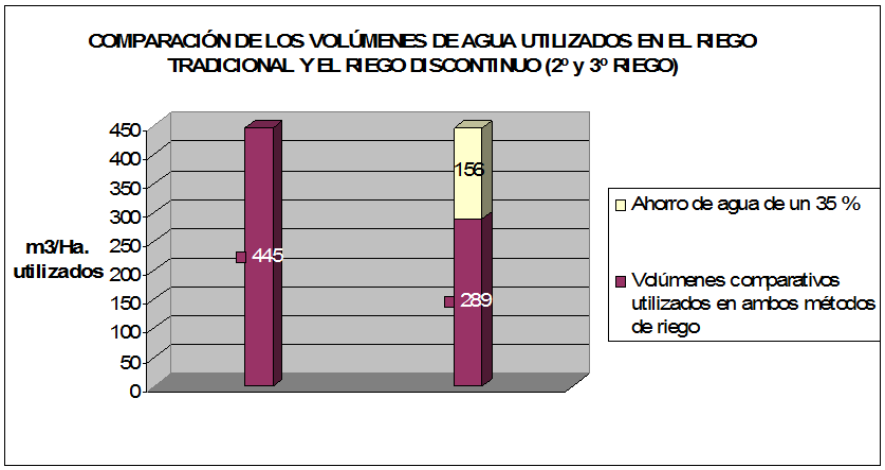


Fig. 1. Comparación de los volúmenes de agua utilizados en el riego tradicional y en el riego discontinuo (2º y 3º riego).

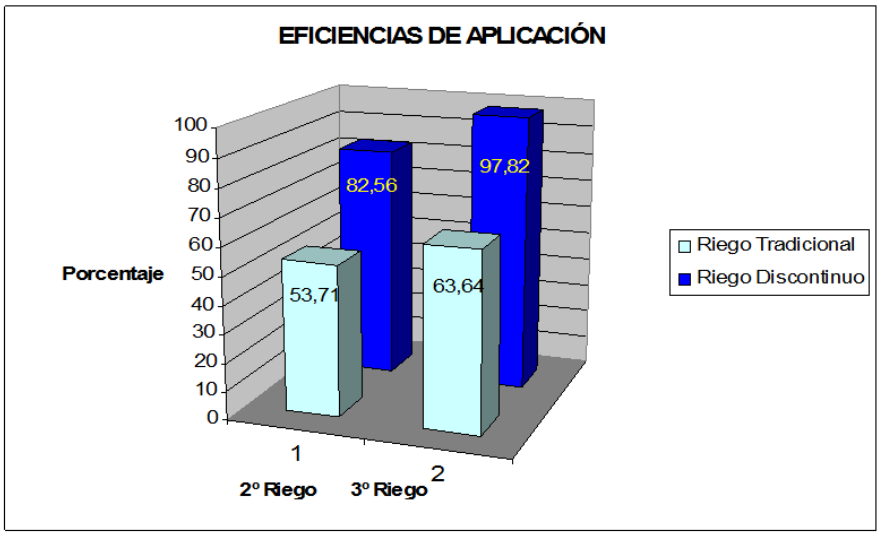


Fig. 2. Eficiencias de aplicación del agua en el segundo y tercer riego, obtenidas en riego tradicional y en riego Discontinuo.

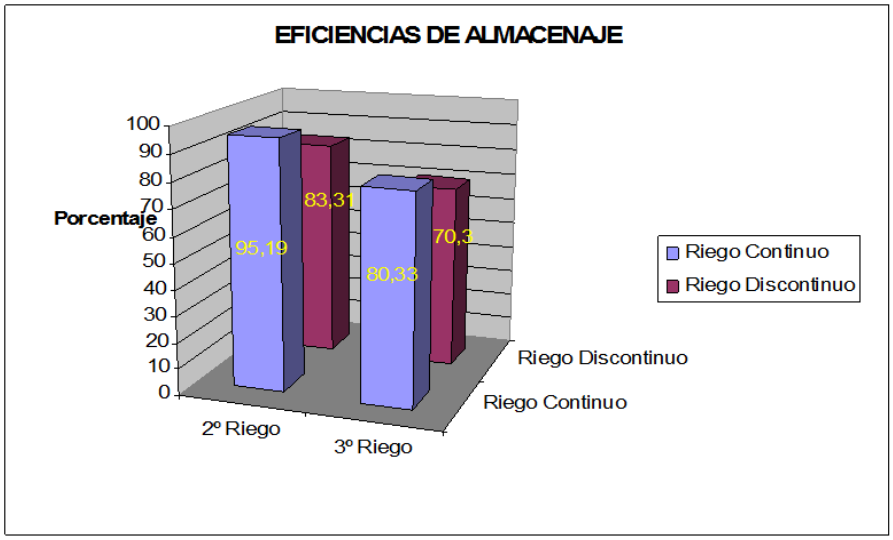


Fig. 3. Eficiencias de almacenaje del agua en el segundo y tercer riego, obtenidas en riego tradicional y en riego Discontinuo.

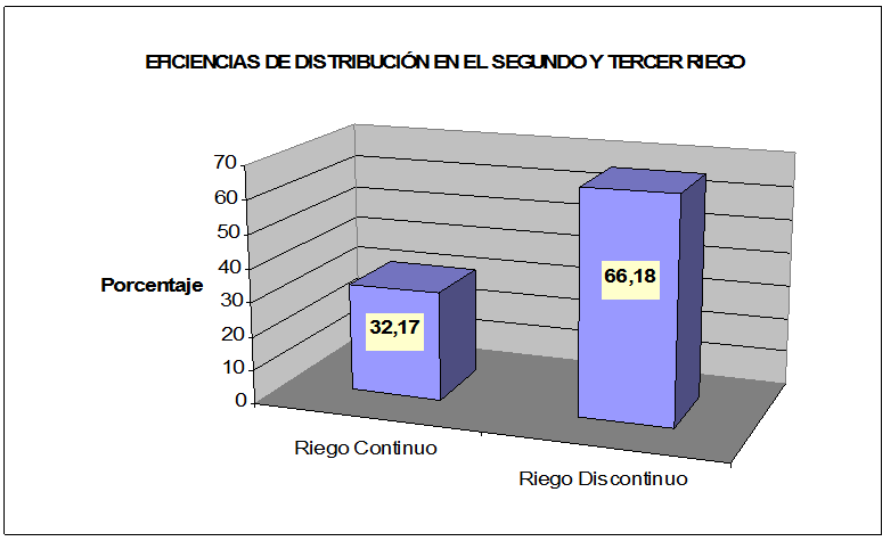


Fig. 4. Eficiencias de distribución del agua en el segundo y tercer riego, obtenidas en riego tradicional y en riego Discontinuo.

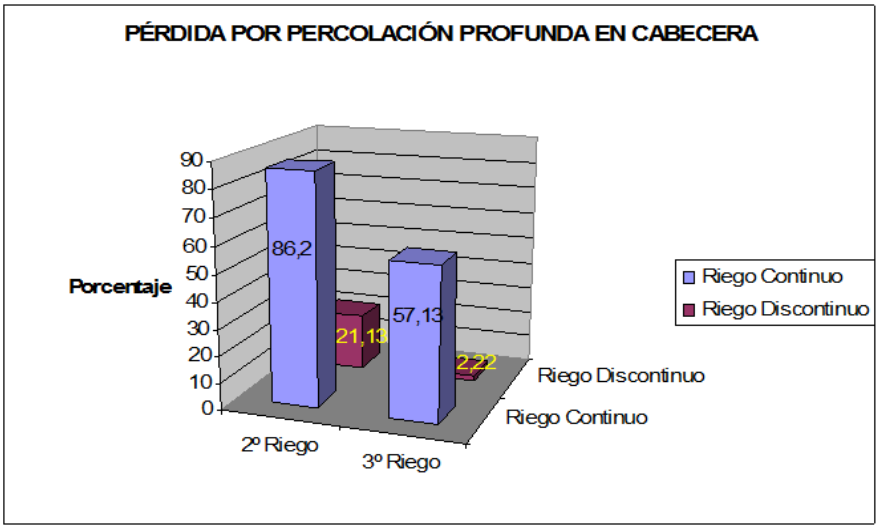


Fig. 5. Perdidas de agua por percolación profunda en cabecera. En riego tradicional y en riego Discontinuo.

Conclusiones:

- La eficiencia de aplicación y la de distribución en el tratamiento se incrementaron con respecto al riego tradicional, disminuyendo notablemente el porcentaje de percolación profunda en el comienzo de los surcos.
- Se logró ahorrar un 35 % de agua sin el uso de energía adicional.
- La estimación anticipada del tiempo de avance mediante algoritmos, se ajustó bastante bien a la realidad, con pequeñas variantes en la elección de los exponentes propuestos. Esto permitirá conocer el tiempo real de avance en esta modalidad de riego, contando únicamente con el dato del tiempo de avance a la cuarta o quinta parte de la longitud del surco en el sistema tradicional.
- Se comprobó que es factible, mediante la incorporación de este método, la aplicación del fertirriego, ya que las pérdidas por percolación profunda en la cabecera fueron mínimas. Por otra parte se cubrieron las necesidades de agua del cultivo, ajustándose a la frecuencia del turnado existente.

Recomendaciones:

De acuerdo a lo observado en este ensayo, se puede inferir que si bien la eficiencia de almacenaje en el tratamiento fue menor a la del testigo, es aceptable para láminas de reposición que no superen los 30 mm.

Es lógico de esperar que con tiempos de aplicación de 13 ó 14 hs, la eficiencia de almacenaje aumente a valores superiores al 80 % y se puedan aplicar láminas de reposición mayores a 30 mm. Pero desde el punto de vista práctico, conviene realizar cambios de sets (conjuntos de surcos que se riegan simultáneamente según caudal) cada 12 hs., lo que permite acomodar más fácilmente la intervención de mano de obra (15 a 20 minutos) para los cambios de set en el riego de grandes superficies.

Es preferible un riego algo deficitario al pie, pero más parejo en todo el perfil a lo largo de los surcos, en una zona donde el riego es complementario (no integral) con precipitaciones anuales superiores a los 600 mm.

La eficiencia de almacenaje fue mayor en el testigo, debido a que se promediaron valores extremos a la hora de calcular la lámina realmente infiltrada promedio. Por ese motivo, tiene mayor importancia en el análisis, el concepto de eficiencia de distribución más que la eficiencia de almacenaje para el caso del testigo.

Si bien la eficiencia de distribución en el tratamiento más que duplicó a la del testigo (66,18 % versus 32,17 %), aún dista de superar el 80 % que es el porcentaje aceptable. La solución sería que el productor adopte la técnica de compactado de la base de surco con el uso de balas pesadas. De esta manera se disminuirá el tiempo de avance, aumentando al menos en un par de remojos (uno de cada lado de la válvula) el tiempo de permanencia del agua en el pie con un mínimo desagüe. Siempre aceptando que 12 hs es un tiempo aceptable como suma del avance y remojo.

Bibliografía consultada:

Benham B.L. Redell D.L.;Marek T.H. Performance of three infiltration models under surge irrigation. Irrigation Science. 2000.20

Evans, R.G.; Proebsting E.L.; Mahan M.O. 1990. Daily Furrow Irrigation in Orchards. American Society of Agricultural Engineers 0883 – 8542 /90/0602 – 0175. Washington State University. U.S.A.

Ismail S.M. Effectiveness of surge flow irrigation in Egipt water efficiency in field crop production. 2004

Valiant Jim 1992. Irrigation water management. Surge vs. Conventional irrigation. Cooperative Extension. Colorado State University.

Walker, W.R. and Skogerboe, G.V. 1987. Surface Irrigation: Theory and Practice. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.

Wyatt Wayne A. 1990. Optimizing Water-Nitrogen relationships to maximize yield cotton. High Plains Underground Water Conservation District N°1 Lubbock, Texas.

Génova, L.; Romay, C. 2011. Recomendaciones para eficientizar el riego discontinuo programando la válvula automática. FCAyF U.N.La Plata. F.A.U.N.Bs.As.

Coupal, R.H.; Wilson, P.N., 1990. Adopting Water-Conserving Irrigation Technology: The Case of Surge Irrigation in Arizona. Agricultural Water Management, 18: 15-28.

ARQUITECTURA ESCOLAR AMBIENTALMENTE SUSTENTABLE EN EDIFICIOS ESCOLARES EN TUCUMÁN MEDIANTE EL USO DE LA VEGETACIÓN

Quiñones G. I[1], Márquez Vega S. G[1], Llabra C[1], Mostajo M. A[1], Gonzalo G. E[2]

1. Jefe de trabajos prácticos.
2. Profesor Titular.
Catedra de Acondicionamiento Ambiental - FAU-UNT
Av. Independencia 1800 – 4000 – Tucumán – Argentina
Tel.: +.54.381.4364093 interno 7914 – Fax: +.54.381.4252589
Email: ggonzalo@herrera.unt.edu.ar - ceema@herrera.unt.edu.ar

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo el estudio de la influencia de la vegetación en el comportamiento bioclimático de aulas de escuelas en la ciudad de San Miguel de Tucumán, considerándola una herramienta en el diseño que contribuye en el intento de minimizar el uso de los recursos no renovables como el gas y la electricidad, de uso corriente en edificios educacionales. Este trabajo integra una parte de la amplia tarea desarrollada para la tesis de postgrado “Influencia de la Vegetación en el Comportamiento Bioclimático de Aulas en Escuelas de San Miguel de Tucumán” desarrollada en el CEEMA (FAU-UNT). Muestra los relevamientos de los espacios arquitectónicos y de la vegetación en los establecimientos seleccionados para el estudio. El análisis de los aspectos térmicos en los espacios exteriores, como patios y galerías, y en los espacios interiores, como aulas. Finalmente desarrolla la elaboración y procesamiento de las encuestas realizadas a los usuarios de estos edificios sobre diferentes temas relacionados con la vegetación y fundamentalmente con la apreciación subjetiva de las condiciones de confort en los diferentes espacios. Los resultados muestran que si bien un alto porcentaje de las escuelas en San Miguel de Tucumán, cuenta con vegetación en sus espacios adyacentes, solo el 28% de ellas cuenta con una masa de árboles que supere los 10 ejemplares. De las mediciones y encuestas realizadas, se puede ver claramente que en las escuelas analizadas existe una situación de inconfort todo el año y en todos sus espacios habitables, pero especialmente en verano. Por lo que se recomienda proteger de la radiación solar con vegetación las superficies verticales como muros y ventanas de los edificios, para acercarse a una situación de confort de los usuarios y contribuir a disminuir los gastos energéticos, generando una arquitectura eficiente y más sustentable.

Palabras claves: Arquitectura, vegetación, escuelas sustentables, confort.

Abstract: This work aims to study the influence of vegetation on bioclimatic behavior of school classrooms in the city of San Miguel de Tucumán, in order to have a design tool to help to minimize the use of nonrenewable resources, such as gas and electricity, in educational buildings. This work involves a part of the extensive work carried out for the graduate thesis: "Influence of Vegetation on Bioclimatic Classroom Behavior in Schools of San Miguel de Tucuman" developed in the CEEMA (FAU-UNT).

Displays surveys of architectural spaces and vegetation in the schools selected for the study. The thermal analysis of the outdoor spaces: patios and galleries, and interior spaces such as

classrooms. Finally it shows the preparation and processing of surveys of users of these buildings on different topics related to vegetation and subjective responses primarily on comfort conditions in those spaces.
The results allow us to determine that, while a high percentage of schools in San Miguel de Tucumán have vegetation in adjacent spaces, only 28% have a mass of trees that exceed the 10. From the measurements and surveys clearly determined that schools analyzed presents a situation of discomfort throughout the year and in all living spaces, but especially in summer. This is why it is recommended to protect vertical surfaces such as walls and windows of the influence of solar radiation, to approach a situation of comfort for users and to reduce energy costs, creating a more efficient and sustainable architecture.

Key words: architecture, vegetation, sustainable schools, comfort.

Introducción

El confort obtenido mediante el uso de los recursos naturales, como el clima y la vegetación, sin dudas puede contribuir con el aumento de la eficiencia en el consumo de energías, tan necesario ante la actual crisis energética. De esta manera aportar al uso racional de la energía, tema que fue planteado como una falencia importante en el país en la convocatoria que hiciera la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, sobre Programas de Áreas de Vacancia 2005-2007, que establecía: *"El consumo de energía depende en gran medida de las tecnologías usadas durante el proyecto, ejecución y mantenimiento del edificio. La mayoría de las veces las construcciones escasamente tienen en cuenta criterios básicos de diseño que contemplen la climatización e iluminación natural de los espacios y el uso de tecnologías apropiadas que tiendan a disminuir el consumo de energía convencional uno de los objetivos de la arquitectura bioclimática".*

En general, los edificios que se construyen para desarrollar funciones escolares lo hacen sin considerar pautas de adecuación ambiental, debido entre otros motivos a que las normativas existentes para la construcción edilicia, en general no contemplan en profundidad la necesidad de mejorar la calidad de los ambientes a través de tener en cuenta las condicionantes climáticas y de uso. En Tucumán son numerosos los establecimientos escolares que no garantizan las condiciones mínimas de habitabilidad que permitan desarrollar las tareas educativas con eficiencia (Ledesma et al. 2003) Mucho menos aún son considerados los espacios adyacentes a los edificios y la vegetación contenidos en ellos a pesar de haber trabajos que analizan las ventajas de la forestación para lograr el control micro climático en los espacios exteriores como plazas o la trama y corredores urbanos. La vegetación resulta un recurso importante para controlar el microclima, mejorar la habitabilidad de los espacios exteriores urbanos y conservar la energía de las ciudades. La radiación es el elemento del microclima más afectado por la vegetación y es posible estimar con bastante precisión sus acciones. El viento también resulta afectado por la vegetación, aunque en ámbitos urbanos esta influencia es limitada. Es importante conocer acerca de las cualidades y requerimientos de la vegetación, antes de emprender un proyecto de diseño arquitectónico que contemple su uso, lo que hace necesario un lenguaje común entre el diseñador de espacios exteriores y los especialistas en vegetación. (Ochoa de la Torre 1999)

Si bien los estudios sobre el comportamiento bioclimático de edificios escolares, su relación con el confort interior y su desempeño energético son variados y han sido desarrollados por muchos autores (Gonzalo et al. 2006, Ledesma et al. 2005, Flores Larsen S. et al. 2004, Filipín et al. 2001), el análisis de la influencia que tiene la vegetación en los espacios exteriores adyacentes a las aulas, como indicador que condiciona el confort interior, se menciona en menor medida y en forma generalizada. También es necesario conocer en profundidad variables que hacen al comportamiento de las distintas especies vegetales usadas en la zona, cualidades como su permeabilidad a la radiación solar, analizados por otros autores en otras regiones, (Cantón et al. 2001) el alcance del diámetro de su copa, la altura de fuste, distribución de raíces, floración, pérdida del follaje, etc., y también sus requerimientos, principalmente tener en cuenta el riego, la

poda, etc., para poder establecer una relación apropiada entre estas variables y el logro del confort interior.

Las escuelas, por su carácter de hábitat cotidiano en el que se desarrollan tareas específicas de formación, sociabilización y culturalización, deben ofrecer un nivel de confort básico que posibilite un óptimo resultado de las tareas previstas, un rendimiento educativo favorable y sobre todo un uso racional de la energía que favorezca el cuidado del medio ambiente y pueda lograrse, fundamentalmente con economía de recursos ya que la mayoría de ellas depende del estado y la disponibilidad de recursos económicos se hace dificultosa. Resulta imprescindible encarar adecuadamente el diseño tanto del edificio como de los sistemas y elementos vegetales que permiten controlar el entorno, para lo cual el objetivo de este trabajo plantea ampliar la información sobre el tema de la vegetación y los aspectos bioclimáticos, especialmente en la zona climática de Tucumán, y elaborar recomendaciones de diseño para el uso de los espacios, que aseguren su respuesta al clima y que tiendan a mejorar el confort interior, estableciendo las mejores condiciones para el uso de la vegetación en los exteriores.

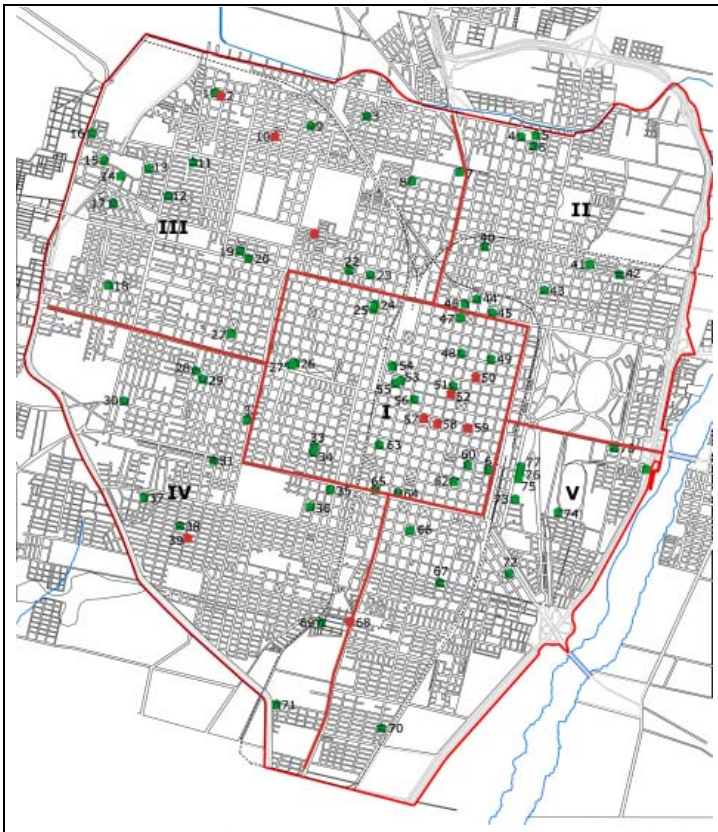
Es así que esta investigación busca analizar la influencia que tiene la vegetación en los espacios exteriores adyacentes a las aulas y relacionarlo con el confort de los usuarios de estos espacios. Las recomendaciones, elaboradas a partir de este trabajo de investigación, podrán ser transferidas a diferentes ámbitos, principalmente las mismas escuelas con el fin de generar conciencia en los usuarios (alumnos, maestros, directivos, maestranza y padres) sobre el uso correcto de los recursos naturales, e integrarlos a las tareas de forestación de los espacios exteriores para mejorar su propio bienestar y para contribuir a aumentar los espacios verdes urbanos que permitirán aproximarse a la cifra dada por la Organización Mundial de la Salud de 15 m^2 de espacio verde por habitante para lograr mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Metodología de trabajo

Relevamiento de las escuelas de S. M. de Tucumán y determinación de la muestra.

La población seleccionada para el análisis consiste en los edificios destinados al desarrollo de actividades educativas de carácter público en la ciudad de San Miguel de Tucumán de un período comprendido entre los años 1900 y 1990, y que se ubican dentro de los límites de la ciudad. Estos edificios están constituidos por diversas tipologías, no solo desde el punto de vista constructivo sino también funcional.

Para realizar un relevamiento más organizado, que permita además sistematizar el análisis posterior, se determinaron cinco diferentes sectores de estudio dentro de la trama urbana de la ciudad de San Miguel de Tucumán, cada uno de ellos con características formales y funcionales que los diferencian. Las escuelas se clasificaron según la presencia o no de vegetación en las mismas, como se observa en la figura 1.



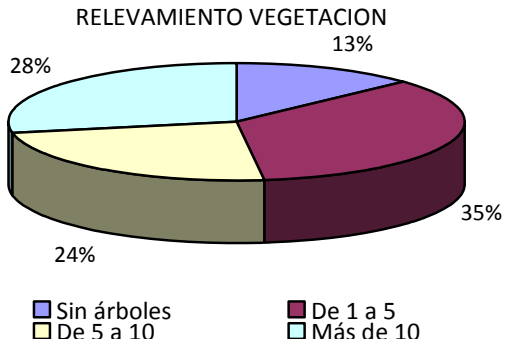
Plano de ubicación de las escuelas con la delimitación de los distintos sectores.

Relevamiento de la vegetación.

ESCUELAS RELEVADAS	CANTIDAD	PORCENTAJE
CON VEGETACIÓN	69	**87%**
SIN VEGETACIÓN	10	13%
TOTAL	79	100%

Figura 1: Análisis de la vegetación en las escuelas de San Miguel de Tucumán.

La muestra o el subgrupo de la población que resulta relevante se establece en función del porcentaje de escuelas que cuenta con más de 10 árboles en sus espacios exteriores. El relevamiento de la cantidad de vegetación existente por escuelas, muestra que el mayor porcentaje sobre el total analizado se da para la situación en que los establecimientos cuentan con escasa cantidad (entre 1 y 5 árboles), como se indica en la tabla 1.



	Relevamiento de vegetación			
	Sin árboles	1 a 5	5 a 10	Más de 10
Sector 1	5	8	6	6
Sector 2	0	2	3	5
Sector 3	3	6	4	8
Sector 4	2	5	5	1
Sector 5	0	7	1	2
Total de escuelas	10	28	19	22
Porcentaje	13%	35%	24%	**28%**

Tabla 1: Edificios escolares en función del número de árboles con que cuenta.

Relevamiento de los espacios arquitectónicos y de la vegetación en los establecimientos seleccionados para el estudio.

Considerando los objetivos del trabajo, de evaluar el comportamiento bioclimático de la vegetación, para este relevamiento se seleccionaron las escuelas que cuentan con el mayor número de árboles, debido a que los efectos de la vegetación sobre el confort son mejor definidos cuando se trata de una masa de árboles y no cuando se analiza un árbol aislado ya que estos efectos desaparecen rápidamente debido a los movimientos del aire, ya sea por viento o convección, según lo explicita Ochoa de la Torre, mencionado anteriormente. Las escuelas analizadas son: B. de Monteagudo, J. B. Alberdi, Paul Groussac, Periodismo Argentino y B. Aráoz.

Se definen dos etapas de análisis, en la primera se realiza el relevamiento espacial de zonas construidas y espacios exteriores determinando que el área de interés para el análisis corresponde al sector de aulas y a los espacios exteriores adyacentes. Se analizan aspectos tales como la ubicación del edificio, el sitio de implantación del mismo y las características de los alrededores, la forma del edificio en general y de sus espacios exteriores. Según se muestra en la figura 2 correspondiente al ejemplo de la escuela Bernardo de Monteagudo.

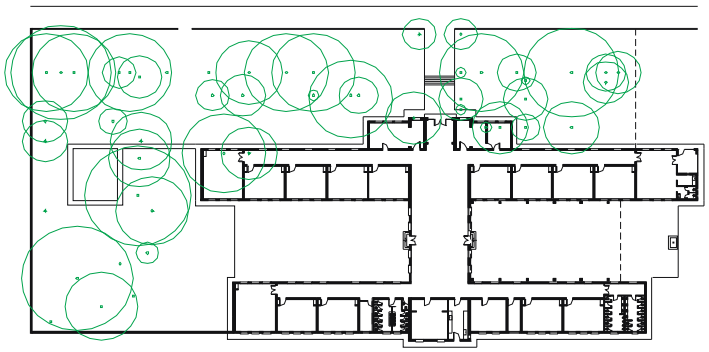
Alrededores de la escuela Monteagudo

Ubicación de los sectores de la escuela

Figura 2: Relevamiento de las escuelas y sus espacios adyacentes.

En la segunda etapa, se realiza el relevamiento de elementos vegetales, analizando características generales (especie, follaje, floración, raíces, etc.), características formales (arbolado en línea, grupo de árboles, árbol aislado, cobertura superficial, pérgolas) y las características geométricas (altura, diámetro etc.)

Algunas de las características de la vegetación observadas en el ejemplo de la escuela Juan Bautista Alberdi, ubicada en el sector II de la ciudad, se muestran en la figura 3.



Distribución de la vegetación en los espacios exteriores de la escuela Juan B. Alberdi.

Características generales de la vegetación

Especie	Follaje	Floración	Raíces	Cantidad
Ciprés	perenne	feb. a marzo	fasciculada	1
Crespón	caduco	dic. a febrero	fasciculada	3
Ibirá	caduco	nov. a enero	fasciculada	2
Lapacho	caduco	agosto	fasciculada	8
Ligustro D.	perenne	enero a marzo	fasciculada	3
Limonero	perenne	septiembre	fasciculada	1
Mango	perenne	septiembre	fasciculada	1
Mora	caduco	septiembre	fasciculada	3
Naranjo	perenne	septiembre	fasciculada	2
Palta	perenne	dic. a febrero	fasciculada	1
P. Borracho	caduco	sept. a dic.	fasciculada	14
Pino	perenne	marzo a mayo	pivotante	1
Tarco	caduco	octubre	fasciculada	8
Tipa	caduco	sept. a dic.	fasciculada	1

Relevamiento de la vegetación de cada escuela analizada.

Relevamiento fotográfico de los patios de las escuelas analizadas.

Figura 3: Relevamiento de la vegetación en las escuelas analizadas.

Análisis de los aspectos térmicos en diferentes espacios de las escuelas.

Finalmente se realiza el análisis de los aspectos térmicos en lugares específicos como patios exteriores y aulas de las escuelas. Se establecen valores de temperatura del aire y las consecuentes temperaturas superficiales de algunos componentes espaciales, como pisos (de cemento, de tierra, con cobertura vegetal) y muros, que determinan ganancias y pérdidas de calor. Se efectúan mediciones instantáneas, en el interior de las aulas y en los patios, en sectores con y sin vegetación, que contribuyen en la determinación de datos cuantitativos para las conclusiones finales. Estos datos fueron relevados con el instrumental disponible: termómetro infrarrojo Capintec/optex-Thermo hunter HR-1, thermometer y Testo 405- V1mini instrumento de medición de velocidad y temperatura del aire.

Los registros térmicos instantáneos que se muestran en la tabla Nº 2 como ejemplo, fueron tomados en aulas con orientación Norte-Sur en la escuela Paul Groussac, ubicada en el sector III de la ciudad. En el mes de diciembre (verano), en un día de extremo calor, y en el mes de agosto (invierno), en un día de moderado frío, a las 15.00 horas, por considerarse que este sería el horario más desfavorable en la estación de verano y el más favorable para la estación de invierno en la localidad de análisis.

Situación verano			
Elemento		aulas Norte-sur	
		con sol	sin sol
Temp. aire exterior		36,6°	35,1°
Temp. aire interior		-	37°
T. superficial en paredes	Norte	-	38,8°
	Sur	-	33,5°
T. superficial en pisos	Tierra	55°	29°
	Cemento	55°	27°
	Cerámico	Galería sombra	36,2°

Situación invierno			
Elemento		aulas Norte-sur	
		con sol	sin sol
Temp. aire exterior		24°	20,6°
Temp. aire interior		-	20,6°
T. superficial en paredes	Norte	24,4°	21,2°
	sur	-	20,1°
T. superficial Pisos	tierra	28,7°	19,9°
	cemento	37,6°	24,7°
	cerámico	32,7°	23,2°

Tabla 2: Datos de temperaturas del aire de diferentes superficies registradas en la escuela.

En la figura 4 se muestran los datos registrados para aulas con orientación Este-Oeste y patios adyacentes a ellas. En la figura 5 y 6 respectivamente, imágenes de espacios y superficies en verano e invierno.

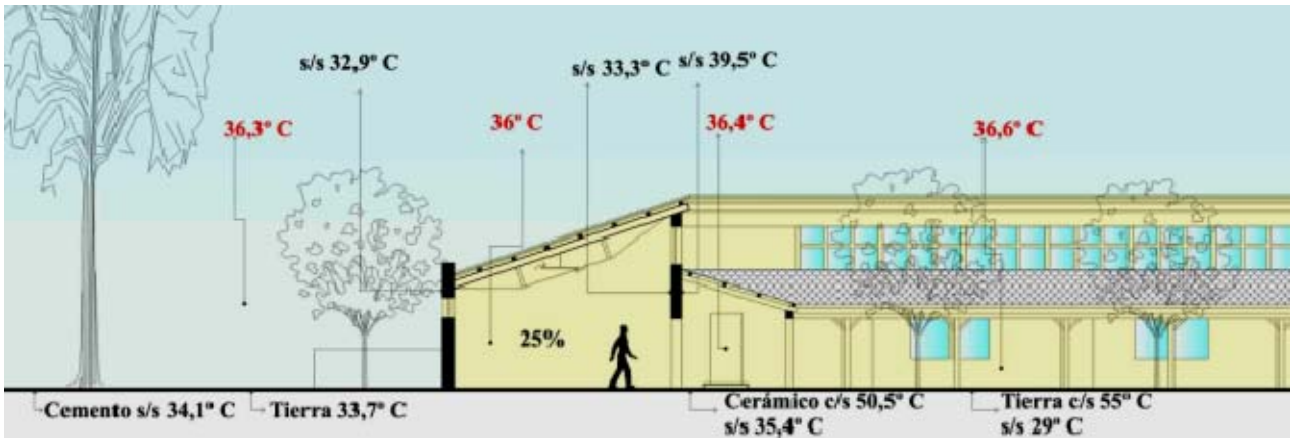


Figura 4: Datos de temperaturas del aire, superficiales y de humedad relativa para verano.

Figura 5: patio y galerías al norte (fotos izq. y centro respectivamente), y espacios exteriores al sur en verano (diciembre a las 15 hs.).

Figura 6: patio y galerías al norte (fotos izq. y centro respectivamente), y espacios exteriores al sur en invierno (agosto a las 8 hs.).

Elaboración y procesamiento de encuestas.

Se realizaron una serie de veinte encuestas en cada uno de los cinco establecimientos seleccionados. Las mismas fueron de opinión y parciales por consultarse solo a los docentes, (grupo etario entre veinte y sesenta años) y no a los alumnos, para lograr mayor confianza en las respuestas. Dichas encuestas se efectuaron en forma simultánea con las mediciones. El objetivo fue complementar la información con datos provenientes directamente del usuario, destinatario final y factor principal a tener en cuenta para elaborar recomendaciones de diseño.

Las encuestas abarcan diferentes temas relacionados con el objetivo de la investigación, como la información sobre la vegetación del lugar y fundamentalmente la apreciación subjetiva

brindada por los docentes, por ejemplo sobre las condiciones de confort en los diferentes espacios como se muestra en la figura 7.

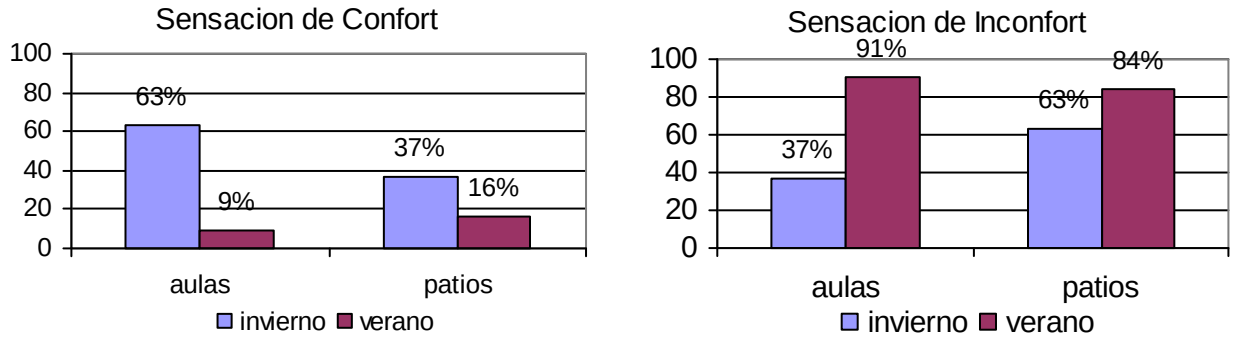


Figura 7: resultado de las encuestas sobre la sensación de confort en escuelas.

En cuanto a la sensación de confort que expresan los encuestados para la época de verano, en los espacios exteriores, (patios principales de las escuelas) el 84% se siente inconfortable, entre los motivos principales para este disconfort térmico, la mayoría plantea que es por falta de protecciones solares y por las altas temperaturas superficiales, especialmente en los pisos. En cuanto al análisis realizado en las aulas, el 91% considera que son inconfortables en el verano, debido a que muchas escuelas no cuentan con ventiladores y en la mayoría de los casos no hay corrientes de aire porque las puertas y ventanas permanecen cerradas por cuestiones operativas y de mantenimiento.

Resultados

El análisis de los casos de estudio permitió diagnosticar que muchas de las escuelas cuentan con vegetación en sus espacios adyacentes, lo que representa el 87% de la muestra analizada. Sin embargo, de las 69 escuelas contabilizadas con vegetación, solo 22 de ellas cuenta con una masa importante de árboles que supera los 10 ejemplares, esto es el 28% del total, lo que representa una baja incidencia y 28 escuelas cuentan con escasa vegetación, entre uno y cinco ejemplares, lo que representa el 35% del total analizado.

Del relevamiento realizado surge que predominan variadas especies, fundamentalmente los naranjos, pinos, lapachos, tarcos, moras, eucaliptos, pacarás, crespones y en menor escala tipas, palmeras y ficus. El surtido es amplio, constituido por plantas caducas y perennes, frutales y no frutales, de porte muy grande y también de pequeñas dimensiones. La gran mayoría constituyen especies de la región.

Con relación a la vegetación y los aspectos térmicos, donde mayormente se hace notar la influencia de la radiación solar es en los valores registrados de temperaturas superficiales. Estas van a variar principalmente según sean las características termofísicas de los materiales que constituyen los límites de los diferentes espacios, según la orientación que tengan estas superficies y las horas en que hay incidencia de la radiación solar. Los muros de las escuelas están materializados con ladrillo macizo común revocados ambos lados. El espesor de los mismos es de 0,30 m. en la mayoría de los casos. Las cubiertas son de chapa galvanizada sinusoidal N^{o} 24 sobre entramado de madera con aislación de lana de vidrio de 2 pulgadas y cielorraso suspendido de yeso. Sería conveniente poder utilizar algún tipo de cubierta verde para contribuir con la arquitectura bioclimática, sin embargo no resulta viable en este caso de escuelas públicas debido a los problemas de escaso mantenimiento y a que en la mayoría de los casos son techos a dos aguas. Los árboles estratégicamente ubicados arrojan sombras aun sobre los techos.

En el caso del verano, los valores de temperatura del aire registrados en las cinco escuelas, en horas de la tarde, superan en todos los casos los 35ºC; mientras que a la mañana

oscilan en 20 ºC. La influencia de la vegetación se hace notar con variaciones promedio de hasta 3ºC de diferencia entre espacios exteriores con y sin vegetación, especialmente cuando la cantidad de árboles es grande. Las superficies de pisos de cemento y de tierra sin cobertura vegetal llegan a alcanzar valores que superan los 53ºC, en horas de la tarde y 22 ºC en la mañana, mientras que con cobertura de césped los valores rondan los 30ºC a la tarde y 20 ºC a la mañana. Para el caso de las superficies verticales los mayores registros se dan en paredes al oeste, con valores superiores a 39ºC, a las 15 hs., y 22 ºC a las 8hs., al norte los datos superan los 38ºC y 20 ºC respectivamente y las orientadas al este, por encima de 36ºC a la tarde y 26 ºC a la mañana. Todos los valores de la tarde muy elevados y que implican grandes emisiones de calor hacia los espacios adyacentes.

En el caso del invierno los valores, registrados a las 15 hs., de temperaturas superficiales de pisos, si bien son elevados, rondan los 30ºC, estos resultan beneficiosos para mejorar la temperatura ambiente contribuyendo con la estrategia de calefacción solar pasiva para lograr el confort. Los datos registrados a las 8 hs. rondan los 20 ºC. Al analizar las temperaturas superficiales de paredes, los mayores registros se dan en paredes al norte, con valores superiores a 24ºC a las 15 hs. y 18 ºC a las 8 hs., al sur los datos no superan los 21ºC a la tarde y 15 ºC a la mañana, las orientadas al este, llegan a 18ºC a la tarde y 13 ºC a la mañana y al oeste no superan los 22ºC a las 15 hs. y 16 ºC a las 8 hs.

Los registros de verano de temperaturas del aire y superficiales superan ampliamente los valores de confort establecidos en el diagrama psicrométrico correspondiente a la localidad de San Miguel de Tucumán, (Gonzalo, 2003) que varían entre 22 y 27 ºC de temperatura del aire.

Los valores de humedad relativa medidos en el ejemplo de la escuela Poul Groussac en general son bajos, oscilan en 25% en los exteriores y 26% en los espacios cubiertos y aulas, registrándose algunas variaciones en las áreas de árboles con valores de 30% en el verano. Los valores de humedad en invierno, en general son medios, 40% registrándose l variaciones en áreas con vegetación, 42%. Oscilan en 44% y 46% en los espacios cubiertos y aulas. En el caso de la humedad relativa las diferencias entre espacios con y sin vegetación varían entre el 2 y 4%.

Las encuestas realizadas muestran un alto porcentaje de población en situación de inconfort, por calor en verano (84% en espacios exteriores y 91% en los interiores) y por frio en invierno (63% en los exteriores y 37% en los interiores). Esto que permite establecer que la época de verano es la estación crítica al evaluar las condiciones confort. En el caso de la sensación térmica de los usuarios de las aulas, en el verano la mayoría se siente inconfortable, debido a las altas temperaturas superficiales, falta de protecciones solares, escasa circulación del aire por falta de ventilación cruzada, hasta la ausencia de ventiladores que contribuyan a mejorar la situación. En la estación invernal la mayoría se siente confortable, en ocasiones puntuales se siente inconfort por frío, debido especialmente a las bajas temperaturas y a las corrientes de aire producidas por infiltración de las aberturas, mala calidad de las ventanas o vidrios rotos.

Conclusiones

De la investigación realizada se concluye que la gestión, planificación y reglamentación sobre el arbolado de la ciudad, en general, y de la vegetación en las escuelas en particular, es escasa, parcial y obsoleta. En los casos de estudio se puede determinar que en general los árboles en los espacios adyacentes a las aulas en las distintas orientaciones, resultan escasos y aislados para posibilitar una adecuada protección solar en el verano.

Las orientaciones más desfavorecidas en esta estación son el Este, Oeste y Norte, sin embargo se pudo comprobar que, también, las superficies orientadas al sur permanecen demasiado tiempo expuestas a la radiación solar aumentando sus temperaturas superficiales. Esto no contribuye para lograr la estrategia de minimizar las ganancias de calor recomendada para estos espacios, por lo que resulta importante la sensación de inconfort en verano tanto en los

exteriores como en los interiores de las escuelas. En el caso del invierno la situación resulta favorable debido a la gran incidencia solar en las diferentes superficies del edificio y sus espacios exteriores por la falta de vegetación, lo que incide directamente sobre los valores de temperatura del aire y superficiales.

Para paliar los inconvenientes diagnosticados, se recomienda proteger de la radiación solar las superficies verticales como muros o ventanas, especialmente los que se ubican hacia el Este y Oeste con una fila de árboles de hojas caducas y de mediano porte lo que evitará el sobrecalentamiento de las superficies y la transmisión del calor hacia el sector que delimitan. En el invierno permitirán la incidencia de la radiación solar para lograr calefacción solar pasiva.

Cubrir las superficies horizontales de caminerías de cemento, con pergolados para sostener enredaderas de hojas caducas (jazmín amarillo, madreselva, glicinia) Estas permitirán evitar el paso de radiación solar hacia el piso con lo que se reducirá la acumulación y transmisión del calor hacia otros sectores. En la época de primavera adornarán el espacio con las flores y en el invierno, luego de perder su follaje las enredaderas (especies caducas) permitirán el paso de los rayos solares. Las superficies de piso conformado por tierra, que también alcanzan elevados valores de temperatura, es importante que sean recubiertas por cobertura vegetal para absorber la radiación solar e impedir la acumulación del calor. En las figuras 8 y 9 se muestran los espacios y las recomendaciones generales aplicadas en la escuela Periodismo Argentino.

Figura 8: Patio sur (arriba izquierda) y patio norte (arriba derecha) de la escuela Periodismo Argentino.

Figura 9: Pergolado sobre pared al oeste y fila de árboles para protección de galerías al norte.

Es necesario también, en todos los casos analizados que cuentan con una cantidad considerable de árboles, hacerles un mantenimiento periódico de raleado, desinfección y limpieza que permita el asoleamiento en invierno, la ventilación en el verano y la higiene y seguridad de los espacios, en todas las épocas del año.

Referencias bibliográficas:

Cantón M. A., Cortegoso J. L., Mesa N. A., De Rosa C., 2001. Sustentabilidad energética del parque edilicio en entornos urbanos forestados. Análisis de la disponibilidad del recurso solar en la estación fría. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 5, 01.27-01.32. ISSN 0329-5184

Filippín C., Bescochea, A. y Gorozurreta, J., 2001. Comportamiento higrotérmico y energético de la escuela bioclimática de Catriló en la provincia de La Pampa. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 5, pp. 05.07 a 05.12. ISSN 0329-5184.

Flores Larsen S., Filippín C., Lesino G., 2004. Monitoreo y simulación del comportamiento térmico de una escuela rural en Algarrobo del Águila, La Pampa. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 8, Nº 1. 05.139-05.144. ISSN 0329-5184.

Givoni B., 1998. Climate Considerations in Building and Urban Design. Ed. Van Nostrand Reinhold. ISBN 0-442-00991-7. U.S.A.

Gonzalo G. E., 2003. Manual de Arquitectura Bioclimática. Segunda edición, Ed. CP 67 Bs As. Argentina.

Gonzalo G., Ledesma S., Quiñones G., Márquez Vega S., 2006. Diseño de ventanas unilaterales en aulas escolares de Tucumán. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 10. 05.93-05.98. ISSN 0329-5184.

Grau A., Kortsarz A., 2012. Guía de Arbolado de Tucumán. ISBN 978-950-554-721.0. Artes Gráficas Crivelli. Salta. Argentina.

Junta de Andalucía, 1997. Arquitectura y Clima en Andalucía. Manual de Diseño. ISBN 84-8095-095-1. Sevilla, España.

Laurie M., 1983. Introducción a la arquitectura del paisaje. Ed. Gustavo Gili. ISBN 84-252-1132-8. Barcelona, España.

Ledesma S.L., Cisterna M.S., Márquez Vega G., Quiñones G., et al., 2005. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 9, pp. 05.19 a 05.24. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.

Ledesma S.L., Cisterna M.S., Márquez Vega G., Quiñones G., Nota V.M., Gonzalo G.E., 2005. Evaluación del ahorro energético en iluminación artificial en aulas de edificios escolares en Tucumán. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 9. 05.19-05.24. ISSN 0329-5184.

Ledesma S.L., Nota V.M., Gonzalo G.E., Cisterna S., Quiñones G. ,2003. Estudios ambientales en aulas de escuelas públicas en San Miguel de Tucumán. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 7, Nº 1, 05.19-05.24. ISSN 0329-5184

Leonardis, J., 1975. Libro del árbol: Esencias forestales indígenas de Argentina de aplicación ornamental; Tomos 1, 2 y 3 (3ra edición). Editor Celulosa Argentina S.A. Buenos Aires, Argentina.

Ochoa de la Torre J.M. (1999) La vegetación como instrumento para el control microclimático. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya.

DEGRADACIÓN EN AGROECOSISTEMAS DEL CENTRO-SUR DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

Rodriguez María Jimena[2], Becker Analía Rosa[1,2], Grumelli María[1], Luisina Pagliano[1] y Guzmán Leticia Ana[2]

1. Depto. de Geología. Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Química y Naturales. Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta 36 km 601 (5800), Río Cuarto, Córdoba. abecker@exa.unrc.edu.ar–mgrumelli@exa.unrc.edu.ar–luisinapagliano@hotmail.com
2. Instituto Académico y Pedagógico de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Nacional de Villa María. Av. Arturo Jauretche 1555, (5900), Villa María, Córdoba. mjrodriguez@unvm.edu.ar–abecker@unvm.edu.ar–lguzman@unvm.edu.ar

RESUMEN

El concepto “calidad de suelo” surge a principios de la década de 1990, se caracteriza por el estado de sus propiedades físicas, químicas y biológicas y es evaluado por una serie de indicadores e índices de calidad de suelo que determinan su degradación. En el Centro-Sur de la provincia de Córdoba se han reportado procesos de degradación, por ello el objetivo principal de este trabajo fue analizar la variabilidad espacial de algunas propiedades del suelo para evaluar su calidad. Se seleccionó una Unidad geomorfológica representativa, utilizando como metodología la de unidades de integración a partir de la información geomorfológica, de suelos, hidrológica y del uso de la tierra. Se obtuvo un mapa con la unidad a muestrear y se definió una grilla con los puntos de muestreo. Cada sitio definido fue geoposicionado y en ellos se efectuó la medición de las propiedades seleccionadas previamente como indicadores tales como, materia orgánica, pH, densidad aparente y resistencia mecánica, a tres profundidades consecutivas, de 0-5cm, 5-10cm y de 10-15cm. Los valores de indicadores e índices fueron normalizados a una escala 0-1, que representan respectivamente la peor y la mejor condición del suelo. De este modo, todas las propiedades, en menor o en mayor grado, evidenciaron una degradación respecto a los suelos naturales del área, tomados como referencia. De acuerdo a los índices obtenidos de suelo para cada profundidad, indicaron una moderada calidad de los mismos. La alta disminución de la materia orgánica y la creciente acidificación de los suelos en profundidad son contrarrestadas por los moderados valores de las propiedades físicas como densidad aparente y resistencia mecánica.

Palabras claves: calidad de suelo-degradación de suelos-indicadores-índices.

ABSTRACT

The term "soil quality" emerged in the early 1990s, is characterized by the state of their physical, chemical and biological properties and is evaluated by an indicators and index series that determine soil quality degradation. In the South Central Córdoba province have reported degradation processes, so the main objective of this study was to analyze the spatial variability of soil properties to evaluate their quality. We selected a representative geomorphological unit, using the method of integration units from geomorphology, soils, hydrology and land use information. Map was obtained with the unit to be sampled and defined a grid with sampling points. Each site was geopositioned and measuring them properties was made of the previously selected as indicators such as organic material, pH, density and mechanical resistance to consecutive three

depths, 0-5cm, 5-10cm and 10 -15cm. The values of indicators and indices were standardized to a 0-1 scale, representing respectively the worst and the best soil condition. Thus, all the properties, to a lesser or greater extent, showed a degradation compared to natural soils taken as reference area. According to the indices obtained for each depth soil, indicating a moderate quality of these. The organic matter high decline and the soils acidification increasing in depth are counteracted by moderate values of physical properties such as bulk density and mechanical strength.

Keywords: soil quality-soil degradation-indicators-index.

INTRODUCCIÓN

El concepto de calidad del suelo surge en la década del 90 (Bouma 1989, Larson y Pierce 1991, Acton y Padbury 1993) donde se establece que es el producto de una combinación de atributos relacionados con las funciones que debería realizar el suelo, representa una compleja relación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Provee un medio para el crecimiento de las plantas y la actividad biológica, regula y reparte el flujo de agua y su acumulación en el ambiente y sirve como amortiguador ambiental en la formación y destrucción de compuestos peligrosos para el ambiente (Larson y Pierce 1994). Organismos internacionales desarrollaron programas que establecen listas de indicadores para evaluar la calidad ambiental (FAO, Banco Mundial, UNDP, UNEP). Blum y Santelises (1994) describen el concepto de sustentabilidad y resilencia del suelo basado en las seis funciones ecológicas y humanas. Estos conceptos y los de Warketin (1996) fueron las bases a partir de las cuales la Soil Sciencie Society of America estableció el concepto de calidad del suelo. Karlen *et al.* (1996), Doran y Parkin (1994, 1996) y Doran *et al.* (1996) establecieron las primeras listas de indicadores cuantitativos de calidad del suelo. La selección de indicadores se ha realizado teniendo en cuenta los objetivos de la aplicación de esta metodología, el o los tipos de suelos que se encuentran en la región a estudiar y la variabilidad de estos atributos o las propiedades que los representan. Arshad y Martin (2002) plantean la selección de indicadores en relación a la producción de cultivos incluyendo como indicador de control al rendimiento de los cultivos. Varios autores sostienen que debería seleccionarse y cuantificarse un mínimo número de características de suelo con el fin de evaluar la calidad de un suelo (Doran y Parkin 1996; Gregorich *et al.* 1994). Numerosos estudios concuerdan en que la materia orgánica del suelo es el principal indicador y el que ejerce una influencia más significativa sobre la calidad del suelo y su productividad (Galantini y Rosell 2006; Quiroga y Funaro 2003; Cantú *et al*. 2007, 2008; Cabrera 2010, 2011). Campbell & Souster (1982) al comparar suelos prístinos y agrícolas comprobaron importantes pérdidas de materia orgánica (41-53%) con un efecto diferencial de la textura y mayores pérdidas en suelos de granulometrías más gruesas. También en Molisoles de la región semiárida pampeana, al evaluar los contenidos de materia orgánica, Quiroga *et al.* (2008) comprobaron interacción significativa entre suelos y manejo. En cuanto a los problemas físicos que surgen del uso y manejo del suelo, uno de los principales es la compactación (Soane y Van Ouwerkerk 1994; Quiroga *et al.* 1999). Esta última afecta la fertilidad física del suelo con disminución de la porosidad y la velocidad de infiltración, aumento de la resistencia mecánica, alteración de la capacidad de retención y disponibilidad de agua y nutrientes, la eficiencia del uso de fertilizantes y el rendimiento de cultivos. Además, la compactación incrementa el riesgo de erosión hídrica y de contaminación por los sedimentos arrastrados (Hamza y Anderson 2005; Zhang *et al*. 2006). Los cambios en el uso y manejo de la tierra incluyeron los cambios tecnológicos, el avance de la frontera agrícola, el desarrollo de tecnologías de agricultura permanente, la tendencia al monocultivo y los cambios en la tenencia de tierra a lo largo del siglo XX y comienzos del presente han determinado en gran parte de la Argentina un fuerte impacto sobre los recursos naturales, en especial el recurso suelo (Cantú *et al.* 1998; Cantú y Becker 1999; Cantú *et al*. 2008).

En el centro-sur de la Provincia de Córdoba se han reportado procesos de degradación, especialmente físicos, relacionados en un principio con el casi monocultivo de maní (*Arachis hipogaea*) y a las prácticas agrícolas no conservacionistas. La degradación fue favorecida por el moderado a bajo desarrollo de los suelos, su textura franca a franco limosa con baja proporción de

coloide (10-15% de arcilla) y alto contenido de arena muy fina, y la pérdida de carbono orgánico (Blarasín *et al.* 1993; Cabrera *et al.* 2010; Parra 2011; entre otros). De acuerdo a lo mencionado, existen investigaciones en dicha zona relacionadas a la variabilidad temporal de la degradación del recurso suelo y actual degradación a partir del uso de indicadores, tanto físicos, físico-químicos, químicos y biológicos (Uberto *et al.* 2002; Cantú *et al.* 2008; Parra *et al*. 2008, 2009, 2010, 2012; Parra 2011; Becker *et. al*. 2009, 2010, 2011, 2012; Cabrera *et al.* 2009, 2010, 2012; Bedano *et al.* 2008; Domínguez *et al.* 2009, 2011; Arolfo *et al.* 2009, 2010).

Es por ello imprescindible efectuar investigaciones de la variabilidad espacial de la degradación mediante las propiedades generales del suelo (Ulloa Guitián 2002), ya que presentan una variación continua en el espacio y varían de tal modo que tienden a estar correlacionadas en el espacio tanto horizontal como verticalmente. De este modo, mediante la determinación de propiedades como carbono orgánico, pH, densidad aparente y resistencia mecánica del área, es viable definir la variabilidad espacial de la degradación del suelo en el Centro-sur de la Provincia de Córdoba. El principal objetivo es analizar la variabilidad espacial de algunas propiedades del suelo para evaluar la degradación en el Centro-sur de la Provincia de Córdoba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza en el Centro-sur de la Provincia de Córdoba con un clima templado subhúmedo y una marcada estación seca en invierno. El régimen de temperatura es de tipo mesotermal (16,9ºC) y la precipitación media anual de 779mm. Los vientos predominantes son nor-noreste. Geomorfológicamente pertenece a la Asociación planicie de acumulación-deflación de General Cabrera (Cantú y Degiovanni 1984), la cual es un área plana elevada que conforma la divisoria de aguas de los arroyos Tegua-Dalmacio Vélez, Carnerillo y Chucul de forma elongada en sentido oeste-este con límites naturales y antrópicos. Los materiales superficiales son de origen eólico predominantemente de limos finos y gruesos en los que se desarrollan principalmente Haplustoles énticos (INTA 1991). La tectónica de carácter regional define un bloque que se encuentra subdividido en bloques menores de rumbo N-S, O-E y SO-NE, donde se identificaron cinco unidades geomorfológicas (Blarasín *et al.* 1993). La vegetación original del área corresponde al Espinal (Parodi 1964). Actualmente quedan relictos de la vegetación natural. Desde el inicio de la actividad agrícola el uso del suelo fue mixto (agrícola-ganadero) con un paulatino incremento de la agricultura, que se aceleró en la década de los ’90 lo que condujo a sistemas dominantemente agrícolas. Las explotaciones ganaderas que aún perduran ocupan en general sectores de menor productividad o con limitantes para el uso agrícola (Parra *et al*. 2009).

Se seleccionó la Unidad Planicie Eólica elevada con microdepresiones elongadas por ser la más representativa del área. Se partió de una cartografía tomando como base los conceptos de Brown *et al.* (1971) y la metodología mixta de Unidades Ambientales Integradas (Cendrero y Díaz de Terán 1987; Cendrero *et al.* 1992). Básicamente se utilizaron unidades de integración a partir de información geomorfológica, suelos, hidrológica y uso de la tierra. Toda la información existente fue procesada y llevada a una escala 1:100.000 a partir de la cual se obtuvo la densidad de muestreo con una grilla de celdas cuadradas de 750x750m con los puntos de muestreo en el centro de las mismas. El mapa fue geoposicionado (Figura 1) y llevado al sistema de proyección WGS86 a través del programa ArcView 3.2. (UNRC). Estos métodos permiten considerar la variación espacial de las propiedades del suelo como un proceso azaroso dependientes del espacio (Goovaerts 1999) y con mediante el promedio del “vecino más cercano”, se obtuvieron los mapas de cada una de las variables analizadas (Chien *et al.* 1997; Lark 2002, entre otros).

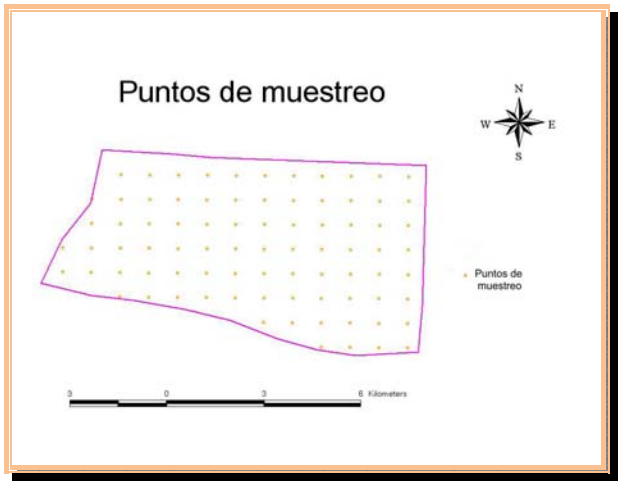


Figura 1. Grilla con los sitios de muestreo. Unidad Planicie Eólica.

Los indicadores son variables que resumen o simplifican información relevante de un fenómeno o condición de interés, deben ser preferiblemente variables cuantitativas. Las principales funciones son: evaluar condiciones o tendencias, comparar transversalmente sitios o situaciones, para evaluar metas y objetivos, proveer información preventiva temprana y anticipar condiciones y tendencias futuras (Cantú *et al.* 2007). Así se seleccionaron propiedades significativas del tipo de suelo tomando como base que el número de indicadores debe ser mínimo y de este modo analizar la variabilidad espacial de algunas propiedades del suelo para evaluar la degradación en la cuenca. Los valores máximos y mínimos para cada indicador fueron establecidos de diferentes formas. En algunos atributos, especialmente para las condiciones óptimas, se tuvieron en cuenta umbrales calculados a partir de los valores de los suelos de referencia, mientras que en otros se utilizaron los valores del área de estudio. En relación al carbono orgánico se consideró como mínimo el requerimiento para cumplir con la condición de mólico (Soil Survey Staff 2010) y como máximo el promedio de los valores medidos en los suelos de referencia. El valor mínimo de pH fue establecido considerando el valor mínimo de la región y el máximo de calidad correspondió al pH del sitio de referencia. La densidad aparente y la resistencia mecánica mínima corresponden al promedio de los valores medidos en los suelos de referencia y la máxima respectiva a los valores máximos medidos en la región (Parra 2011).
Los valores de Indicadores e índices fueron normalizados a una escala 0-1 desarrollada por ELANEM (Cendrero *et al.* 2002). Los valores 0 y 1 representan respectivamente la peor y la mejor condición de calidad del recurso suelo. Cuando se transforma el indicador medido (Im) en el valor normalizado (Vn) entre 0 y 1 pueden ocurrir dos situaciones:

a) El valor máximo del indicador del intervalo (I max) corresponde a la mejor condición del recurso suelo (Vn = 1), mientras que el valor mínimo del indicador es la peor condición. El Vn se calcula de la siguiente manera:

$$V_n = \frac{I_m - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

b) El valor máximo corresponde a la peor situación del recurso (Vn = 0). El Vn se calcula de la siguiente manera como sigue:

$$V_n = 1 - \frac{I_m - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

Finalmente, se estableció un índice de degradación de suelo (IDS) promediando los valores de todos los indicadores. Posteriormente, se utilizó una escala de transformación en cinco clases de degradación de suelo (Tabla 1) de acuerdo a la establecida por Cantú *et al.* (2007).

Tabla 1. Clase de Calidad de Suelos (Cantú *et al.* 2007).

Índice de calidad de suelos	Escala	Clases
Muy alta calidad	0,80 - 1,00	1
Alta calidad	0,60 - 0,79	2
Moderada calidad	0,40 - 0,59	3
Baja calidad	0,20 - 0,39	4
Muy baja calidad	0,00 - 0,19	5

En cada punto seleccionado se realizó el muestreo de 0-5, 5-10 y de 10-15cm de profundidad. En cada una de ellas se efectuó la determinación de Carbono Orgánico (CO) por el método de Walkley y Black modificado (Jackson 1976), pH por potenciometría (suelo-agua 1:2,5), Densidad Aparente (DA) por el método del cilindro (Blake y Hartge 1986) y Resistencia Mecánica (RM) mediante penetrómetro electrónico. Se evaluó tipo de manejo, uso, rastrojo y cultivo actual y antecesor. Los valores de RM se corrigieron de acuerdo al contenido de humedad del suelo mediante regresiones no lineales que incluyeron a esta variable como variable dependiente y a la DA y al CO como parámetros independientes. La ecuación de regresión utilizada fue del tipo:

$$RM = a \times DA^{d} \times CO^{c}$$

La determinación de la cobertura vegetal se realizó visualmente obteniéndose un porcentaje de suelo cubierto por residuos y por observación y consulta a productores se definió el tipo de manejo y cultivo.

RESULTADOS

El indicador CO de 0-5cm de profundidad presenta altos valores en algunas zonas puntuales. Los bajos valores coinciden con un amplio predominio de siembra directa bajo cultivo de Soja. El área de bajos valores de 5-10cm aumenta marcadamente respecto al horizonte superficial. Los indicadores de CO de 10-15cm tienden a mantener bajos valores. Se considera que los altos valores puntuales son debidos al uso mixto con reposición de materia orgánica (Galantini *et al.* 2008).

El indicador pH de 0-5cm de profundidad presenta un predominio de valores medios. Los indicadores bajos se observan en zonas puntuales donde el sistema de labranza es bajo siembra directa y con monocultivo de soja, y los altos indicadores de pH, también puntuales, se corresponderían con un sistema de labranza reducida bajo cultivo de maíz con fertilización. De 5-10cm de profundidad aumenta el área de los valores medios a bajos de indicador de pH, respecto a la profundidad de 0-5cm, siendo éstos predominantes. En cambio, son tan solo puntuales, los altos valores de indicador de pH. Los bajos indicadores de pH se relacionarían con siembra directa bajo monocultivo de soja con escasa a nula cobertura vegetal. El indicador de pH de 10-15cm de profundidad, presenta un aumento del área de valores muy bajos a bajos, los cuales estarían vinculados a sectores con siembra directa de más de 15 años y rotación de soja/maíz/soja/maní. Es importante considerar la presencia a esta profundidad de la discontinuidad hidráulica por la presencia del horizonte Bt (Becker 2006). En cambio los valores medios se mantienen en la zona de pastoreo.

Los valores del indicador DA de 0-5cm tienden a ser medios a altos, excepto en algunos puntos que presentan un uso agrícola bajo siembra directa con maíz/soja. De 5-10cm de profundidad presenta un aumento del área de valores medios y siguen predominando valores bajos en la zona central. En algunos sectores aislados se observan puntos con altos valores de indicadores de DA. De 10-15cm presenta una homogeneización del horizonte a valores medios respecto de la profundidad de 5-10cm, a excepción de áreas puntuales con altos valores. Las zonas que en el nivel superior presentan bajos valores del indicador, se mantienen en esta profundidad. En sectores donde el indicador CO aumenta de 10-15cm, el indicador DA presenta aumento lo que coincidiría con la parte superior del horizonte B y bajo labranza reducida. Esto favorecería la migración de los complejos coloidales, generando una mayor densidad a la profundidad del horizonte B (Parra 2011; Parra *et al.* 2009).

En cuanto a la RM de 0-5cm de profundidad predominan los valores del indicador medios a altos. Los bajos valores del indicador se registraron en zonas de pastoreo y algunos sectores bajo siembra directa. Esto coincide con lo señalado por Parra (2011), Parra *et al.* (2009), Ronco *et al.* (2012) en el área de estudio. El indicador RM de 5-10cm presenta un ligero incremento de las áreas de valores medios en relación al nivel superior. El indicador RM de 10-15cm presenta mayor

área con valores intermedios a bajos respecto a los niveles superiores. En general el área de bajos valores de indicador de CO aumenta marcadamente en profundidad respecto al horizonte superficial. Ello podría vincularse a una tendencia del sistema de manejo dominante (siembra directa) que produce una estratificación del CO en el horizonte superficial con una disminución en profundidad (Andriulo y Rosell 1988; Barbosa *et al.* 1997; Cantú 1998; Cantú *et al*. 1998; Sá 2002; Sasal *et al.* 2004; Parra *et al.* 2008, 2009 y 2011; Parra 2011; Cabrera *et al.* 2009, 2010, entre otros). El área con valores medios de indicador de pH disminuye en profundidad donde se incrementan los valores bajos lo que podría indicar una tendencia a la acidificación en los horizontes inferiores (Cabrera *et al.* 2009, 2010). El indicador DA presenta una mayor superficie en el primer nivel con valores medios a altos que en profundidad son medios a bajos. Los valores del indicador de RM son altos a medios en la superficie y en profundidad medios con excepciones de algunos sectores donde los indicadores son medios a bajos. En general se podría vincular a un proceso de compactación (Arolfo *et. al.*2009, Domínguez *et al*. 2008; Parra *et al.* 2008, 2009 y 2011; Parra 2011; Cabrera *et al*, 2009, 2010; Ronco *et al.* 2012).

De acuerdo a la Tabla 2 el indicador CO es el que presenta mayor disminución (75%) respecto del suelo de referencia (Parra 2011), mientras que el indicador pH presenta una disminución de un 35%. El indicador de DA experimenta una disminución de un 23% y la RM una reducción del 37%.

Tabla 2. Indicador e Índice de Calidad del Suelo de 0-5cm de profundidad.

INDICADOR	**Valor del Indicador**
Carbono Orgánico	0,247
pH	0,656
Densidad Aparente	0,777
Resistencia Mecánica	0,629
Índice de Calidad de suelo	**0,577**

De 0-5cm de profundidad (Figura 2), predominan los valores de clase 3 correspondientes a una moderada Calidad de Suelos (Cantú *et al.*, 2007).

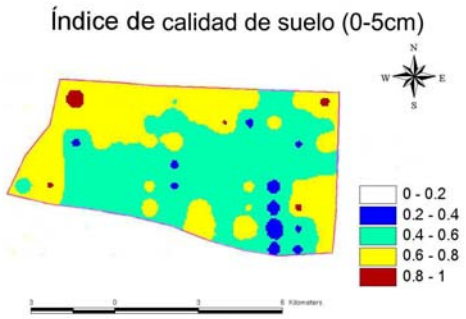


Figura 2. Índice de Calidad de Suelo de 0-5cm de profundidad. Unidad Planicie Eólica.

En la Tabla 3 el indicador CO es el que mayor disminución presenta (82%) respecto de los suelos de referencia (Parra 2011) y un 7% en relación a la anterior profundidad. El indicador pH experimenta una disminución de un 49% y un 13% con respecto a sus primeros centímetros.

Tabla 3. Indicador e Índice de Calidad del Suelo de 5-10cm de profundidad.

INDICADOR	**Valor del Indicador**
Carbono Orgánico	0,183
pH	0,511
Densidad Aparente	0,654
Resistencia Mecánica	0,535
Índice de Calidad de suelo	**0,471**

La DA es el que menos descenso presenta, aunque es una disminución considerable de calidad de un 35% respecto al suelo de referencia y un 12% de acuerdo a los primeros centímetros. La RM experimenta una reducción de un 47% y un 10% en relación a 0-5cm de profundidad.

El Índice de Calidad de Suelo de 5-10cm (Figura 3), presenta un amplio dominio del Índice de Calidad de Suelo moderado, seguido en menor proporción por el Índice de baja Calidad, coincidente con los primeros centímetros de profundidad, aunque con una zona más amplia. En el área central se localiza un solo punto de muy baja Calidad, que corresponde a un sitio con inadecuado uso y manejo (Parra 2011). El Índice de alta Calidad sólo se observa en zonas puntuales y el Índice de muy alta Calidad de Suelo está ausente.

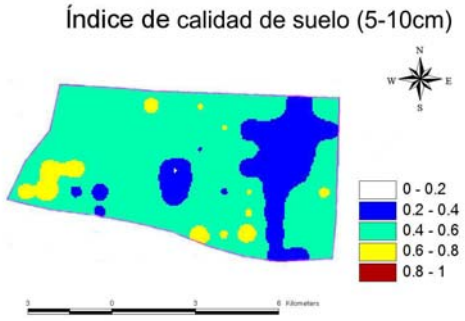


Figura 3. Índice de Calidad de Suelo de 5-10 cm de profundidad. Unidad Planicie Eólica.

En la Tabla 4 se observa que el indicador CO, muestra una reducción de un 81% respecto del CO presente en los suelos de referencia, aunque experimenta un aumento de un 1% en relación a la anterior profundidad y una disminución del 6% respecto a los primeros centímetros. El indicador de pH presenta una disminución de un 65% en relación al suelo de referencia (Parra 2011), un 17% de descenso en relación a la profundidad de 5-10 cm y un 30% respecto de los primeros centímetros. El indicador DA muestra un descenso de un 37%, de un 2% respecto a la profundidad de 5-10 cm y un 14% de disminución en relación a la profundidad de 0-5 cm. En tanto que el indicador RM experimenta la misma tendencia que en la profundidad de 5-10cm lo que indicaría que este no presenta gran variación por debajo del horizonte superficial.

Tabla 4. Indicador e Índice de Calidad del Suelo de 10-15cm de profundidad.

INDICADOR	**Valor del Indicador**
Carbono Orgánico	0,191
pH	0,346
Densidad Aparente	0,630
Resistencia Mecánica	0,529
Índice de Calidad de suelo	**0,424**

En la Figura 4 se presenta el Índice de Calidad de Suelo de 10-15cm de profundidad donde continúa el predominio de un índice moderado de Calidad de Suelo. Sin embargo, el área de baja Calidad aumenta en relación a la profundidad de 5-10cm. Se observan escasos valores de alta Calidad, y la muy baja Calidad de Suelo se mantiene en la zona central del área de estudio.

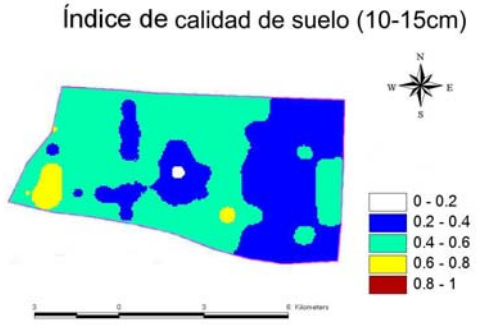


Figura 4. Índice de Calidad de Suelo de 10-15 cm de profundidad. Unidad Planicie Eólica.

CONCLUSIONES

La determinación de las propiedades del suelo mediante un set mínimo de indicadores del estado del recurso suelo expresado como un índice y analizado mediante un sistema de información geográfico permitió la evaluación de la variabilidad espacial de la degradación de suelos del Centro-sur de la Provincia de Córdoba.

El índice de calidad de suelos para las diferentes profundidades permitió establecer que el área estudiada presenta un grado moderado de degradación de suelo. El índice de calidad de suelos analizado espacialmente indicó una alta variación espacial, desde muy alta a muy baja degradación de suelos, en las diferentes profundidades.

El presente estudio provee una herramienta sencilla con rigor científico que permite obtener una visión clara respecto del estado del suelo como así también, la variabilidad espacial de la degradación del suelo en un área muy importante del centro-sur de Córdoba. Los resultados obtenidos mediante este estudio son imprescindibles a ser considerados por los agentes públicos o privados, vinculados con la gestión y planificación del uso de los recursos naturales y los agroecosistemas, ya que le permitirían incorporar aspectos científicos a decisiones puntuales para la conservación y protección del recurso suelo.

BIBLIOGRAFÍA

Acton D.F., Padbury G.A. 1993. A conceptual framework for soil quality assessment and monitoring. In "A program to Assess and Monitor Soil Quality in Canada: Soil Quality Evaluation Program Summary (Interim)" (D.F. Acton, Ed.), pp. 2-1-2-7. Centre for Land and Biological Resources Res. Contr. N293-49, Research, Agriculture, Canada, Ottawa.

Andriulo A., Rosell R. 1988. Propiedades físicas edáficas en dos sistemas de labranza. Turrialba, 38(4):365-375.

Arolfo R., Bedano J., Becker A.R. 2009. Ácaros Oribátidos (Acari: Oribatida) en suelos naturales y bajo SD en la cuenca de Gral. Deheza, Córdoba. I Cong. Nac. Ecología y Biología de Suelos. UNGS. Arg. CD 2pp.

Arolfo R., Bedano J.C., Becker A.R. 2010. Efectos del cultivo de soja transgénica en siembra directa sobre la taxocenosis de ácaros edáficos en Haplustoles del centro de Córdoba. Ciencia del Suelo 28:191-200.

Arshad M.A., Martin S. 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators en agro-ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 88, 153-160.

Barbosa O.A., Taboada M.A., Rodríguez M.B., Cosentino D.J. 1997. Regeneración de la estructura en diferentes fases de degradación de un suelo franco limoso de la pampa ondulada (Arg.). Ciencia del Suelo, 15:81-86.

Becker A.R., Cantú M.P., Schiavo H.F., Ossana J.L. 2001. Evaluación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la región pedemontana del Suroeste de Córdoba, Argentina. XV Cong. Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. CD (VII-41). 4 páginas.

Becker A.R. 2006. Evaluación del proceso de Degradación de Suelos por erosión Hídrica en una subcuenca representativa del Suroeste Suroeste de la Provincia de Córdoba, Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Río Cuarto. 800 páginas.

Becker A., Bedano J., Boschetti N., Parra B., Cantú M., Quintero C. 2009. Impacto ambiental en agroecosistemas de Argentina. II Simposio de Ecología, Sociedad y Medio Ambiente, ECOVIDA. Cuba. CD 10 pp.

Becker A.R., Díaz E., Cantú M.P. 2010. Predicción del escurrimiento y erosión en agroecosistemas del suroeste de Córdoba. I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. Argentina. CD 5 pp.

Becker A.R., Boschetti N., Parra B., Quintero C., Bedano J., Cantú M.P. 2010. Cuantificación del fósforo en sedimentos producidos por erosión hídrica en diferentes manejos de siembra directa. XXII Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Rosario. Arg. CD 4pp.

Bedano J., Dominguez A., Arolfo R., Becker A.R., Parra B. 2008. Evaluación del efecto del sistema de siembra directa sobre la meso y macrofauna edáfica en Cba., Arg. II Cong. Uso y manejo de suelo. Univ. de La Coruña. Esp. CD 2pp.

Blake G.R., Hartge K.H. 1986. Bulk density. In: A. Klutr (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1. Agron. Monog 9. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, E.E.U.U. pp 363-375.

Blarasin M.T., Cantu M.P., Degiovanni S.B., Becker A.R., Eric C.F. 1993. Estudio geoambiental de un área de llanura loésica con alta presión de uso agrícola, el caso de Gral. Deheza, Córdoba, Argentina. XII Congreso Geológico Argentino. Actas VI, 283-292 17 pags.

Blum W.E.H., Santelises A.A. 1994. A concept of sustainability and resilience based on soil functions. Pp. 535-542. In: DJ Greenland y I Szboles (ed.). Soil Resilience and Sustainable Land use CAB Int., Wallingford, Oxon, UK.

Bouma J. 1989. Using soil survey data for quantitative land evaluation. Adv. Soil. Sci., 9:177-213.

Brown L.F., Fisher W.L., Erxleben A.W., Mcgowen C.G. 1971. Resource capability units; their utility in land-and water-use management, with examples from the Texas coastal zone. Bureau of Economic Geology Circular No. 71-1. Univ. Of Texas, Austin. 22p.

Cabrera A.L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. Acme, Buenos Aires. 85 pp. (Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería; Tomo 2 fasc.1).

Cabrera F., Cholaky C., Becker A.R., Paz González A. 2009. Efecto del pastoreo sobre algunas propiedades físicas de un Hapludol de la región central de Argentina. III Cong. Uso y Manejo del Suelo. Univ. Lugo. España. CD 2pp.

Cabrera F.S., Becker A.R., Cantú M., Galantini J. 2010. Efecto de distintos sistema de labranza sobre las fracciones orgánicas en un Haplustol del centro–sur de la Provincia de Córdoba. XXII Congreso de la ciencia del suelo. Rosario. CD. 4pp.

Cabrera F.S.; Becker A.R.; Parra B., Bedano J. 2012. Stock de carbono orgánico en Haplustoles del centro-sur de Cba. XIX Cong. Latinoamericano y XXIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Mar del Plata. Argentina. CD 4pp.

Campbell C., Souster W. 1982. Loss of organic matter and potentially mineralizable nitrogen from Saskatchewan soils due to cropping. Can. J. Soil Sci. 62:651-656.

Cantú M.P., Degiovanni S. 1984. Geomorfología de la región centro sur de la provincia de Córdoba, Noveno Congreso Geológico Argentino. Asociación Geológica Argentina, Bariloche, Argentina, pp. 75-92.

Cantú M.P., Becker A.R., Schiavo H. 1998. La fragilidad natural del suelo y el uso del territorio como factores condicionantes del proceso de erosión en la región pampeana subhúmeda, Argentina. Proceedings 16 Cong. Mundial de la Ciencia del Suelo. CD Symposium 31.7 pág.

Cantú M.P., Becker A. 1999. El impacto del uso intensivo de la tierra en áreas templadas del centro de la República Argentina. I Conferencia Internacional Científica Medio Ambiente Siglo XXI. CD 7 páginas.

Cantú M.P., Becker A.R., Bedano J.C., Schiavo H.F. 2001a. Indicadores e Índices de degradación de suelos en la región central templada húmeda a subhúmeda de la República Argentina. XV Cong. Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. CD. 4 páginas.

Cantú M.P., Becker A.R., Bedano J., Schiavo H. 2001b. Sustentabilidad de la producción agrícola en la región templada subhúmeda de la provincia de Córdoba, Argentina. II Conferencia Internacional Científica Medio Ambiente Siglo XXI. CD 8 páginas.

Cantú M.P., Becker A.R., Bedano J., Musso T.B., Schiavo H. 2002. Evaluación de la calidad ambiental y calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. XVI Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 6 pág.

Cantú M.P., Becker A.R., Bedano J. 2003. Aplicación del modelo Presión, Estado y Respuesta para evaluar la calidad ambiental en la región central de Arg. III Conferencia Científica Internacional Medio Ambiente Siglo XXI. CD 8 pág.

Cantú M.P., Becker A.R., Bedano J.C., Musso T.B., Schiavo H. 2004. Indicadores e Índices cuantitativos de Calidad Ambiental y de Suelos para evaluar la Sustentabilidad de Agroecosistemas. XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 pág.

Cantú M.P., Díaz E., Del Río l., Bouza P., Buschiazzo D., Blarasín M.T., Becker A.R., Duarte O., Quintero C., Boschetti G., Osterrieth M., Cionci J., Del Valle H., Colazo J. 2006. Indicadores de sustentabilidad en sistemas agropecuarios de diferentes regiones de Argentina, Red REDESAR. XX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD 5 pág.

Cantú M.P., Becker A.R., Bedano J., Schiavo H. 2007. Evaluación de calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices, revista de la Asociación Arg. de la Ciencia del Suelo, vol. 25 (2), pag. 173-178.

Cantú M.P., Bedano J., Parra B., Becker A.R., Schiavo H. 2008. Selección de indicadores de suelos y establecimiento de pesos relativos mediante métodos estadísticos multivariados. XXI Cong. Arg. de la ciencia del Suelo. CD 6 pág.

Cendrero A., Diaz De Terán J.R. 1987. The environmental map system of the University of Cantabria, Spain. En: P. ARNDT and G. LÜTTIG, (Eds.). Mineral resources extraction, environmental protection and land-use planning in the industrial and developing countries.4.8, 149-181.E. Schweizerbart Verlag, Stuttgart.

Cendrero A., Francés E., Diaz de Terán J.R. 1992. Geoenvironmental units as a basis for assessment, regulation and management the earth's surface. In: Cendrero, A, Luttig, G. Y Wolf, F. C. (Eds.) Planning the use of the Earth's surface. Springer-Verlag, NY: 199-234.

Cendrero A., Fancés E., Latrubesse E.M., Prado R., Fabbri A., Panizza M., Cantú M.P., Hurtado M., Giménez J.E., Martinez O., Cabral M., Tecchi R.A., Hamity V., Ferman J.L., Quintana C., Ceccioni A., Recatala L., Bayer M., Aquino S. 2002. Projeto RELESA-ELANEM: Uma nova proposta metodológica de índices e indicadores para avaliaçao da qualidade ambiental. Revista Brasileira de Geomorfología, Ano 3, Nº1:33-47.

Chien Y.J., Lee D.Y., Guo H.Y., Houng K.H. 1997. Geostatistical analysis of soil properties of mid-west Taiwan soils. Soil Sci. 162, pp. 291–298.

Di Rienzo J.A. 2012. Modelos lineales mixtos: aplicaciones InfoStat. 1a. ed. Cba.Grupo Infostat. 193 pp.

Dominguez A., Arolfo, R.; Bedano, J., Becker A. 2009. Evaluación del efecto de la SD sobre la meso y macrofauna edáfica en Cba., Arg. I Cong. Nac. Ecología y Biología de Suelos. UNGS. CD 2pp.

Domínguez A., Bedano J., Becker A. 2011. Relevancia de la agricultura orgánica en el funcionamiento ecosistémico del suelo: una aproximación a través del estudio del proceso de descomposición de residuos vegetales. Actas II Cong. Nac. Ecología y Biología de Suelos. Argentina. 8 pp.

Doran J.W., Sarrantonio M., Liebig M.A. 1996. Soil Health and sustainability. Pp.1-54. In: LD Sparks (ed.). Advances in Agronomy, Vol 56. Academic Press Inc. San Diego CA.

Doran J.W., Parkin T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. In: J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek and B.A. Stewart (Editors), Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSSA Spec. Publ. 35 Madison, WI, pp.

Doran J., Parkin, T. 1996. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: J. Doran and A. Jones (Editors), Methods for Assessing Soil Quality.SSSA Special Publication No. 49. SSSA, Madison, WI, pp. 25-37.

Galantini J., Rosell R. 2006. Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampean soils. Soil Till. Res. 87:72-79.

Goovaerts P. 1999. Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. Geoderma 89:1–45.

Gregorich E.G., Carter M.R., Doran J.W., Pankhurst C.E., Dwyer L.M.1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter in agricultural soils. Can. J. Soil Sci. 74, 367-386.

Hamza M.A., Anderson W.K. 2005. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. Soil and Tillage Research, 82(2): 121-145.

Harris, R., Bezdicek D. 1994. Descriptive aspects of soil quality/health. In: J.Doran, D. Coleman, D. Bezdicek and B. Stewart. (Editors), Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Special Publication Number 5. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

INTA. 1991. Carta de suelos de la Rep. Arg. Hoja 3363-14 Gral. Cabrera. Plan Mapa de Suelos Cba.

Jackson M.L. 1970. Análisis Químico de Suelos. Ed. Omega, Barcelona. 662 pág.

Karlen D.L., Mausbach M.J., Doran J.W., Cline R.C., Harris R.F., Schuman G.E. 1996. Soil Quality; concept, rationale and Research Needs. Soil Science Society of America, Committee.

Lark R.M. 2002. Optimized spatial sampling of soil for estimation of the variogram by maximum likelihood. *Geoderma* 105, pp. 49–80.

Larson W. E., Pierce F.J. 1991. Conservation and enhancement of soil quality. In: J. Dumanski (Editor), Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World. Proceedings of the International Workshop, Chiang Rai, Thailand. Technical papers. Int. Board for Soil Res. and Management, Bangkok, Thailand, pp. 175- 203.

Larson W.E., Pierce F.J. 1994. The dynamics of Soil Quality as a measure of sustainable management. In: J.W. Doran; D. C. Coleman; D. F. Bezdicek and B. A. Stewart, Eds. Defining Soil Quality a sustainable environment. SSSA Special Publication N°35, pp 37-51. Wisconsin, USA.

Parodi L.R. 1964. "Las regiones fitogeograficas argentinas". En Parodi, L.R. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. 2da. Edición 2:1-14. Editorial ACME. Buenos Aires**.**

Parra B., Cantú M.P., Becker A.R., Bedano J. 2008. Indicadores de la calidad física de Haplustoles del centro de Córdoba (Arg.). II Congreso Uso y manejo de suelo (UMS 08). Universidad de La Coruña. CD 2pp.

Parra B., Becker A.R., Cantú M. 2009. Evaluación del efecto del uso y manejo del suelo sobre algunas propiedades de un Hapludol típico en Argentina. Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe. 34:179-190.

Parra B.; Becker A.R., Cantú M. 2010. Compactabilidad, carbono orgánico y densidad aparente bajo distintos sistemas de manejo agrícolas del centro sur de Córdoba.. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Rosario. Argentina. CD 4pp.

Parra B., 2011. Indicadores de degradación de Haplustoles del centro de Córdoba para evaluar la sustentabilidad de agroecosistemas. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto, 127 pág.

Parra B.; Becker A.R., Cantú M. 2012. Efecto de la intensidad de remoción sobre la distribución y contenido de CO y algunas propiedades físicas. XIX Cong. Latinoamericano y XXIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Arg. CD 4pp.
Quiroga A.R.; Buschiazzo D.E., Peinemann N. 1999. Soil compaction is related to management practices in the semi-arid Argentine pampas. Soil and Tillage Research, 52(1-2): 21-28.
Quiroga A., Funaro D. 2003. Indicadores de calidad de suelos. Homepage: http://www.aacrea.org.ar/soft/nro275.htm#notatapa.
Quiroga A. & D. Funaro 2004. Materia orgánica, factores que condicionan su utilización como indicador de la calidad en molisoles de las regiones semiárida y subhúmeda pampeana. In XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. CD 10pp.
Quiroga A., Fernández R., Riestra D., Noellemeyer E., Peinemann N. 2008. Influencia del manejo sobre la distribución del tamaño y estabilidad de agregados en suelos influenciados por variaciones en la granulometría y contenidos de materia orgánica. XXI Cong. Arg. Ciencia del Suelo CD 6pp.
Ronco J., Becker A. R., Boschetti N., Schiavo H., Befani R. y M. Cooper. 2012. Evaluación de erosión hídrica en agroecosistemas de la cuenca de General Deheza, Cba. XIX Cong. Latinoamericano y XXIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Mar del Plata. Argentina. CD 4pp.
Sa, J. C. M. 2002. Rastrojo: el alimento del suelo. Acta X Cong. Nac. AAPRESID. CD. 6 páginas.
Sasal M. C., Andriulo A. E.,Taboada M. 2004. Orientación de poros en Argiudoles bajo siembra directa continua. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 pág**.**
Soane B.D., Van Ouwerkerk K. (ed). 1994. Soil compaction in crop production. Elsevier, Amsterdam.
Soil Survey Staff. 1993. Soil Survey Manual. Handbook 18. USDA. Washington. DC. 437 pp.
Soil Survey Staff. 2010. Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. USDA, Washington. 338pp.
Uberto M.E., Cisneros J.M., Vignolo C., Cholaky C. 2002. Sistemas de labranza en Haplustoles énticos del área manisera de Córdoba (Arg.): I. Efecto sobre las propiedades físicas., XIX Congr. Arg. Ciencia del Suelo. Asociación Argentin de la Ciencia del Suelo, pp. 6.
UNC. 2012. Infostat. Versión 1.9. Estadística y Biometría. FCA.
Warkentin B.P. 1996. Overview of soil quality indicators. Pp. 1-13. In: GM Cohen & HS Vanderpluym (eds.). Proc. Soil Quality Assessment for the Prairies, Agric. Canada, Edmonton.
Zhang X.Y., Cruse R.M., Sui Y.Y., Jhao Z. 2006. Soil compaction induced by small tractor traffic in northeast China. Soil Sci. Soc. Am. J., 70(2): 613-619.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se desarrolló en el marco de los proyectos de Investigación ANPCyT y UNRC.

DETERMINACIÓN DE PARCHES ECOLÓGICOS PARA IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES EN LA ZONA PERIURBANO VILLA MARÍA

Guzmán Leticia Ana[1], Becker Analía Rosa[2], Alejandra Amione[3], José Camilo Bedano[4], María Jimena Rodriguez[4], Marta Elena Rodriguez[3,5]

1. Becaria CONICET –Universidad Nacional de Villa María (UNVM).
2. Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC) – UNVM.
3. Universidad Nacional de Córdoba (UNC) – UNVM.
4. Investigador CONICET - Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC).
5. Universidad Nacional de Villa María (UNVM).
Arturo E. Jauretche 1555 Campus UNVM, Villa María, Tel. 54-353-4539103.
leticianaguzman@yahoo.com.ar; abecker@unvm.edu.ar; arq.amione@gmail.com;
jbedano@exa.unrc.edu.ar; jime_rz@hotmail.com; mrodrig@agro.unc.edu.ar.

RESUMEN

Los usos de suelo en las áreas periurbanas generan impactos que modifican las condiciones de vida tanto en la ciudad como en los espacios circundantes por las características intrínsecas del tipo, manejo, métodos o tecnologías de producción, desconocimiento de pautas naturales o por ausencia de estudios científicos que demuestren y avalen la capacidad y facilidad de vulnerabilidad del ecosistema. En la localidad de Villa María (Córdoba) por Ordenanza Municipal N°6402 se determinaron las diferentes áreas urbanas y periurbanas. Por ello el objetivo del presente trabajo es identificar los parches ecológicos en la región periurbana de Villa María (Córdoba) para determinar indicadores ambientales que permitan establecer posibles relaciones con las presiones derivadas de las actividades humanas. Se realizó un detallado relevamiento de gabinete y campo para determinar los diferentes usos del área periurbana. A partir de ello se determinaron siete principales parches en la zona periurbana.

Palabras claves: indicadores ambientales, zona periurbana, Villa María.

ABSTRACT

The land use in peri-urban areas generate impacts that change the living conditions both in the city and surrounding areas by the intrinsic characteristics of the type, handling, production methods or technologies , lack of natural patterns or lack of scientific studies demonstrating and substantiating the capabilities and ease of ecosystem vulnerability. In the town of Villa Maria (Córdoba) by Municipal Ordinance No. 6402 were determined different urban and suburban areas. Thus, the aim of this work is to identify ecological patches in peri-urban region of Villa Maria (Córdoba) to determine environmental indicators to establish possible relationships with pressures from human activities. We conducted a detailed survey of office and field to determine the different uses of the periurban area. From here we identified seven major patches in peri-urban.

Keywords: enviromental indicators, surrounding areas, Villa María.

INTRODUCCIÓN

El traslado y asentamiento conjunto de diversos usos de suelo productivos hacia zonas de borde, por demanda de espacio (Barsky, A.) origina la expansión sobre un dilatado entorno que desplaza las funciones rurales por nuevos usos dominantes. Son utilizados desconsiderando su capacidad de carga, potencialidad o características intrínsecas del soporte, con uso abusivo de los recursos naturales, que modifican y destruyen las características físico-espaciales, paisajísticas y ambientales. Estos nuevos ecosistemas modificados, se hallan en desequilibrio, tienen una limitada capacidad para mantener su buen funcionamiento y carecen de fundamentos científicos que fijen el grado de fragilidad del lugar. Capaces de entrar en conflicto por contradictorias e intensas demandas económicas, sociales y políticas dificultan su administración y gestión (Alzate Torres, 2010), porque en numerosos casos carecen de planificación de su estructura funcional, de forma y cualidades (Toro Vasco et al.) que requieren de criterios ambientales para enfocar y ordenar el desarrollo.

Las modificaciones ambientales pueden ser percibidas por la sociedad claramente o estar encubiertas por hechos que dejan ocultos sus impactos al corto plazo (*Guimarães, 1998).* El estilo de vida ha llevado a que los individuos desconozcan las fuentes de donde provienen los recursos que consumen diariamente (agua, energía, alimentos, etc.), llevando a un mayor desconocimiento del ambiente y el deterioro del mismo. Este proceso conduce a intentos de mitigación de problemáticas ambientales previsibles con anterioridad *(Duran, 1998)*. En relación a ello la Conferencia de las Naciones Unidades sobre el Ambiente y el Desarrollo - Río92 (UNCED) marcó un hito muy especial al establecer la necesidad de desarrollar y aplicar diferentes metodologías para determinar el estado del ambiente y monitorear los cambios ocurridos a nivel local, nacional, regional y global. La determinación de estos cambios podría ayudar a realizar una mejor evaluación de las dimensiones de los diferentes problemas ambientales, identificar y evaluar los resultados de aplicar las convenciones internacionales y los programas de acción, así como, las políticas nacionales.

A partir de Río 92 el desarrollo de diversas metodologías llevó a un uso generalizado de indicadores para la evaluación de la Calidad Ambiental, Sustentabilidad, Desarrollo Sustentable, Riesgo, Vulnerabilidad, Planificación Territorial, entre otros. El antecedente más importante surge de la Organisation for Economic Cooperation and Development (OCDE, 1991) cuando publica el set preliminar de indicadores ambientales y establece el modelo de Presión, Estado y Respuesta (modelo PSR) para evaluar y monitorear las condiciones del ambiente a nivel nacional, regional y mundial. Este modelo parte de una relación de causalidad donde se considera que las actividades humanas ejercen una presión sobre el ambiente, cambiando su calidad y la calidad de los recursos naturales (el estado). La información sobre estos cambios enriquece las instancias de toma de decisiones en la sociedad (Respuesta). Este modelo fue desarrollado posteriormente por varios usuarios de acuerdo a sus necesidades o requerimientos.

Mortensen (1997) presenta un modelo llamado: Fuerza Directriz, Estado, Impacto/Efecto y Respuesta para el Programa SCOPE dirigido a la evaluación del Desarrollo Sustentable. Winograd et al. (1998) desarrollaron el modelo de Presión, Estado, Impacto y Respuesta (PSIR model) a partir de la consideración de que las presiones afectan al estado del ambiente resultando en un número de impactos ambientales, mientras que los indicadores de respuesta para hacer un seguimiento de la efectividad de las políticas para remediar el impacto. Más complejo es el modelo desarrollado por Virtual Research and Development (Centre 2001) donde se establecen indicadores de Fuerza directriz o motriz (Driving Force), Presión, Estado, Impacto o Efecto y Respuesta (DPSIR model). En 1995 el Banco Mundial presenta una matriz de indicadores ambientales organizada en una doble entrada. Por un lado se mantiene el modelo PSR y por el otro se incorpora un modelo de clasificación que contempla las funciones del ambiente, los recursos naturales y los riesgos: Fuente de Recursos, Sumidero de Residuos, Soporte de Actividades y Proveedor de Servicios y el Bienestar Humano.

En 1999 mediante un proyecto de Cooperación Internacional de la Unión Europea (ELANEM - Quantitative indicators and indices of environmental quality; a Euro Latin American Network for Environmental Assessment and Monitoring - ERBICI18CT980290) entre las que participaron universidades argentinas (Río Cuarto, La Plata y Jujuy) se desarrolló y aplicó en distintas regiones y ambientes de Europa y Latino América un núcleo central mínimo de Indicadores de Calidad

Ambiental y se desarrolló un Índice de Calidad Ambiental mediante la agregación de los indicadores en índices parciales, a distintos niveles de agregación aplicando el modelo PSR, Presión Estado y Respuesta (Cendrero et al. 2001), desde dos perspectivas una ecocéntrica (Índice de Naturalidad) y otra antropocéntrica (Índices de Fuente de Recursos, de Sumidero de Residuos y de Soporte de Usos Constructivos). A través de este proyecto se obtuvieron índices de Presión, Estado y Respuesta para las función de Fuente de Recursos y Sumidero de Efluentes del Recurso Suelo descartándose los de Naturalidad y Soporte (Cantú et al., 2000, Cantú et al., 2001). Por ello se considera importante identificar los parches ecológicos para determinar indicadores ambientales que permitan establecer posibles relaciones con las presiones derivadas de las actividades humanas en la región periurbana de Villa María (Córdoba).

MATERIALES Y METODOLOGÍA

La ciudad de Villa María está ubicada al Sureste de la Provincia de Córdoba y pertenece a la Ecorregión Pampeana. Esta se caracteriza por presentar un clima templado subhúmedo con una precipitación anual de 780 mm. Las temperaturas medias estivales de 24 ºC e invernales de 9,6ºC con una amplitud de 14ºC. Se observan variaciones estacionales con períodos de deficiencia prácticamente todo el año excepto en marzo, abril y mayo característico de un clima monzónico. La región se caracteriza por presentar un relieve suave desarrollado por depósitos cuaternarios de tipo loéssicos en donde dominan suelos del orden molisoles (INTA 2001). El uso de la tierra es dominantemente agro-ganadera con un importante crecimiento de industrias agropecuarias en la zona y un crecimiento de población del 9,96% en términos intercensales (Delgado, 2013). La modificación de la estructura ecológica, el uso de suelo y del agua han ido variando con el tiempo, generando una mayor presión en el sistema.

A partir de la Coordinación de Ordenamiento Urbano y la Ordenanza Municipal N°6402 del Municipio de Villa María (Córdoba) se identificaron diferentes zonas del área periurbana. Posteriormente se efectuó un detallado relevamiento bibliográfico, fotográfico y de campo para la caracterización de la zona periurbana. Se definieron parches ecológicos según la predominancia del tipo de uso de suelo. A partir de los parches se definieron preliminarmente algunos indicadores del área periurbana.

RESULTADOS Y DISCUSION

A partir de la Ordenanza Municipal N°6402 de la ciudad de Villa María (Córdoba) se identificaron las zonas que pertenecerían al área periurbana de la misma (Tabla 1).

Tabla 1: Según lo establecido en la Ordenanza N°6402, Municipalidad de Villa María (Córdoba).

DESIGNACIÓN	CARÁCTER URBANÍSTICO
ZONA SUBURBANA **ZSU**	ZONA SUBURBANA: Se propicia la actividad residencial productiva (Quintas, huertas), barrios privados y emprendimientos varios relacionados con la actividad residencial, el turismo, la recreación, el comercio de escala regional y servicios, varios de escala sectorial, urbana y regional.
ZONA ESPECIALES **ZE**	ZONA ESPECIALES: Áreas que presentan características paisajísticas y /o ambientales dignas de ser tenidas en cuenta ante un proceso de urbanización. Áreas con características urbanas de sitio-situación dignas de ser potenciadas.
ZONA INDUSTRIAL NORTE **ZIN**	RUTA NAC. N°9 HACIA CBA: Actividad industrial y similares que producen molestias importantes al entorno, no admitiéndose el asentamiento de actividad residencial (Ord. N°4158).
ZONA INDUSTRIAL SUR I **ZIS 1**	ZONA BARRIO INDUSTRIAL: - Actividad industrial y similares que producen molestias "controlables" al entorno, no admitiéndose el asentamiento de actividad residencial (Ord. N°4158).
ZONA INDUSTRIAL SUR II **ZIS 2**	RUTA NAC. N°9 HACIA BS AS: Actividades industriales y similares que producen molestias importantes al entorno, no admitiéndose el asentamiento de actividad residencial (Ord. N°4158).

De acuerdo a la ordenanza y considerando las designaciones estas zonas serían las únicas que cumplen con las características definidas como zona periurbana (Figura 1) donde se ha destacado solamente en las referencias las de interés para el trabajo.

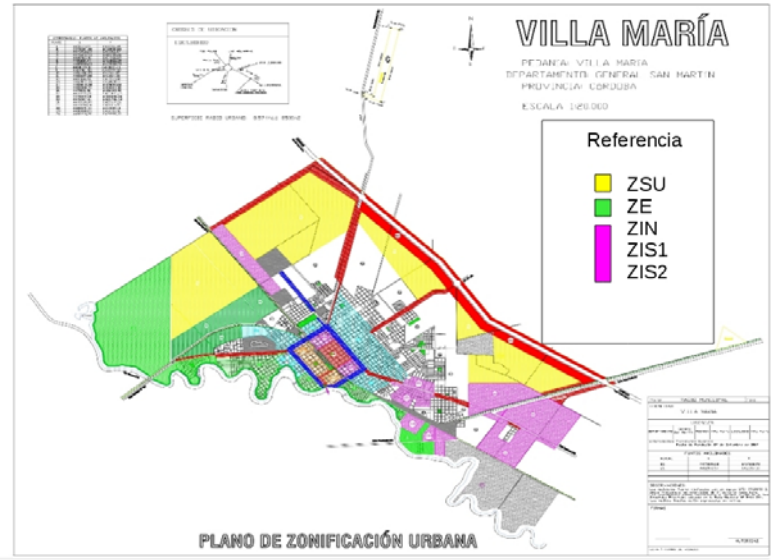


Figura 1. Plano de zonificación urbana Ord. N°6402, Municipalidad de Villa María (Córdoba).

El relevamiento a campo por los caminos principales de acceso al área periurbana (Figura 2) permitió la definir las unidades de parches ecológicos a fin de subdividir las grandes zonas delimitadas por ordenanza y determinar indicadores para cada unidad.

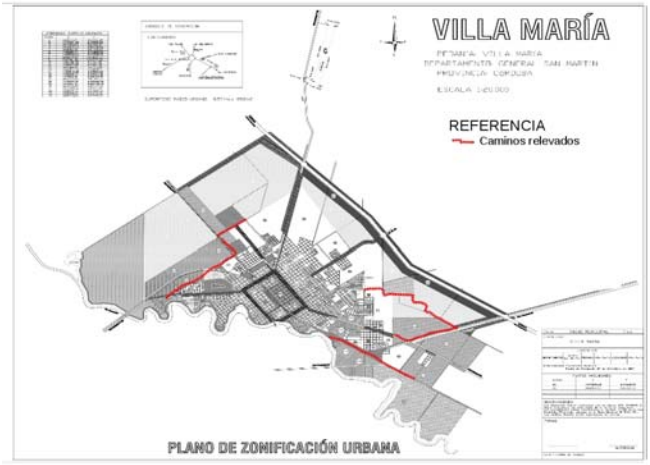


Figura 2. Relevamiento de los caminos principales del área periurbana de Villa María (Córdoba).

Se identificaron hasta el momento siete parches ecológicos como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2: Parches ecológicos del área periurbana de Villa María, Córdoba.

PARCHE TIPO (PT)	PARCHE ECOLÓGICO	CARACTERISTICAS
PT1	De uso agrícola exclusivo	Suelos con uso agrícola con predominancia de cultivos de producción.
PT2	De uso agrícola mixto	Suelos con uso agrícola con rotación de cultivos estacionales.
PT3	De uso agrícola y ganadero	Suelos con uso agrícola con ingreso de animales (vacunos)
PT4	De uso Industrial	Suelos con instalaciones industriales mixtas.
PT5	De uso extractivo	Suelos con extracción de suelo para producción de ladrillos
PT6	De uso agropecuario	Suelos para cría intensiva de animales (pollos y conejos).
PT7	De uso productivo hortícola	Suelos para producción hortícola y en invernáculos.

En los parches identificados hasta el momento se pudieron predeterminar los indicadores ambientales de ESTADO que se observan en la Tabla 3.

Tabla 3: Parches ecológicos del área periurbana de Villa María y los indicadores ambientales de estado.

PARCHE TIPO (PT)	PARCHE ECOLÓGICO	INDICADORES AMBIENTALES DE ESTADO
PT1	De uso agrícola exclusivo	Materia orgánica y densidad aparente del suelo; diversidad y abundancia arbustos nativos y avifauna.
PT2	De uso agrícola mixto	Materia orgánica y densidad aparente del suelo; diversidad y abundancia arbustos nativos y avifauna.
PT3	De uso agrícola y ganadero	Materia orgánica y densidad aparente del suelo; biodiversidad y abundancia de arbustos nativos y avifauna.
PT4	De uso Industrial	Gases de efecto invernadero, material particulado.
PT5	De uso extractivo	Espesor del horizonte superficial del suelo; biodiversidad y abundancia de arbustos nativos y avifauna.
PT6	De uso agropecuario	DBO y DQO en agua, biodiversidad y abundancia de arbustos nativos y avifauna.
PT7	De uso productivo hortícola	DBO y DQO en agua, biodiversidad y abundancia de arbustos nativos y avifauna.

El espacio periurbano de la ciudad de Villa María, se plantea como un mosaico, posible de ser afectado por la superposición de actividades que generarían áreas de conflictos. Por lo cual la aplicación de Indicadores ambientales en el área permitirá determinar a futuro el ESTADO en el que se encuentra ambientalmente el área.

CONCLUSION

Con la información obtenida hasta el momento se podría establecer que la ordenación del territorio local y regional de la localidad de Villa María debe ser orientada en base a los Planes Estratégicos reglamentados a Nivel Nacional y Provincial para la región. La identificación de los parches ecológicos se encuentran distribuidos aleatoriamente según se fueron desarrollando los diferentes emprendimientos. La ordenanza municipal no contempla la escala de parches ecológicos, por lo cual la disparidad de emprendimientos sigue predominando.

La identificación de los parches ecológicos del área periurbana de Villa María y los indicadores preliminares ambientales posibilitaría caracterizar el estado de situación para la planificación del crecimiento y forma de evolución de las mismas.

La implementación de los indicadores en cada parche determinará la línea base ambiental de los mismos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con los recursos financieros del Proyecto "Manejo y gestión integral del efluente de una industria láctea en el departamento Gral. San Martín" financiado por la Universidad Nacional de Villa María (2012-2014).

BIBLIOGRAFÍA

-Abraham, M. E. 2006. Desertificación e indicadores: Posibilidades de medición integrada de fenómenos complejos. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona. X:214.

-Abraham, M. E., B.B. Gertjan. 2006. Indicadores de la Desertificación para America del Sur. Programa de Lucha contra la desertificación y mitigación de los efectos de la sequia en America del Sur. CONITE, IICA.

-Aguirre Royuela Á. 2001. Los sistemas de indicadores ambientales y su papel en la información e integración del medio ambiente. I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. España.

- Barsky, A. 2005. El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. Introducción al estado del debate, con referencias al caso de Buenos Aires. Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. IX: 194 (36), 1 de agosto de 2005. Tomado de http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-194-36.htm

-Benito, M., A. Masaguer, A. Moliner, R. De Antonio. 2005. Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability. Bioresouse Technology 30, 30-30.

-Blum WEH & A. A. Santelises. 1994. A concept of sustainability and resilience based on soil functions. In: Greenland DJ and Szboles I (Ed). Soil Resilience and Sustainable Land use. 535-542 CAB International, Wallingford, Oxon, UK.

-Brundtland, GH. 1989. Global change and our common future. Washington DC, B. Franklin Lecture.

-Cantú MP. 1992. Holoceno de la Provincia de Córdoba. En: Holoceno de la República Argentina. Tomo I. Ed. M Iriondo. Simposio Internacional sobre el Holoceno en América del Sur. 24 págs. Paraná. Argentina.

-Cantú, M., A. Becker, J.C., Bedano, T., Musso, H. F. Schiavo. 1999. Evaluación de la calidad ambiental y calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. MAS 21. CD 10 pp. Cuba.

-Cantú M.P., A.R., Becker, J.C. Bedano, H.F. Schiavo. 2001. Indicadores e Índices de degradación de suelos en la región central templada húmeda a subhúmeda de la República Argentina. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. CD. Trabajo VII-15, 4 págs.

-Cantú MP, Becker AR, Bedano JC y Schiavo HF. 2001. Sustentabilidad de la producción agrícola en la región templada subhúmeda de la provincia de Córdoba, Argentina. CD de la II Conferencia Internacional Científica Medio Ambiente Siglo XXI. 8 págs. Santa Clara, Cuba. CD-ROM 8 pp.

-Cantú MP, Becker AR, Bedano JC, Musso TB y Schiavo HF. 2004. Indicadores e índices cuantitativos de Calidad Ambiental y de Suelos para evaluar la sustentabilidad de Agroecosistemas. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. CD, 8 págs. Paraná.

-Cendrero A., J.R. Díaz De Terán. 1987. The environmental map system of the University of Cantabria, Spain. En: Arndt P and Lüttig G, (Eds.). Mineral resources extration, Environmental

protection and land-use planning in the industrial and developping Countries. 4.8, 149-181. E. Schweizerbart Verlag, Stuttgart.
-Cendrero A., E. Francés, J.R.Díaz de Terán 1992. Geoenvironmental units as a basis for assessment, regulation and management of the earth's surface. In: Cendrero A, Luttig G and Wolf FC (Eds.) Planning the use of the Earth's surface. Springer-Verlag, NY: 199-234.
- Cendrero, A, E. Francés, E.M. Latrubesse, R. Prado, A. Fabbri, M. Panizza, M.P. Cantú, M. Hurtado et al. 2002. Projeto RELESA-ELANEM: Uma nova proposta metodológica de índices e indicadores para avaliaçao da qualidade ambiental. Revista Brasileira de Geomorfología, Ano 3(1): 33-47.
- Cendrero A., E. Francés, J.L. Fernán, D. Fischer, J.L. del Río, M. Camino, A. López de Armentia, Hurtado, M. Cabral. 2002. Assessing and monitoring environmental quality in coastal areas; the ELANEM approach. Proceedings International Seminar on Sustainable Management in the Black Sea Coast. Mamaia, Rumania.
- Delgado G. 2013. Censo Nacional de Población, hogares y Viviendas 2010-INIDEC. Resultados definitivos de población para la provincia y el Dpto. General San Martín. Observatorio Integral de la Región. Instituto de Extensión (UNVM).
- Doran J.W. & T.B. Parkin. 1996. Quantitative indicators of soil Quality: a minimum data set. In: Methods for assessing Soil Quality, SSSA Special Publication N° 49, pp 25-37. Wisconsin, USA.
- Dumansky J and Pieri C. 1997. Application of the pressure-state-response framework for the land quality indicators (LQI) programme. In Land Quality indicators and their use in sustainable agriculture and rural development. FAO Land and Water Bulletin, 5. Rome.
- Doran J.W., M. Sarrantonio, M.A. Liebig. 1996. Soil Health and sustainability. In: Sparks LD (Ed). Advances in Agronomy, Vol. 56, pp1-54. Academic Press Inc. San Diego CA.
-Durán D. 1998. La Argentina Ambiental. Naturaleza y Sociedad. Edit. Lugar Editorial. Bs As. Argentina.
-Edmunds W. 1996. Indicators in the groundwater environment of rapid environmental change. En Geoindicators, assessing rapid environmental changes in earth systems. 135-150.
-Gallardo, C.S. 2005. Bases técnicas para la elección de los sustratos: Problemas y soluciones más comunes. Resumen de disertaciones: Seminario Internacional "Preparación y manejo de sustratos en plantas ornamentales y florales."
-Gallopin G. 1997. Indicators and their use information for decision making. Part 1 Introduction. En: Sustainability indicators, eds. B. Moldan and S. Billharz. Wiley, Chichester-N. York.
-Gallopín, G.C. 2005. Medio Ambiente, Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible. Presentación Curso-Taller: Indicadores de Desarrollo Sostenible a nivel Provincial. CEPAL. Argentina.
-Guimarães, R.P. 1998. Aterrizando una cometa: Indicadores territoriales de Sustentabilidad. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social, Documento 18/98. Chile.
-Goudie A. 1990. The human impact on the natural environment. 3ra edition. Oxford.
- Hammond A, A, Adriaanase, E. Rodenburg, D. Bryant, R. Woodward. 1995. Environmental Indicators. A systematic approach to measuring and reporting on Environmental policy in the contex of sustainable development. World Resources Institute, Washington, DC USA.
- Groppo, P., P. Toselli. 1997. Desde la ciudad al territorio: La nueva problemática periurbana. SDdimensios. Departamento de Desarrollo Sostenible (SD) de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Extraído del boletín Reforma Agraria, Colonización y Cooperativas, 1997/2. Tomado de http://www.fao.org/sd/SPdirect/w6728t03.htm.
-Hooke J.M. 1995. Processes of channel planform changes on meandering channels in the UK. In. Changing river channels. Ed. Gurnell, A. and G. Petts, Wiley.
- Lattes, A. 1995. Urbanización, Crecimiento Urbano y Migraciones en América Latina. Centro de Estudios de Población, (CENEP), Buenos Aires, Argentina y CEPAL. Disponible en: http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/1/34411/LCG.164_p7.
-Mortensen L.F. 1997. The driving force-state-response framework used by the CSD. In:Sustainability indicators, Eds: B. Moldan, S. Billharz. Wiley, Chichester-N. York: 47-53.
-OCDE. 1991. Environmental Indicators: A preliminary Set, OECD: Paris, France.
-OCDE. 1993. Core set of indicators for environmental performance reviews. OECD: Paris, France.
-OCDE 1994. Environmental Indicators. OECD Core Set. OECD: Paris, France.

-OCDE. 1995 Using the Pressure, State and Response to develop. OECD: Paris, France.
-Osterkamp W., S. Schumm. 1996. Geoindicators for the river and river valley monitoring. In: Geoindicators Assessing rapid environmental changes in earth systems. Ed: Berger A and Iams I.
-Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2006. Indicadores. PNUMA, SAyDS. Argentina.
-Santarelli de Serer, S., M. Campos. 2002. Corrientes epistemológicas, Metodológicas y prácticas en geografía. Depto. Economía, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- Santos, M. 2000. La Naturaleza del Espacio. Técnica y Tiempo. Razón y Emoción. Ed. Ariel S.A. Barcelona. España.
-Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGyP) y el Consejo Federal Agropecuario (CFA) en Alerta Amarilla. 1995. El deterioro de las tierras en la Rep. Argentina.
-Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS). 2006. Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible República Argentina. Jefatura de Gabinete de Ministros. Argentina.
-Segnestam L. 1995. Environmental performance Indicators: A second Edition Notes. Environmental Report N 71. The World Bank. Washington . DC. USA.
-Segnestam L. 2002. Indicators of Environmental and Sustainable Development. Theories and Practical Experience, Environmental Economic Series, Paper Nº 89, 61 pp. Worl Bank, Washington DC.
-Singer M.J., B.P. Warkentin. 1995. Soil in an environmental context. 18th Int. Cong. Soil Sci., Acapulco, México.
-Thorne C., R. Hey, M. Newson. 1997. Applied fluvial Geomorphology river. Eng. And Management. Wiley.
- Toro Vasco, C., V. Velasco Bernal, A. Niño Soto. 2005. El Borde como espacio articulador de la ciudad actual y su entorno. Revista Ingenierías Universidad de Medellín. 4(7): 55-65.
-Warketin B.P. 1996. Overview of soil quality indicators. In: Proc. Soil Quality Assessment for the Praires, Cohen G.M., H.S. Vanderpluym (Eds.) Agric. Canada, Edmonton. Pp. 1-13.
-Walsh, J.R. 2000. Ambiente derecho y sustentabilidad. Ed. La Ley. Bs. As. Argentina.
http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Suelos/MetodosquimicosSuelos.htm.
http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/informacion-ambiental-indicadores-ambientales/banco-publico-de-indicadores-ambientales-bpia-/.
-Winograd M., M. Aguilar, A. Farrow, L. Segnestam. 2000. Conceptual Framework for the Development and Use of Water Indicators. The World Bank: Washington, DC.
-World Bank. 1995. Monitoring environmental progress: a report of work in progress. Environment Department, Washington D.C.

Tema 2: Sociedad y Ambiente - Contaminación y Remediación

- (RE) PENSANDO LAS CONEXIONES ENTRE LA LITERATURA Y LA ECOLOGÍA
- DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUB-SUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS
- TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS PARA EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA UTILIZANDO LA BIOMASA COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA
- EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO DEL EFLUENTE Y EL VOLUMEN DE FAENA EN UN FRIGORÍFICO DE PORCINOS
- TRATAMIENTO DEL AGUA DE LAVADO DE LA INDUSTRIA LÁCTEA MEDIANTE ÓSMOSIS INVERSA
- CUANTIFICACIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO COMO INSTRUMENTO PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL
- SINTESIS ELECTROQUÍMICA DE NANOALAMBRES MAGNÉTICOS PARA APLICACIONES EN REMEDIACIÓN AMBIENTAL
- EXPERIENCIA LOCAL SOBRE ECOCONCEPCIÓN. CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO EN LA SEGUNDA FERIA INTERNACIONAL Y OCTAVO CONGRESO REGIONAL DEL AMBIENTE
- INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA DEPURADA POR LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN PARA USO AGRÍCOLA-CATAMARCA
- FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON BIODIESEL
- OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS EXISTENTES DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES: TECNOLOGÍAS NO-TRADICIONALES QUE PERMITEN REUTILIZAR EL AGUA TRATADA DISMINUYENDO EL IMPACTO AMBIENTAL
- TRANSESTERIFICACIÓN DE ACEITE VEGETAL CON DIFERENTES TIEMPOS DE USO EN LA COCCION DE ALIMENTOS
- NUEVAS ESTRATEGIAS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL EN UN GRUPO INTERDISCIPLINAR UNIVERSITARIO DE LA CIUDAD DE VILLA MARÍA, CÓRDOBA, ARGENTINA

(RE) PENSANDO LAS CONEXIONES ENTRE LA LITERATURA Y LA ECOLOGÍA

Vanzetti, Mónica G.

Facultad de Lenguas – UNC
Ramiro Suárez 1159- Villa María
Tel: 0353-4524933 – E-mail: monivanzetti@gmail.com

Resumen

En el presente trabajo nos proponemos resaltar las conexiones entre la literatura y la ecología y además presentar a la crítica literaria ecológica como un abordaje diferente de los textos literarios. En el enfoque ecocrítico, la conexión entre la literatura y la naturaleza representa la unión principal del hombre con su entorno natural. Muchos de los problemas ambientales que discuten o se interesan por estudiar los ecologistas tales como la deforestación, la contaminación ambiental, el no respeto por el mundo natural-animal, la explotación de los más humildes, la usurpación a tierras vírgenes, y el alejamiento paulatino del hombre de la madre naturaleza, han sido temas que han preocupado y han estado de una manera u otra presentes en los textos literarios.

Palabras claves: literatura, ecología, ecocritíca.

Abstract

In this paper we propose to highlight the connections between the literature and the ecology and present the ecological literary criticism as a different approach to analyze the literary texts. In the ecocrític approach, the connections between literature and nature is the main relationship between man and his natural environment. Many of the environmental problems discussed by the environmentalists such as deforestation, pollution, lack of respect for the natural-animal world, the exploitation of the most humble, the usurpation of vast and virgin land, and the distance between the man and the nature, have been issues that have always concerned and have been in one way or another present in different literary texts.

Keywords: literature, ecology, ecocriticism.

La importancia y el valor que se le otorga a la ecología han surgido como consecuencia del aumento de la contaminación ambiental, del agotamiento, el mal uso y la destrucción progresiva de numerosos recursos naturales y de la extinción de diferentes especies de animales y vegetales. No se puede negar

que cualquier accionar incorrecto o la mala decisión adoptada por parte del hombre sobre la naturaleza generan un cambio ecológico; por esa razón, la ecología busca asegurar el mantenimiento, el buen uso e incluso el mejoramiento de las condiciones bióticas de nuestro planeta. Y de esto da cuenta la literatura, lo que permite que diferentes críticos sostengan que el primer discurso ecologista ha sido la poesía, pues ha formulado antes que ningún otro género la necesidad inmediata de transformar, mejorar, y armonizar la relación del hombre con el medio ambiente. Con el convencimiento de que a través de la literatura el hombre puede detenerse a reflexionar, a respetar el orden natural del planeta y, por ende, a reencontrarse con la madre tierra, se propone el abordaje de los textos literarios desde una perspectiva diferente, la crítica literaria ecológica[1].

Cabe consignar que, desde hace un tiempo, en el ámbito académico, el uso de conceptos provenientes de la ecología y aplicados a los textos literarios, sumado al compromiso de estimular en los lectores una conciencia ambiental y promover prácticas ecológicas a través de la lectura y análisis de diferentes creaciones culturales, está teniendo cada vez más resonancia. Cheryl Glotfelty referente de los estudios ecocríticos, los cuales surgen en el seno de la crítica anglosajona como un desprendimiento de los estudios culturales de los años 60, en la "Introducción" a *The Ecocriticism Reader. Landmarks in Literary Ecology* (1996) aspira a que el desarrollo de la ecocrítica en los círculos académicos inspire a los pensadores, humanistas, científicos, políticos y literatos a promover en los ciudadanos una actitud más ecologista que repercuta en el cuidado del medio ambiente y a reflexionar críticamente sobre la mirada "antropocéntrica" que el hombre desde hace mucho tiempo ha sostenido y aceptado y proponer otra mirada, la "ecocéntrica", en donde se defiende y protege la vida de todos los seres que conviven con el hombre en la tierra. Como estudio literario y cultural, la perspectiva ecocrítica intenta borrar las divisiones entre lo humano y lo natural-animal y emplea para su desarrollo múltiples métodos y disciplinas, y es esto justamente lo que hace que esta perspectiva sea tan interesante al momento de abordar de los textos: "La ecocrítica proporciona una manera constructiva de entablar una conexión entre la naturaleza y la literatura con el fin de criticar lo destructivo, lo poco ético y lo instrumentalista y ayuda a celebrar y promover lo constructivo, la ética medioambiental y lo ecológico. (Murphy, 13)

Como consecuencia del malestar que aqueja a la sociedad actual, han surgido diferentes movimientos ecologistas, pero también es cierto que, antes de que surjan y se hagan mundialmente conocidas las distintas asociaciones que protegen al mundo animal y natural, es posible encontrar autores que ya manifestaban su desvelo por el deterioro del medio ambiente, por el excesivo control y dominio del hombre hacia su entorno o por la usurpación a tierras vírgenes. Se considera pertinente destacar en este itinerario de lectura en el que se quiere mostrar los cruces que siempre existieron entre la literatura y la

[1] Este artículo es el resultado de un proceso de investigación enmarcado en el contexto de la elaboración del trabajo final de la Maestría en Culturas y Literaturas Comparadas de la Facultad de Lenguas, UNC "Aproximación ecocrítica a la cuentística de Horacio Quiroga" dirigido por la Dra. Cristina Dalmagro. Dado su carácter interdisciplinario y a la mirada innovadora que presentan los estudios ecocríticos, el trabajo final de maestría se propone ahondar en la relación que el hombre mantiene con el mundo natural-animal misionero desde los lineamientos de la crítica ecológica. La tesis de maestría fue aprobada en junio 2013.

ecología que ya desde finales del siglo XIX y comienzos del XX el filósofo y poeta trascendentalista Henry David Thoreau[2] (1817-1862), el naturalista y explorador John Muir[3] (1834-1914) o la bióloga Rachel Carson[4] (1907-1964),

reflexionan sobre los procesos de modernización y sus consecuencias adoptando diferentes posturas éticas que repercutirán en varios filósofos, escritores o ecologistas de la actualidad. Por otra parte, Aldo Leopold, en su obra *Una ética de la tierra* ([1949] 2000), es quizás el primer ecologista y ambientalista de los Estados Unidos en llamar la atención sobre la necesidad de replantear la ética a partir de la crisis ambiental, por lo que denomina a su posición "ética de la tierra" y a través de ella reflexiona sobre la ética occidental, al estar exclusivamente enfocada en el ser humano y no en la relación del hombre con la tierra, con los animales y con las plantas que crecen sobre ella. Todos estos antecedentes impactan en la "mirada verde" que adopta el filósofo noruego Arne Naess[5] (1972) cuando propone las bases de dos formas opuestas del pensamiento ecológico, la ecología "profunda" y la ecología "superficial", que ofrecen a su vez diferentes respuestas a la manera de evaluar la relación que el hombre mantiene con el medio ambiente. La ecología profunda propone revisar el estilo de vida de la sociedad moderna cosmopolita y postula también que los problemas ambientales requieren un análisis en términos culturales y científicos porque son el resultado de una interacción entre el conocimiento ecológico de la naturaleza y su inflexión cultural. La visión ecocéntrica-profunda afirma, entonces, que el individuo y el

---

[2] A este escritor, poeta y filósofo trascendentalista de origen puritano se lo considera pionero de la ecología y de la ética ambientalista. Es considerado por varios críticos y estudiosos del medio ambiente como el primer ecologista y sus escritos han sido de gran interés y consideración por autores, filósofos y personalidades posteriores, como ser Mahatma Gandhi o Martin Luther King. Su obra mantiene todavía una fuerte presencia en los movimientos en defensa de los derechos civiles, el pacifismo y el medio ambiente.

[3] Este naturalista fue muy prolífico en su producción narrativa, y en la mayoría de sus escritos narra y describe todos sus viajes y exploraciones. A través de sus publicaciones, levanta su voz para exponer y defender su filosofía sobre la naturaleza, la vida salvaje y la preservación de los grandes espacios, consiguiendo un notable impacto en la sociedad de su época. En 1871 tiene su primer encuentro con Ralph Waldo Emerson, en Yosemite, donde vive durante años.

[4] Al observar los devastadores efectos que los pesticidas, sobre todo el DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano), tenían sobre la vida silvestre, Rachel Carson publica su obra más influyente *Silent Spring* (*Primavera silenciosa)* en 1962. Este libro contribuye a que se profundicen aún más las bases del movimiento ecologista y se fomente la conciencia ambiental al exponer principalmente todos los peligros ecológicos derivados de la utilización de insecticidas, llegando a vaticinar incluso que estos productos acabarían con todos los pájaros del mundo. El DDT fue excluido de la lista de sustancias activas autorizadas para el uso en productos de protección de plantas en 1969. El 15 de septiembre de 2006 la Organización Mundial de la Salud (OMS) anunció que el insecticida volvería a ser parte de su programa para erradicar la malaria.

[5] Reconocido académico, líder-fundador del movimiento de Ecología Profunda y escalador profesional famoso por dirigir la primera expedición noruega al Himalaya. En calidad de profesor invitado dio clases y conferencias en diferentes partes del mundo y además ha recibido numerosas distinciones. A pesar de su activa participación en el ámbito educativo, sus contribuciones en distintos campos de la filosofía y su fuerte compromiso con la problemática sociopolítica, el nombre de Arne Naess adquiere relevancia internacional recién en los años 70 cuando conecta asuntos filosóficos con aspectos concretos de la problemática ecológica. Es así como introduce primero en Noruega, luego en Europa y por último en los Estados Unidos su nueva propuesta filosófica ecológica.

universo son una misma y sola unidad y que la vida no humana tiene un valor individual, más allá del uso que el ser humano pueda hacer de ellos.

La literatura no puede, no debe ni ha estado ajena ni desinteresada por los problemas ambientales y la situación alarmante en la que se encuentran cantidad de especies de plantas y animales, por lo que las preocupaciones ecológicas son temas de debate y estudio en el discurso de intelectuales, como así también en diferentes creaciones artísticas y literarias. La relación de las distintas sociedades con el orden natural ha estado de una manera u otra presente en los textos clásicos, e históricamente y por diferentes razones, el hombre ha enfrentado a la naturaleza. En el campo de la literatura hay muchos ejemplos de escritores y poetas sensibles al despertar de una preocupación y una actitud ecológica que problematiza, evidencia y en muchos casos denuncia abiertamente, a través de sus textos, la contaminación del medio ambiente, el alejamiento paulatino de los hombres y la naturaleza, el exterminio infundado de la flora y la fauna silvestre, los altos índices de deforestación, de maltrato infantil, de pobreza o la formación descontrolada de espacios urbanos ecológicamente insostenibles, por nombrar solo algunos de los peligros que padecen las sociedades actuales.

La mención de algunos nombres dentro del contexto latinoamericano nos permitirá contextualizar esta cuestión. En el ámbito del ensayo cabe mencionar al argentino Ernesto Sábato, al peruano José María Arguedas, al mexicano Octavio Paz y al uruguayo Eduardo Galeano; en el plano de la narrativa al uruguayo Horacio Quiroga y Marcos Sastre, a los cubanos José Martí y Alejo Carpentier, al venezolano Rómulo Gallegos, al colombiano José Eustasio Rivera, al guatemalteco Miguel Ángel Asturias, al brasilero Mario de Andrade, al paraguayo Augusto Roa Bastos, al mexicano Juan Rulfo, al colombiano Gabriel García Márquez, al peruano Mario Vargas Llosa, a la chilena Isabel Allende y a la nicaragüense Gioconda Belli, entre otros; desde la poesía a los nicaragüenses Ernesto Cardenal y Antonio Cuadra, al mexicano José Emilio Pacheco, a los chilenos Nicanor Parra, Gabriela Mistral y Pablo Neruda, a la uruguaya Juana de Ibarbourou y al peruano César Vallejo, entre otros.

En la actualidad, el mundo entero enfrenta una severa y una alarmante crisis socio ambiental, desencadenada en la mayoría de los casos por la irresponsabilidad, incapacidad y el egoísmo del ser humano, y también por el excesivo descontrol en pos del progreso y las ansias por obtener un poder económico. Somos conscientes de que las manifestaciones artísticas y culturales reflejan las diferentes y constantes crisis de los movimientos históricos en todas sus dimensiones, y como queremos destacar, la literatura se preocupa y se interesa por presentar y exponer estos cambios ya que no puede evadirse ni dejar de expresar los problemas -culturales-económicos-sociales-éticos-religiosos-, y en el caso que nos compete ecológicos, en los que está inmersa la sociedad actual.

Desde la década de los setenta se han venido organizando diferentes encuentros, sumado la elaboración de cantidad de manifiestos y documentos ecológicos que inauguran un camino orientado a la formación de una conciencia ecológica reorientada al debate de esta crisis desde otros ámbitos, y es aquí donde se abre el diálogo con otros saberes, como ser el ecocrítico, que no solo reúne y trabaja con un corpus que se centra en las representaciones de la naturaleza y en la relación del hombre con el medio ambiente, sino que

también intenta rescatar aquellos textos en los que se observa un posicionamiento y un comportamiento pro-ecológico. La educación ambiental, la ética animal y los estudios interdisciplinarios entre la ecología y las demás ciencias tienen un alcance cada vez mayor en diferentes centros académicos encargados de debatir y advertir los cambios más relevantes que se están produciendo en nuestro tiempo. En las últimas décadas, la repercusión de los problemas ambientales o ecológicos[6], hizo que se incrementara la demanda de información científica sobre este aspecto, y por ende se haya tenido que revisar el papel desempeñado por los ámbitos académicos. Estas problemáticas aparecen en el escenario político, social, científico y académico como una de las temáticas más preocupantes del fin de siglo.

Al focalizar su interés en la representación de las relaciones entre el hombre y la naturaleza en los textos literarios, la perspectiva ecocrítica contribuye a la toma de conciencia del malestar ecológico que el mundo está enfrentando en la actualidad y ayuda a proponer, a partir de la reflexión sobre estas situaciones en las obras literarias, la recuperación de ese "locus amoenus" que alguna vez ha existido en Latinoamérica. La exuberante naturaleza americana ha asombrado, deslumbrado y también atemorizado no solo a los distintos conquistadores que lentamente fueron llegando al Nuevo Mundo, sino también a distintos escritores que han plasmado sus impresiones a través de la literatura[7]. Así lo expresan Antonio Elio Brailovsky y Dina Foguelman (2009) en *Memoria Verde*. *Histórica Ecológica de la Argentina*:

> Esa misma naturaleza que había sido cuidadosamente administrada y preservada por las civilizaciones precolombinas aparece como hostil a los primeros conquistadores. Para los que salían de su pueblo y se iban a correr mundo, los ríos aparecían como demasiado caudalosos, las llanuras demasiado extensas, los animales extraños y todo en América tenía las proporciones de la desmesura. (36)

Ahora bien, si nos detenemos a reflexionar sobre la ecología en la Argentina, podemos observar una diversidad de perspectivas que tienen que ver con ideas diferentes sobre la relación hombre-naturaleza. Estas van desde Juan Bautista Alberdi (1810-1884), que considera a la naturaleza como disponibilidad de recursos, hasta Domingo Faustino Sarmiento (1811-1888) para quien la naturaleza es un condicionante social y político. Por otra parte, el escritor y periodista argentino Alberto Gerchunoff (1883-1950) concibe a la naturaleza como el encuentro con la Tierra Prometida, en tanto el también

---

[6] La diferencia entre el ecologismo y medioambientalismo radica en que el primero intenta poner en tela de juicio, de forma radical, toda una serie de prácticas políticas, económicas y sociales; en cambio, el medioambientalismo tiene otra postura. Aboga por una aproximación administrativa a los problemas ambientales, convencido de que pueden ser resueltos sin cambios fundamentales en los actuales valores o modelos de producción y consumo, mientras que el ecologismo mantiene que una existencia sustentable y satisfactoria presupone cambios radicales en nuestra relación con el mundo natural no humano y en nuestra forma de vida social y política.

[7] Ver las diferentes crónicas de los conquistadores, el poema épico *La Araucana* de Alonso de Ercilla y Zuñiga, *la Carta del bachiller Bernardo de Balbuena a la señora doña Isabel de Tobar y Guzmán* de Bernardo Balbuena, el poema *Alocución a la poesía* de Andrés Bello, el poema *En el Teocalli de Cholula* de José María Heredia, *Facundo. Civilización y Barbarie* de Domingo F. Sarmiento, *Cuentos de la selva para niños* de Horacio Quiroga, *Ariel* de José Enrique Rodó, *Doña Bárbara* de Rómulo Gallegos, *Don Segundo Sombra* de Ricardo Güiraldes, *La Vorágine* de José Eustasio Rivera, entre muchos otros.

escritor y crítico literario argentino Ezequiel Martínez Estrada (1895-1964) la entiende como determinante de nuestra forma de vida. (Brailovsky, 12) Nos parece oportuno transcribir un fragmento de la descripción del equilibrio ecológico presentado por el escritor argentino de origen uruguayo Marcos Sastre en *El Tempe Argentino* (1858), 28 años antes de que el biólogo alemán Ernst Haeckel acuñara el término ecología, porque ejemplifica claramente la preocupación ambiental que siempre ha existido: "Así es como el hombre, por no observar las leyes de la naturaleza y creyendo muchas veces librarse de un animal nocivo o de un árbol inútil destruye el equilibrio de la creación y ocasiona las plagas que a la vez consumen su riqueza y su salud". (Brailovsky, 190)

Es de destacar que las prácticas textuales literarias, siempre se han caracterizado por preguntarse y examinar las interrelaciones entre el mundo natural-animal y los seres humanos alegando una comunión entre todos ellos y fomentando una sensibilidad ecológica. La conciencia ecológica se representa en el compromiso por conectar ese yo interior, subjetivo con el mundo natural-animal y en donde no tendría que evidenciarse una oposición, distancia o subordinación tan preocupante y tiránica entre lo humano y lo no humano. La crítica literaria ecológica, marco teórico metodológico que proponemos, surge pues en la última década del siglo XX con el principal objetivo de analizar los modos en que la literatura ha tratado las relaciones del hombre con su entorno natural-animal a lo largo de la historia, prestando atención especialmente al nacimiento de la sensibilidad ecológica. Entre muchos escritores en cuyos textos poéticos y narrativos se representa esta relación o se observa una preocupación por el destino de la humanidad, queremos dar cierre a este breve recorrido con la mirada que el escritor argentino Ernesto Sábado (1911-2011) en *Antes del fin* (2006) presenta sobre lo que se expuso anteriormente:

> La gravedad de la crisis nos afecta social y económicamente. Y es mucho más: los cielos y la tierra se han enfermado. La naturaleza, ese arquetipo de belleza, se trastornó. Nuestro planeta se encuentra en un estado desolador, y si no se toman medidas urgentes va en camino de ser inhabitable en poco más de tres o cuatro décadas. (…) El hombre necesita de los árboles para vivir. Parecen no saberlo o no importarles a quien están talando las selvas del Amazonas y las grandes reservas del mundo. (…) Parece no contar que estamos al borde de la destrucción física del planeta, tal es el individualismo y la codicia. (144-6)

BIBLIOGRAFÍA

Brailovsky, Antonio y Foguelman, Dina. *Memoria Verde*. *Historia Ecológica Verde*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana, 2009.

Brailovsky, Antonio. *Historia Ecológica de Iberoamérica. De los mayas al Quijote*. Buenos Aires: Ediciones Kaicron, 2006.

----------*Historia Ecológica de Iberoamérica II. De la Independencia a la Globalización.* Buenos Aires: Ediciones Kaicron, 2009.

Carson, Rachel. *Primavera Silenciosa.* Barcelona: Crítica, 2010.

Glotfelty, Cheryll & Fromm, Harold. *The Ecocriticism Reader. Landmark in Literary Ecology*. Georgia: University of Georgia Press Athens, 1996.

Leopold, Aldo. *Una ética de la tierra.* Madrid: Los libros de la Catarata, 2000.

Muir, John. www.24symbols.com/es/author/john-muir Consultado el día 10 de enero de 2011.
Murphy, Patrick. *Literature, nature and other: Ecofeminist Critiques*. New York: Albany, 1995.
Naess, Arne. *Ecology, Community and Lifestyle. Outline of an Ecosophy*. Oxford: Oxford University Press, 1992.
Sábato, Ernesto. *Antes del fin*. Buenos Aires: Editorial Planeta, 2012.
Sastre, Marcos. *El tempe argentino.* Buenos Aires: Colección Los Raros, 2005.
Speranza, Andrea. *Ecología Profunda y Autorrealización*. *Introducción a la Filosofía Ecológica de Arne Naess*. Buenos Aires: Editorial Biblios, 2006.
Thoreau, Henry D. *Pasear*. Barcelona: Limpergraf, S.L., 2005.
----------*Walden*. *La vida en los bosques.* Buenos Aires: Longseller, 2004.

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUB-SUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Juan Carlos Bedoya P.[1], Alba N. Ardila A.[2], Juliana Reyes C.[2]

1. Grupo de Investigación en Biociencias (GIB), Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.
2. Grupo de Investigación en Química Básica y Aplicada (QUIBA). Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

RESUMEN

En este artículo se presentan los resultados obtenidos en el diseño e implementación de un humedal artificial de flujo sub-superficial para el tratamiento de un agua residual real domética generada por la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia (IUCMA). Se realizó una evaluación comparativa de la eficiencia de remoción de diferentes parámetros físico-químicos y microbiológicos (Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, fósforo, coliformes y algunos metales como níquel y zinc) usando dos humedales idénticos independientes; cada uno con una macrófita diferente (*Typha latifolia* y *Cyperus papyrus*). Aunque con ambas macrófitas se logró un efluente con niveles inferiores de todos los parámetros analizados con respecto a los valores obtenidos en la caracterización inicial del agua residual original de la IUCMA, la especie *Typha latifolia* mostró un mejor rendimiento que la especie *Cyperus papyrus* en términos de la calidad de agua obtenida en el efluente al finalizar el tratamiento.

Palabras clave: humedal artificial de flujo sub-superficial, agua residual, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, Typha latifolia, Cyperus papyrus.

EVALUATION AND DESING OF AN ARTIFICIAL SUBSURFACE FLOW WETLAND FOR THE TREATMENT OF A DOMESTIC WASTEWATER

ABSTRACT

This paper presents the results obtained in the design and the implementation of an artificial subsurface flow wetland for the treatment of a wastewater generated in the Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia (IUCMA). It performed a comparative assessment in the removal efficiency of different physicochemical and microbiological parameters (Biochemical Oxygen Demand (BOD5), Chemical Oxygen Demand (COD), total suspended solids (TSS), ammonia nitrogen, total nitrogen, phosphorus, coliforms and some metals such as nickel and zinc) using two separate identical wetlands, each with a macrophyta different (Typha latifolia and Cyperus papyrus). Although with both macrophytes it achieved an effluent with lower levels of all parameters analyzed with respect to the values obtained in the initial characterization of the

original residual water, Typha latifolia species showed better performance than the Cyperus papyrus species in terms of water quality in the effluent obtained after the treatment.

Keywords: artificial subsurface flow wetland, wastewater, physicochemical and microbiological parameters, *Typha latifolia*, *Cyperus papyrus*.

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia se generan más de 9000 toneladas diarias de aguas residuales en actividades domésticas, agropecuarias e industriales (Ojeda y Arias 2000). Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de este país, cerca del 90% de estas aguas son vertidas directamente en los ríos convirtiéndose en la principal fuente de contaminación de aguas superficiales (Pngirh 2010, Pmar 2004). Igualmente, en el país se generan diariamente unas 30.000 toneladas de residuos sólidos de los cuales sólo un 30% se disponen adecuadamente y gran parte del 70% restante terminan siendo descargados en los cuerpos de agua superficiales incrementando la problemática nacional (Ojeda y Arias 2000).

Las aguas residuales generadas en actividades humanas poseen generalmente una alta carga de sustancias tóxicas, sedimentos y materiales orgánicos e inorgánicos que son altamente demandantes de oxígeno, estimulan el crecimiento de plantas y microorganismos patógenos que en conjunto contaminan las fuentes hídricas y atentan contra la salud pública y la sostenibilidad de la sociedad (UNESCO 2003). Por tal motivo, a nivel mundial se ha visto la necesidad de implementar técnicas de tratamiento, que incluyan procesos físicos, químicos y biológicos, que permitan reducir la carga de contaminantes contenida en las aguas residuales, o mejor aún que permitan recuperarlas, reciclarlas y reutilizaras antes de verterlas directamente en fuentes de aguas superficiales (Vymazal 2013, Saeed and Sun 2012).

En las últimas décadas diversos estudios realizados alrededor del mundo se han centrado en el desarrollo de sistemas de tratamiento que sean eficientes en la remoción o transformación de contaminantes y que además sean viables en términos económicos, técnicos y sociales. Producto de esta dinámica, en la actualidad existen diferentes métodos para el tratamiento de aguas residuales entre los cuales los humedales artificiales de flujo sub-superficial; conocido por sus siglas en inglés como HFSS, sobresalen como un método eficaz y económico para el tratamiento de diferentes tipos de efluentes (Lamchaturapatr et al. 2007). A pesar de que los HFSS han sido ampliamente utilizados y desarrollados en diferentes regiones del mundo, en Colombia - dónde cerca de un 50% de los sistemas de tratamiento corresponden a lagunas de estabilización (Pngirh 2010) - es un campo muy desconocido, poco apreciado y prácticamente inutilizado.

Teniendo en cuenta las observaciones anteriores y el hecho de que en la mayoría de las investigaciones reportadas en la literatura resaltan la aplicabilidad y viabilidad de utilizar estos sistemas para el tratamiento de aguas residuales, se realizó un estudio a escala laboratorio sobre la eficiencia de remoción de carga contaminante presente en un agua residual real generada en la IUCMA.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua residual original

***Jornada de pre-muestreo*:** con el objetivo de obtener una muestra representativa del agua residual, durante un periodo de 2 semanas y en el horario comprendido entre las 6 a.m y las 10 p.m (horario de actividades académicas), se realizaron jornadas de pre-muestreos con el fin de estimar flujos volumétricos medios del residual que es descargada por la institución al sistema de alcantarillado municipal. Aunque no se muestran, estos datos permitieron determinar en que día de la semana y en qué horarios debería realizarse el muestreo para la caracterización inicial.

***Jornada de aforo y muestreo*:** para la obtención de la muestra compuesta se realizó el siguiente procedimiento:

- Cada hora entre las 6 a.m y las 6 p.m se estimó el caudal instantáneo (Q_i) del agua residual y parámetros fisicoquímicos como temperatura, pH, color, turbiedad, oxígeno disuelto y conductividad fueron medidos *in situ*.

- Al final de la jornada se calculó el caudal promedio del efluente utilizando el método volumétrico (ecuación 1).

$$Q_P = \frac{\sum Q_i T_i}{\sum T_i} \qquad (1)$$

Donde:
Q_p = Caudal promedio (L/s)
T_i = Tiempo entre cada muestra (s)
Q_i = Caudal instantáneo (L/s)

- Utilizando la ecuación 2, se determinó el volumen que debía mezclarse de cada una de las 13 muestras para obtener un volumen final de 2 L.

$$V_i = \frac{(Q_i * V)}{(Q_p * n)} \qquad (2)$$

Donde:
V_i = Volumen de cada alícuota
V = Volumen total a componer (2L)
n = Número de muestras tomadas (13)

Todas las muestras fueron conservadas y vigiladas de manera adecuada para garantizar la integridad y cadena de custodia de las mismas. La toma de muestras y los tiempos máximos para los análisis del agua residual se realizaron de acuerdo con las normas establecidas en la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y los procedimientos estándares establecidos en la norma NTC-ISO 5667-10. Cada muestra se identificó con la información necesaria, se rotuló y se llevó al laboratorio para su respectivo análisis.

Los equipos usados para la medición de los parámetros *in situ* fueron:

Color: Colorímetro Marca Hanna Modelo HI 93727, dotado con una celda de vidrio de 10 mL.

Turbiedad: Turbidímetro, Marca Hanna, Modelo LP 2000-11, dotado con una celda de vidrio de 10 mL.

Conductividad: Conductivímetro, Marca Hanna, dotado con un electrodo HI 76303, Modelo EC 214.

pH: Peachímetro Marca Thermo Scientific, OrionStar, Serie BI9092, dotado con un electrodo Orion 9272BN.

Oxígeno disuelto: Marca Hanna, Modelo HI 2400, dotado con una sonda HI 76407/2.

Una vez obtenida la muestra compuesta del agua residual original, se procedió a caracterizarla, para lo cual se analizaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos *ex situ* como acidez, DQO, DBO_5, Carbono Orgánico Total (COT), fósforo, cloruros, nitritos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, SST, coliformes totales, coliformes fecales, arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc. El análisis se realizó en un laboratorio acreditado de la ciudad de Medellín, siguiendo los protocolos presentados en los métodos normalizados y establecidos en las más recientes ediciones del "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" de la APHA (AmericanPublic Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation) para aguas residuales.

2.2. Adaptación y puesta en marcha del humedal a escala de laboratorio

Características del humedal. El HFSS consistió de un tanque trapezoidal en acrílico de 1.1 m de largo, 0.4 m de base menor, 0.6 m de base mayor y 0.6 m de profundidad con una inclinación del 1%. Estas dimensiones fueron determinadas con base en las recomendaciones que se establecen en el Manual para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales (EPA 2000).

En cuanto al material de soporte, diversos investigadores alrededor del mundo han

estudiado el efecto que presenta el tipo de sustrato utilizado sobre el rendimiento del humedal pero en limitadas ocasiones se ha encontrado un efecto significativo de este parámetro sobre el proceso global de remoción de carga contaminante en humedales artificiales (Saeed and Sun 2012, Haibo et al. 2013, Arroyo et al. 2013, Tee et al. 2012, Bialowiec et al. 2011, Chan et al. 2008). Teniendo en cuenta esta observación, únicamente se utilizó grava como sustrato con diámetros comprendidos entre 5 y 20 mm.

Por otra parte, la eficiencia de remoción y el éxito de un humedal esta determinada en gran medida por el tipo de macrófitas utilizadas. Así, las macrófitas de mayor uso en humedales artificiales de flujo sub-superficial han sido las correspondientes con los géneros *Phragmites*, *Scirpus* y *Typha*, las cuales son de amplia distribución biogeográfica o cosmopolita (Gutiérrez 2010, Shutes 2001, Saeed and Sun 2012). Por ser macrófitas propias de la región que se encuentran adaptadas a las condiciones climáticas del lugar de estudio, en este trabajo se utilizaron las especies *Typha latifolia* y *Cyperus papirus* correspondientes a los géneros *Typha y Scirpus*, *respectivamente.*
De acuerdo con lo anterior, se construyeron dos humedales idénticos y se plantó una macrófita diferente en cada uno, esto con el fin de comparar la eficiencia en la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con cada macrófita.

Periodo de adaptación. Inicialmente los humedales fueron alimentados con agua de grifo, posteriormente con una mezcla entre agua de grifo y agua residual en proporción 1:1 y finalmente con 100% de agua residual. Cada una de estas fases se realizó por un periodo de 15 días. Para el tratamiento de datos se hizo un análisis de varianza con una prueba de comparación entre medias (prueba de Duncan) en STATGRAPHICS Centurion XV.

Estimación de tiempos de retención hidráulicos (TRH). Al finalizar la fase de adaptación, se descargó por completo cada humedal y luego cada uno se recargó nuevamente con agua residual que contenía una carga orgánica inicial de 305.4 y 293.2 mg/L de DQO para el caso del humedal con *Typha latifolia* y de *Cyperus papirus*, respectivamente. Cada 24 horas y durante 10 días se tomaron muestras del efluente y se evaluó el porcentaje de remoción de DQO utilizando un kit estándar para determinación de DQO en espectrofotómetro NANOCOLOR 500D. Marca Macherey & Nagel.

2.3. Tratamiento de las aguas residuales usando el HFSS

Dado que en la IUCMA no existe un sistema de tratamiento primario para las aguas residuales, se instaló un tanque de almacenamiento previo al HFSS simulando las características de una fosa séptica para permitir la sedimentación parcial de los sólidos y los procesos de digestión propios de estos sistemas. El objetivo principal de este tanque de almacenamiento fue evitar la obstrucción del humedal con partículas sólidas grandes contenidas en el agua residual.

Para el proceso de tratamiento del agua residual, los dos humedales se alimentaron simultáneamente con el mismo afluente, el cual se dividió en dos corrientes (una para cada humedal).

Para evaluar la eficiencia de los humedales en la remoción de carga contaminante basada en DQO, COT y SST, se realizaron muestreos y análisis de los mismos por un espacio de tres (3) meses. Otros parámetros físicos, químicos y microbiológicos definidos en la Tabla 2 fueron evaluados únicamente en la última semana de muestreo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua residual original

En la **Figura 1.** se muestran los resultados obtenidos durante la jornada de pre-muestreo seleccionada. Aunque estos valores no pueden tomarse como referencia para todos los días durante el tratamiento, si representan el comportamiento general de la descarga diaria de las aguas residuales generadas por la IUCMA al sistema de alcantarillado.

Figura 1. CAUDAL INSTANTÁNEO Y VOLUMEN DE CADA ALÍCUOTA.

No. Alícuota	Tiempo (h)	Caudal Instantáneo (L/s)	Volumen Alícuota (L)
1	06:00	100.0	37.2
2	07:00	32.6	12.1
3	08:00	491.0	182.7
4	09:00	178.0	66.2
5	10:00	467.8	174.1
6	11:00	198.3	73.8
7	12:00	423.2	157.5
8	13:00	370.5	137.9
9	14:00	484.6	180.3
10	15:00	311.9	116.0
11	16:00	671.9	250.0
12	17:00	153.0	56.9
13	18:00	632.0	235.2
14	19:00	41.2	15.3
15	20:00	277.0	103.1
16	21:00	189.0	70.3
17	22:00	25.5	9.5
18	23:00	327.8	122.0

Al analizar horarios consecutivos, en general las descargas en horas pares superan a las de horas impares (tercera columna) dado que corresponden a periodos de cambio de clase en las cuales alumnos y docentes hacen más uso de lavamanos y sanitarios. Igualmente, se encontró que los mayores flujos volumétricos están comprendidos entre las 8:00 y las 18:00 horas por ser horarios con un mayor número de clases en esta institución. En la cuarta columna de la misma tabla se muestran para este caso particular, los volúmenes que fueron tomados de cada alícuota para completar los 2 litros de muestra compuesta de acuerdo a las ecuaciones 1 y 2.

Figura 2. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL ORIGINAL GENERADA EN LA IUCMA.

Parámetro	Unidad	Resultado[1]	Método
Caudal	mL/s	331.8	Volumétrico
Temperatura	ºC	24	Termómetro de Hg
pH	UdepH	8.7	pH-metro
Color	UPC	583	Colorímetro
Turbiedad	UNT	33	Turbidímetro
Conductividad	µS/cm	852	Conductímetro
Oxígeno disuelto	% Sat.	37	Oxímetro
Acidez	ppm	No se detectó	Titulométrico
DBO_5	ppm	255	Prueba DBO_5
DQO	ppm	326.9	Reflujo cerrado
COT	ppm	213	Kit COT
Fósforo	ppm	13.2	Ácido ascórbico
Cloruros	ppm	177.7	Titulométrico
Nitritos	ppm	0.0653	Colorimétrico
Nitrógeno Amoniacal	ppm	54.9	Macro-Kjeldahl
Nitrógeno Total	ppm	202.2	Macro-Kjeldahl
Sólidos Suspendidos	ppm	67.0	Secados (103 - 105ºC)
Sólidos Totales	ppm	538	Secados (103 - 105ºC)
Coliformes totales	NMP/100mL	>2400	NMP
Coliformes fecales	NMP/100mL	1100	NMP
Arsénico	µg/L	< 0.05	Espectrofotometría de absorción atómica
Cadmio	ppm	< 0.0028	
Cobre	ppm	0.0045	
Cromo	ppm	0.0054	
Mercurio	µg/L	0.431	
Níquel	ppm	0.008	
Plomo	ppm	0.013	
Zinc	ppm	0.192	

[1] Estos valores corresponden a promedios ponderados de los muestreos realizados de lunes a sábado entre las 6 a.m y las 9 p.m. En horas de la noche y los domingos el caudal no es significativo. Las redes de aguas lluvias no convergen con la red de tuberías para aguas residuales.

Las características físicas, químicas y microbiológicas medidas *in situ* y *ex situ* en el agua residual original, se muestran en la **Figura 2**. De acuerdo con la normatividad ambiental colombiana las aguas residuales generadas en la IUCMA son catalogadas como aguas de origen doméstico (Decreto 3930 de 2010) y caen dentro de la categoría mundial de aguas residuales municipales (Vymazal 2009). Sin embargo, parámetros como DBO_5, fósforo total, nitrógeno amoniacal y nitrógeno total se encuentran por encima de los valores máximos permitidos para el vertimiento de aguas residuales en sistemas de alcantarillado y aguas superficiales (Decreto 3930 de 2010), lo cual justifica la necesidad de implementar un sistema de tratamiento previo a la descarga.

Además, un parámetro generalmente utilizado para identificar la biodegradabilidad de los diversos tipos de vertidos es la relación DBO_5/DQO, la cual permite determinar qué cantidad de la DQO (materia orgánica e inorgánica contenida en una muestra) de un

vertido es susceptible de ser depurada por los microorganismos en 5 días (DBO_5).

Figura 3. CRITERIOS DE BIODEGRADABILIDAD SEGÚN LA RELACIÓN DBO_5/DQO (Ardila et al. 2012).

DBO_5/DQO	Carácter
> 0.8	Muy biodegradable
0.7 – 0.8	Biodegradable
0.3 – 0.7	Poco biodegradable
<0.3	No biodegradable

En la **Figura 3.** se especifican algunos criterios que permiten determinar el carácter de biodegradabilidad de los diferentes vertimientos. Según la relación DBO_5/DQO (0.78) obtenida para el agua residual original, se puede afirmar que este efluente es de naturaleza biodegradable; es decir, la mayor cantidad de la DQO (materia orgánica e inorgánica) presente en el vertido se puede oxidar bioquímicamente, así el presente vertido puede ser reducido mediante la implementación de sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales entre los que precisamente se encuentran los humedales artificiales.

3.2. Adaptación y puesta en marcha del humedal a escala de laboratorio

En la **Figura 4.** se muestran los datos de adaptabilidad y supervivencia de las especies utilizadas en cada humedal. Aunque aparentemente los resultados indicaron una mayor capacidad de supervivencia de la especie *Cyperus papyrus* al periodo de estrés generado por el trasplante y la variación en la calidad del agua y soporte utilizado para su crecimiento (primeros 2 meses), durante el periodo de montaje, ajuste e implementación de los humedales no se presentaron diferencias significativas entre ambas especies en cuanto a su adaptabilidad a las condiciones de operación en términos del número de plantas iniciales (P = 0.6945), número de plantas muertas (P = 0.4486) y número de plantas nuevas (P = 0.5109).

Figura 4. ADAPTABILIDAD Y SUPERVIVENCIA DE LAS ESPECIES UTILIZADAS.

Especie		Nº Organismos / Mes				
		1	2	3	4	5
Cyperus papyrus	Iniciales	6	6	6	8	9
	Muertos	0	1	0	0	1
	Nuevos	0	1	2	1	2
Typha latifolia	Iniciales	7	4	6	6	8
	Muertos	3	0	1	0	0
	Nuevos	0	2	1	2	3

Sin embargo, la especie *Typha latifolia* presentó un mayor índice de crecimiento respecto a *Cyperus papyrus* en términos de longitud y desarrollo de hojas durante los tres meses posteriores. En ambos casos se vio la necesidad de realizar podas al finalizar el quinto mes para evitar la sobresaturación del sistema.

En la **figura 1** se muestran los porcentajes de remoción de DQO con cada macrófita durante el periodo de estimación de los tiempos de retención hidráulicos. En términos de la disminución de DQO se lograron mejores rendimientos para un TRH de 9 días para *Typha latifolia* y de 7 días para *Cyperus papirus* con porcentajes de remoción de DQO del 79.4% y 68.1% respectivamente. En el caso específico de *Typha latifolia* se obtuvieron tiempos que han sido recomendados por Tejeda (2010) para lograr desempeños satisfactorios en humedales que utilizan esta especie. De acuerdo con estos resultados la fase del tratamiento de aguas residuales se realizó con flujos volumétricos de 15 L/día para *Typha latifolia* y 19 L/día para *Cyperus papirus*.

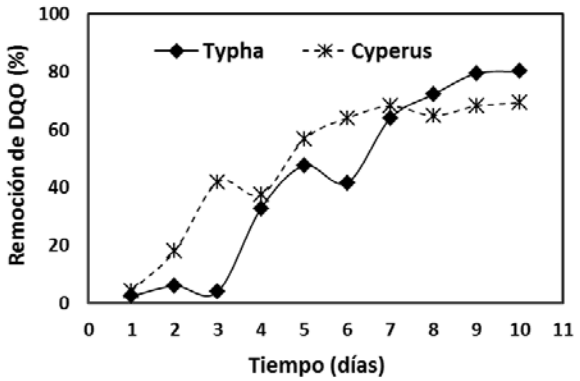


Figura 1. Porcentaje de remoción de DQO con *Typha latifolia* y *Cyperus papirus* durante el periodo de estimación de los TRH.

3.3. Tratamiento de las aguas residuales usando el HFSS

En las **figuras 2** y **3** se muestra la variación en el tiempo de la DQO, COT y SST de los humedales con cada tipo de especie. Con ambos tipos de macrófita, el mayor porcentaje de remoción se observó durante los primeros 10 días de funcionamiento del humedal, tiempo adecuado para superar los tiempos de retención establecidos anteriormente.

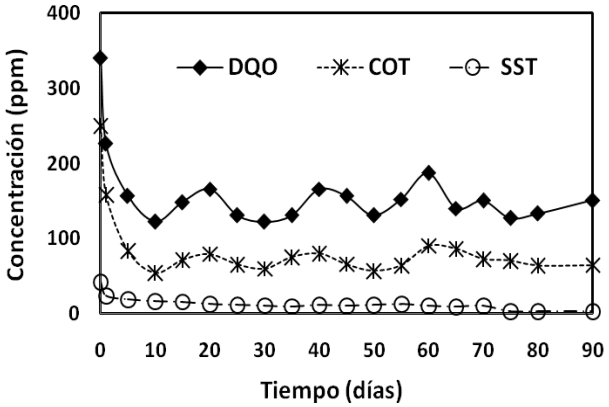


Figura 2. Comportamiento de los parámetros DQO, COT y SST durante el tratamiento con *Typha latifolia.*

Después de este periodo el valor promedio para la DQO, COT y SST fue de 144.7, 70.08 y 10.0 ppm para el humedal con *Typha latifolia* y de 199.3, 132.6 y 45.4 ppm para el humedal con *Cyperus papyrus,* respectivamente. Obteniéndose en ambos casos, un efluente dentro de los límites permisibles de vertimiento a aguas superficiales y sistemas de alcantarillado según la norma colombiana vigente (Decreto 3930 de 2010) (**Figura 5**).

Las oscilaciones de estos parámetros en tiempos posteriores al TRH (**Fig. 2** y **3**), probablemente se deben a que el afluente no siempre tenía las mismas características iniciales por ser un agua residual real. Además, es importante anotar que durante el tercer y cuarto mes hubo una mayor variación en el número de total de plantas presentes en cada humedal por efectos de muerte y surgimiento de nuevos individuos lo cual pudo afectar directamente el desempeño del sistema de tratamiento.

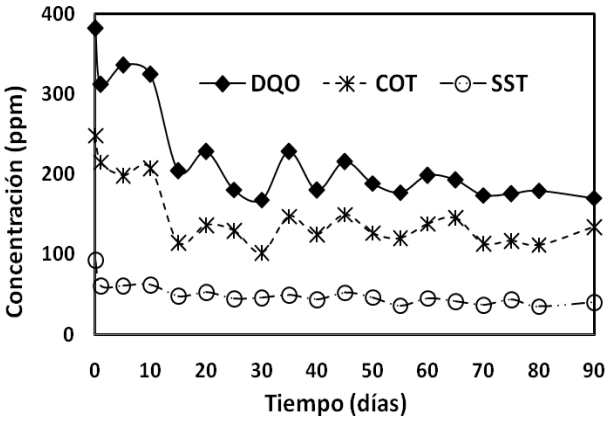


Figura 3. Comportamiento de los parámetros DQO, COT y SST durante el tratamiento con *Cyperus papyrus.*

De acuerdo con los valores obtenidos para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual original, se puede decir que al final del tratamiento se obtuvo un promedio de remoción de DQO de 53.9 y 47.9% con *Typha latifolia* y *Cyperus papyrus*, respectivamente. En términos de DBO_5, el porcentaje de remoción fue casi similar con ambas especies (83.2 y 82.9% con *Typha latifolia* y *Cyperus papyrus*, respectivamente). De acuerdo con la literatura (U.S. EPA 2000, Axler 2000, Davison 2000), la eficiencia de los humedales con respecto a la DBO_5 oscila entre 20 y 93% con un promedio de 70.9%. Por lo anterior, se puede afirmar que con ambas especies se obtuvo una remoción dentro del rango y a su vez por encima del promedio.

Por otro lado, se logró remover un 69.5 y 36.8% de COT *Typha latifolia* y *Cyperus papyrus*, respectivamente. En cuanto a los porcentajes de remoción de SST, se lograron remociones de 95.5 y 40.3% con *Typha latifolia* y *Cyperus papyrus*, respectivamente.

Los altos niveles de remoción de fósforo obtenidos con ambas macrófitas (97.2 y 95.9% con *Typha latifolia* y *Cyperus papyrus*, respectivamente), demuestran la gran demanda de nutrientes que tienen ambas especies. La remoción de este elemento se puede dar por captación por parte de las plantas, la adsorción al medio y la sedimentación

Aunque los niveles de metales pesados presentes en el agua residual original son bastante bajos, los valores obtenidos en el agua residual después del tratamiento son menores o iguales en todos los casos con ambas especies.

De acuerdo con los datos anteriores, se puede afirmar que con ambas especies, durante los últimos días de tratamiento se logró obtener un efluente más homogéneo, esto podría estar relacionado con una mejor adaptación de las plantas y de la comunidad de microorganismos que hacen parte del humedal.

Aunque con las dos macrófitas se logró un efluente con niveles inferiores de todos los parámetros analizados con respecto a los valores obtenidos en la caracterización inicial del agua residual original de la IUCMA, la especie *Typha latifolia* mostró un mejor rendimiento que la especie *Cyperus papyrus* en términos de la calidad de agua obtenida en el efluente al finalizar el tratamiento (**Figura 5**).

Sin embargo, con ninguna de las dos especies se logró obtener un efluente que cumpliera con los niveles máximos de remoción establecidos para el nitrógeno total y nitrógeno amoniacal en un vertimiento de aguas residuales a aguas superficiales o sistemas de alcantarillado. No obstante, al comparar los resultados finales con las características del agua residual sin tratamiento podría suponerse que se lograron disminuciones considerables de estos parámetros.

Probablemente no se hizo una remoción efectiva del nitrógeno debido a la poca profundidad del humedal, lo que impidió la formación de zonas anóxicas y posiblemente anaerobias, inhibiendo así los procesos de nitrificación y denitrificación. Lo anterior indica la necesidad de realizar variaciones en la construcción del humedal con el objetivo de lograr mejores resultados en la disminución de nitrógeno amoniacal y nitrógeno total por ser los parámetros que más alejados se encuentran de la norma colombiana.

Figura 5. ANÁLISIS FINAL DE LOS EFLUENTES OBTENIDOS PARA CADA ESPECIE.

Parámetro	*Typha latifolia*	*Cyperus papyrus*	Límite Máximo[1]
Temperatura	24	24	< 40ºC
pH	7.09	6.87	5.0-9.0
Acidez	ND	16.3	-----
DBO_5	42.8	43.5	200
DQO	150.7	170.4	400
COT	64.9	134.5	-----
Fósforo	0.376	0.542	5
Nitritos	ND	ND	2
Nitrógeno Amoniacal	23.7	37.5	10
Nitrógeno Total	86.2	90.3	20
Sólidos Suspendidos	3	40	200
Sólidos Totales	247	682.5	-----
Coliformes totales	430	1100	-----
Coliformes fecales	16	150	-----
Arsénico	< 0.05	< 0.05	-----
Cadmio	< 0.0028	< 0.0028	0.001
Cobre	< 0.0045	< 0.0045	0.5
Cromo	< 0.0054	< 0.0054	0.5
Mercurio	0.033	0.031	1.0
Níquel	< 0.008	< 0.008	0.02
Plomo	< 0.013	< 0.013	0.03
Zinc	0.125	0.0716	0.2

[1]Valores máximos permitidos para aguas residuales vertidas en aguas superficiales. (Decreto 3930 de 2010). ND: No detectado.

Diferentes estudios realizados alrededor del mundo han mostrado la limitación que tienen estos sistemas de tratamiento para lograr disminuciones considerables de estos parámetros, lográndose reducciones que en promedio oscilan entre el 40 y el 55% para el nitrógeno total y del 46 al 50% de nitrógeno amoniacal (Zhang 2011. Yang et al. 2008, Vymazal 2007). Entre las estrategias que han sido utilizadas se encuentran principalmente variación de la profundidad del humedal; aireación del sistema (Yang et al. 2008), utilización de sustratos alternos (Tao and Wang 2009), recirculación de efluentes (He et al. 2008), la utilización de diferentes plantas acuáticas (Lamchaturapatr et al. 2007) y la

construcción de sistemas híbridos (Vymazal 2013).

CONCLUSIONES

- Los mayores niveles de remoción de DQO (70.4%), DBO_5 (96.7%) y SST (81.4%) presentes en el agua residual de la IUCMA, se obtuvieron en el humedal que contenía la especie *Typha latifolia*.

- Con ninguna de las macrófitas usadas se logró obtener un efluente que cumpliera con los niveles máximos de remoción establecidos por la normatividad colombiana para el nitrógeno total y nitrógeno amoniacal en un vertimiento de aguas residuales a aguas superficiales o sistemas de alcantarillado. Sin embargo, la comparación de los resultados finales con las características del agua residual sin tratamiento evidencia disminuciones considerables de estos parámetros.

- Los resultados obtenidos en el presente trabajo, demuestran que es posible implementar la tecnología de humedales artificiales sub-superficiales para el tratamiento de aguas residuales domésticas en municipios de Medellín de forma económica y ambientalmente amigable.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Institución Educativa Colegio Mayor de Antioquía por la financiación del presente Proyecto de Investigación.

REFERENCIAS

Ardila A. N. (2012). Remoción fotocatalítica de DQO, DBO_5 y COT de efluentes de la industria farmacéutica. Revista Politécnica 15, 9-17.

Arroyo P., Ansola G., Sáenz de Miera L. E. (2013). Effects of substrate, vegetation and flow on arsenic and zinc removal efficiency and microbial diversity in constructed wetlands, Ecol. Eng. 51, 95-103.

Axler, R. (2000). Residential subsurface flow treatment wetlands in northern Minnesota. 7 th International Conference on wetland systems for water pollution control, 2, 893-901.

Bialowiec, A., Janczukowicz, W., Randerson, P.F. (2011). Nitrogen removal from wastewater in vertical flow constructed wetlands containing LWA/gravel layers and reed. Ecol. Eng. 37, 6, 897-902.

Chan, S.Y., Tsang, Y.F., Chua, H., Sin, S.N., Cui, L.H. (2008). Performance study of vegetated sequencing batch coal slag bed treating domestic wastewater in suburban area. Bioresource Technol., 99, 3774-3781.

Davison L. (2000). On-site wastewater treament by reed bed in the moist subtropics. 7 th International Conference on wetland systems for water pollution control, 2, 911-918.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2010). Decreto 3930. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Publicado en el Diario Oficial 47873 de octubre 25 de 2010.

Haibo L., Yinghua L., Zongqiang G., Xiaodong L. (2013). Performance study of vertical flow constructed wetlands for phosphorus removal with water quenched slag as a substrate, Ecol. Eng., 53, 39-45.

He L., Liu H-l., Xi B-d., Zhu Y-b. (2006). Effects of effluent recirculation in verticalflow constructed wetland on treatment efficiency of livestock wastewater. Water Sci. Technol. 54, 137–146.

Lamchaturapatr J., Yi S.W., Rhee J.S. (2007). Nutrient removals by 21 aquatic plants for vertical free surface-flow (VFS) constructed wetland. Ecol. Eng. 29, 287–293.

Lieyu Z., Xunfeng X., Ying Z., Beidou X., Yanan Y., Xin G., Ying X., Jianhong Z. The ammonium nitrogen oxidation process in horizontal subsurface flow constructed wetlands, Ecol. Eng., 37, 1614-1619.

Ojeda, E y Arias, R. (2000). Informe Nacional sobre la gestión del agua en Colombia**.** Disponible en http://www.unesco.org Consultado 17 de julio de 2013.

PMAR. (2004). Plan Nacional De Manejo De Aguas Residuales Municipales en Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Disponible en: http://www.minvivienda.gov.co/Agua/Programas/Documents/PLAN_NACIONAL_DE_MANEJO_DE_AGUAS_RESIDUALES_MUNICIPALES_EN_COLOMBIA.pdf. Consultado 17 de julio de 2013.

PNGIRH. (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/documentos/5774_240610_libro_pol_nal_rec_hidrico.pdf.pdf. Consultado 17 de julio de 2013.

Saeed T., Sun G. (2012). A review on nitrogen and organics removal mechanisms in subsurface flow constructed wetlands: Dependency on environmental parameters, operating conditions and supporting media, J. Environ. Manag. 112, 429-448.

Tao, W., Wang, J. (2009). Effects of vegetation, limestone and aeration on nitritation, anammox and denitrification in wetland treatment systems. Ecol. Eng. 35, 836–842.

Tee, H.C., Lim, P.E., Seng, C.E., Nawi, M. (2012). Newly developed baffled subsurface flow constructed wetland for the enhancement of nitrogen removal. Bioresource Technol. 104, 235-242.

UNESCO, (2003). Water For People, Water For Life. Executive Summary of the UN World Water Development Report. Disponible en http://www.unesco.org Consultado 17 de julio de 2013.

U. S. EPA. (2000). Constructed wedlands treatment of municipal wastewater. Office of research and Development Cincinnati, Ohio 45268.

Vymazal, J. (2007). Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. Sci. Total. Environ. 380, 48–65.

Vymazal. (2013). The use of hybrid constructed wetlands for wastewater treatment with special attention to nitrogen removal: A review of a recent development. Water Research, Available online 14 June 2013, ISSN 0043-1354.

Yang, Q., Tam, N.F.Y., Wong, Y.S., Luan, T.G., Su, W.S., Lan, C.Y., Shin, P.K.S., Cheung, S.G., 2008. Potential use of mangroves as constructed wetland for municipal sewage treatment in Futian, Shenzhen, China. Marine Pollut. Bull. 57, 735–743.

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS PARA EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA UTILIZANDO LA BIOMASA COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA

Corace, Juan[1,2,3] – Aeberhard,Raquel[1,2] – Martina, Pablo[1,2] – Barea, Jorge[2] –Tortosa, Graciela[2,3]

1. G.I.D.E.R.- Grupo de Investigación y Desarrollo en Energías Renovables
2. Departamento de Termodinámica y Máquinas Térmicas – Facultad de Ingeniería
3. Departamento de Física Química – Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional del Nordeste – Av. Las Heras 727 – H3500COI – Resistencia - Chaco
Tel. +54362 444 20076 – Email: jcorace@ing.unne.edu.ar

RESUMEN:
Se presentan las experiencias logradas en la transferencia de conocimientos sobre el uso racional de energía proveniente de la biomasa, en el marco del Programa Nacional de Voluntariado Universitario de la Secretaría de Políticas Universitaria del Ministerio de Educación de la Nación. Se trabajó con la ONG Asociación Civil "Los Niños Del 2000", comedor comunitario que brinda merienda y cena a más de 135 jóvenes y niños, con edad comprendida entre los 7 y 20 años. A partir de programas de docencia desarrollados por el Grupo GIDER, los alumnos voluntarios se formaron y capacitaron respecto a temas referidos a la fabricación y uso de dispositivos tecnológicos para la generación de energías alternativas como ser: Cocinas y Hornos Solares, Biodigestores y Calentadores Solares, temas que fueron transferidos posteriormente para capacitar a la comunidad involucrada en el proyecto.

Palabras Clave: Biomasa – Energías alternativas – Dispositivos tecnológicos-educativos

ABSTRACT:
Acquired achievements and transference of knowledgement about rationally use of energy coming from biomass is presented here, in agreement with Programa Nacional del Voluntariado Universitario (National Program of University Voluntary-worker) of National Education Ministry. The work was done together with Civil Association "Los Niños del 2000" (The children of 2000), Community Soup kitchen which gives afternoon snack and supper for 135 young people and children whose helpers are between 7 and 20 years old. Since these teaching programs developed by GIDER group, volunteer students were formed and qualified with items related to manufacture and use of technologic devices to generate alternative energy such as solar cookers and ovens, bio-digesters and solar heaters, items that were used later to qualify communities involved in the project.

Keywords: Biomass - Alternative energies - Educational-technologic devices.

INTRODUCCIÓN

Por las dificultades que debemos afrontar hoy en día, de tipo social, político y económico, abandonamos una problemática con la que estamos en contacto permanente, y que nosotros producimos de forma creciente, como es la contaminación ambiental. La sola presencia en el ambiente de uno o más contaminantes en cantidades críticas son causas en mayor o en menor medida de un desequilibrio ecológico e impactan sobre el bienestar del ecosistema.

La contaminación ambiental generalmente se origina como consecuencia del crecimiento y desarrollo incontrolado de centros urbanos, con el continuo incremento de los agentes contaminantes y el deterioro de los recursos naturales. Al problema ambiental debemos sumar el inconveniente con los combustibles que es cada vez mas grave en nuestra región. Los costos del mas popular como lo es el gas están en permanente aumento, al mismo tiempo que se hace difícil conseguir las garrafas de gas butano propano, debido a la escasez estacional del invierno, problema grave ya que se trata de la única región del país que no cuenta aún con Gas Natural (Chaco, Formosa, Corrientes y Misiones).

De igual modo la crisis del combustible impacta para las alternativas al gas, puesto que los combustibles sólidos utilizados por la gente de pocos recursos como la leña y el carbón tienen costos muy elevados y su producción implica el devaste del monte y consiguiente desperdicio de grandes cantidades de residuos forestales; así mismo la transformación de leña en carbón genera uno de los impactos ambientales mas profundos en la región del Chaco.

La carencia de infraestructura energética ha sido uno de los factores limitantes, para el desarrollo de actividades productivas que generen valor agregado a los bienes que los sectores sociales generan. Como consecuencia de ello las comunidades más deprimidas padecen severos problemas de depreciación relativa de la calidad de vida y una continua degradación del ambiente, generando importantes corrientes migratorias hacia los grandes centros urbanos con la consecuente aparición de "cinturones de pobreza", con el agravante que la mayor parte de los programas de desarrollo social de la región, apenas consideran, el concepto de energización.

Los estilos y niveles de sus pobladores determinan en estas áreas sociales condiciones de marginalidad que requieren programas de desarrollo para ser revertidos. En estos programas la energización juega un papel importante tanto para mejorar la calidad de vida cuanto para impulsar actividades económicas superadoras del subdesarrollo.

Si se evalúan los crecientes costos de la energía eléctrica convencional para esa energización, se observa la urgente necesidad de implementar fuentes energéticas no convencionales en dichas áreas, ya que existen en ellas recursos renovables de alta disponibilidad. La incorporación de dicho concepto contribuiría a la obtención de mejores resultados de la implementación de las políticas ya que posibilitaría el análisis integrado de las problemáticas involucradas: social, ambiental, económica y energética, enmarcados en un concepto de territorialidad del uso de los recursos, como ser el solar y la biomasa.

Por todo lo expuesto el Grupo G.I.D.E.R. del Departamento de Termodinámica de la Facultad de Ingeniería, junto a un grupo de alumnos de las carreras de Ingeniería Civil y Electromecánica, en el marco del Programa Nacional de Voluntariado Universitario, organizado por la S.P.U. del Ministerio de Educación de la Nación, está desarrollando un proyecto con el fin de transferir conocimientos teórico-prácticos vinculados al uso de energías renovables no convencionales, para lograr un desarrollo sustentable de las actividades productivas, promoviendo el uso de fuentes alternativas.

La primera etapa del proyecto involucró la construcción de equipamiento con un diseño y desarrollo tendiente a innovar en el aprovechamiento de la energía y a la vez dar una solución integral a una problemática urbana que crece en función del crecimiento poblacional.

Destinatarios y Localización del Proyecto

El proyecto destinado a la Asociación Civil Los Niños Del 2000 de la ciudad de Barranqueras, Provincia del Chaco, esta asociación brinda otros servicios como control sanitario a través de una sala de primeros auxilios, actividades deportivas y recreativas y la fomentación de prácticas solidarias como herramientas del crecimiento.

Imagen 1 Interior de la Asociación

Imagen 2 Entrada de la Asociación

Metas del proyecto

Para la realización del proyecto se propusieron los siguientes objetivos: capacitar a los integrantes de la comunidad en la construcción de artefactos domésticos cuya fuente de energía sea la solar térmica y la biomasa; promover el uso de las energías alternativas no convencionales como la proveniente de la biomasa la solar; impulsar el cuidado y preservación del medio ambiente a través de las buenas prácticas energéticas; promover un desarrollo sustentable; desarrollar políticas locales para la eficiencia energética y la promoción de energías renovables.

METODOLOGÍA

Descripción general de actividades del proyecto

Las actividades incluyeron en primer término una revisión de los conocimientos teórico-científicos y tecnológicos de la aplicación de fuentes no convencionales de energía que fueron proporcionadas por los docentes del grupo GIDER a los alumnos del voluntariado, y posteriormente, fueron adaptados los contenidos para ser suministrados a la comunidad destinataria, para lo cual se prepararon programas de docencia referente a los siguientes temas: Recursos energéticos, Biomasa, Cocinas y Hornos Solares y Colectores Solares.

Actividades realizadas por los docentes

Los docentes del GIDER capacitaron a los alumnos voluntarios en temas referidos a las Energías Alternativas según el programa diseñado por el Grupo. Asistieron y acompañaron a los alumnos voluntarios en todas las actividades donde se requería su intervención. Se preparó y supervisó a los alumnos voluntarios en las tareas del diseño, montaje, construcción y puesta en marcha de los prototipos, así como en la capacitación a los jóvenes integrantes de la asociación

Imágenes 3 y 4: Docentes brindando clases

Actividades realizadas por los estudiantes voluntarios

Los alumnos voluntarios a través del Centro de Estudiantes de la Facultad de Ingeniería colaboraron en la diagramación, diseño y confección del material didáctico que se utilizó en los talleres de capacitación. Organizaron reuniones informativas sobre los alcances del proyecto en los distintos lugares donde se desarrollaron los mismos. Promovieron actividades de difusión en los distintos medios, radio, televisión y prensa de la zona. Además colaboraron en la confección de los folletos, material de difusión y propagandas. Convocaron y coordinaron a los distintos alumnos voluntarios, con la ONG vinculada al proyecto.

Imágenes 5 y 6: Alumnos voluntarios realizando tareas de capacitación

Imágenes 7 y 8: Alumnos entregando donaciones

Actividades desarrolladas en la Asociación

Se capacitó a los jóvenes, a cargo de los voluntarios universitarios, para “enseñar a hacer”, con la finalidad de que los asistentes al comedor tengan la oportunidad de aprender un oficio vinculado a uso eficiente de la energía, al cuidado de los recursos y básicamente brindar un entrenamiento o capacitación en la construcción de equipos, con la idea de originar micro emprendimientos que permitan generar trabajo para las familias involucradas. Se promovió la formación de recursos humanos capaz de trabajar en pequeñas huertas y granjas que permitan el

autoabastecimiento de energía y alimentos, teniendo en cuenta que el barrio donde está asentada la asociación tiene características suburbanas, con terrenos aptos para el cultivo de huertas y cría de animales a escala familiar, construyendo un biodigestor de carga continua, a escala piloto, de 200 litros.

Imágenes 9 Digestor construido por alumnos voluntarios.

CONCLUSIÓN

Los cambios logrados con la implementación de este proyecto, donde interviene energía del tipo no convencional, fueron notorios por el interés despertado en toda la comunidad ya que por primera vez apreciaron el uso de un artefacto utilizando la biomasa como fuente de energía, despertando la imaginación y descubriendo al mismo tiempo un mundo de posibilidades generando la colaboración en el trabajo, haciendo hincapié en los beneficios obtenidos comparando el antes y el después de la puesta en marcha.

Uno de los logros más significativos fue generar en esa comunidad el aprecio por la conservación del medio ambiente, la calidad vida y la concientización de los efectos contaminantes.

Es muy importante destacar el interés y la solidaridad puesta de manifiesto por los alumnos voluntarios de la Facultad de Ingeniería de la UNNE, que demuestran alta capacidad para desarrollar, por propia iniciativa, las diferentes actividades que son desarrolladas en forma paulatina.

Esta experiencia permite a los alumnos del voluntariado tomar contacto personal con comunidades totalmente desprotegidas, carentes de servicios de asistencia, de infraestructura y de apoyo económico, realidad poco asumida en un ámbito universitario.

REFERENCIAS

Anderson, Bruce (1976) "The Solar Home Book - Heating, Cooling and Designing with the Sun" Cheshire Books, EE.UU.

Humm, Othmar (1998)"NiedrigEnergie und PassivHäuser" (Casas de poco consumo de energía y de uso pasivo de energía solar) Ökobuch Verlag, Alemania.

Mayer Falk (1992) “Calentador Solar con Estanque integrado al Colector” II Seminario Nacional de Energía Solar, 9-10. La Paz, GTZ, UMSS, UMSA.

Margevicius, José; Schorgmayer, Helmut (1981) “La Energía Solar y su Aplicación en Calentadores Solares” Universidad Católica Madre y Maestra, Departamento de Publicaciones, República Dominicana.

Silva Vinasco, Juan Pablo (1987) “Tecnología del Biogás” Universidad del Valle – Facultad de Ingeniería Colombia.

Gudiño, David; Mendoza, Miryam y Hermosillo, Juan Jorge (1994): La Energía Solar y sus Aplicaciones. ITESO.

Daniels, Farrington: Uso Directo de la Energía Solar. Herman Blume Ediciones.

Duffie, John A. y Beckman, William A (1980): Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley Interscience.

Meinel y Meinel; Solar Energy. Addison Wesley

Herrmosillo, Juan Jorge: Destilación Solar. Cuaderno Huella #16, ITESO

Twidell, John y Weir, Tony (1998): Renewable Energy Resources. E and FN Spon.

EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO DEL EFLUENTE Y EL VOLUMEN DE FAENA EN UN FRIGORÍFICO DE PORCINOS

Garnero, Jorge, Chiappero, Paola, Luengo, Florencia, Rovero, Mauricio, Yafar, Emiliano

Grupo de efluentes industriales. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco
Av. de la Universidad 501, 2400, San Francisco (Córdoba), Argentina. TE/Fax: +54(3562)421147.
E-mail: jgarnero@coopmorteros.com.ar

Resumen

La faena de cerdos es una actividad que genera un importante volumen de efluentes, los cuales contienen una alta carga de materia orgánica, medible en términos de la demanda bioquímica de oxígeno ejercida en 5 días o de la demanda química de oxígeno (DQO). La depuración de estas aguas residuales requiere de sistemas de tratamiento adecuadamente diseñado y capaz de reducir su demanda de oxígeno previo a su vertido en un cuerpo receptor, tarea que requiere de información adecuada. En el presente trabajo se determinó la relación existente entre el volumen de efluente generado, la carga contaminante transportada por el efluente y el volumen de faena que se lleva a cabo, medido en términos de cabezas faenadas y de masa corporal total de los animales faenados diariamente. Se observó una gran variación tanto en el volumen de efluente generado en cada faena (349 +/- 22 m^3) como de la masa de DQO transportada por el efluente (1.225 +/- 185 kg /día). El trabajo evidencia una baja correlación entre el volumen de efluente generado con el número de cabezas faenadas (r = -0,25) y con la masa corporal total de los cerdos faenados (r = -0,36). También se observa falta de correlación entre la masa de DQO transportada por el efluente, tanto con la cantidad de animales (r = 0,08) como con la masa corporal total de los cerdos faenado (r = 0,008). A partir de esta información se puede inferir que la cantidad de animales faenados o la masa corporal faenada no parece ser un buen indicador ni del volumen de efluente, ni de la carga de DQO generada en una playa de faena de porcinos, por lo que estas cantidades no deben ser utilizadas para el diseño de sistemas de tratamiento para la depuración de estos líquidos residuales.

Palabras Claves: faena porcina, efluente, DQO.

Abstract

The hog's slaughter is an activity that produces large volumes of wastewater, with a high organic loading, measurable in terms of chemical oxygen demand (COD). The depuration of these wastewaters requires treatment systems adequately designed and capable to reduce the oxygen demand previous to pour them in a receiving body, work that requires a proper information. In the present work the relationship between the volume generated of wastewater, the contamination charge transported and the quantity of pigs slaughtered, measured in terms of number of heads and corporal mass of the animals slaughtered daily, was established. It was observed a great variation between both in the volume of wastewater generated in each slaughter (349 +/- 22 m^2)

and in the COD mass transported for the wastewater (1.225 +/- 185 kg / day). This work shows a low correlation between the volume of wastewater generated with the number of head slaughtered (r = -0,25) and the total body mass of the hogs slaughtered (r = -0.36). It is also observed he absence of correlation between the COD mass transported for the wastewater and the number of hogs (r = 0,08) and the corporal mass of hogs slaughtered (r = 0,008). From this information it seems that the number of hogs slaughtered or the body mass is not a good information about the volume of wastewater or de COD charge generated for a hog slaughterhouse, so that this quantities must not be used for the design of the treatment systems for the depuration of this wastewaters.

Key words: Hog slaughter, wastewater, COD.

Introducción

La industria frigorífica se caracteriza por la escasa eficiencia en la gestión de sus aguas residuales, generando volúmenes importantes y muy variables de una empresa a otra (Massé y Masse 2000). Esta variación depende de diferentes factores, tales como las características operativas, el grado de procesamiento que se realiza de las menudencias y de las medidas que se adopten para evitar el derrame de materia orgánica (Tritt y Schuchardt 1992). Las lagunas de estabilización son el método de tratamiento biológico más simple y de menor costo para la depuración de líquidos residuales de origen industrial, razón por la cual su funcionamiento y métodos de diseño ha sido motivo de múltiples estudios durante las últimas décadas (Johns. 1995, Sroka et al. 2004). Para el caso particular del efluente de mataderos, el uso de lagunas anaerobias está muy extendido como sistema de pretratamiento de las lagunas de oxidación, puesto que permiten reducir la superficie requerida en su construcción y que desarrollen en ellas condiciones anaeróbicas durante el verano (Wang et al. 2007). Por sus características químicas, el efluente de la industria frigorífica se adapta muy bien a los tratamientos anaerobios: demanda química de oxígeno (DQO): 600 - 25.000 mg / l, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5): 500 - 11.500 mg / l, sólidos sedimentables (SS): 30 - 150 ml / l, nitrógeno Kjeldhal total (TKN): 250 - 700 mg / l, fósforo (P): 30 - 120 mg / l (Tritt y Schuchardt 1992). Si bien los manuales proponen parámetros de diseño en base a la carga contaminante vertida en el sistema expresada en términos de kg de DBO_5 o de DQO volcados por m^3 de laguna (Crites y Tchobanoclous 2000), resultan extremadamente valiosas las experiencias locales obtenidas a partir de ensayos a escala experimental y en planta de depuración en operación. En la mayoría de los casos la información disponible corresponde a experiencias realizadas en Europa (Bull et al. 1982, Tritt y Schurchardt 1992) y Australia (Johns 1995). Sin embargo, cuando se planifica la construcción de una playa de faena porcina, los datos locales disponibles para el diseño de los sistemas de tratamiento a partir de cargas de DQO son escasos en la región central de la República Argentina. Un apropiado diseño permitirá construir sistemas con una alta capacidad de remoción de la carga de materia orgánica que se le aporte (Haandel et al. 2006), para lo cual se debe contar con información confiable. En las nuevas plantas industriales a ser construidas y ante la falta de información sobre la composición y características del efluente, los diseños suelen apoyarse en la cantidad de cerdos que se faenarán. Se estima entonces un aporte líquido, de DBO_5 o de DQO por animal faenado, utilizando esta información para calcular una carga másica teórica en términos de kg DBO_5 / (m^3 x día) o de kg DQO / (m^3 x día) y utilizando estos parámetros para el posterior diseño de las instalaciones de depuración. Desafortunadamente los datos publicados respecto de la carga de DBO_5 o de DQO generada por animal o por kg faenado son escasos (Johns 1995) En el presente trabajo se pretende establecer la correlación existente entre el número de animales faenados y la masa de DQO generada por día a los efectos de determinar la validez del uso del número de cabezas faenadas como dato para la estimación de la carga másica a utilizar en el diseño de lagunas anaerobias para el tratamiento de efluentes de playas de faena.

Materiales y métodos

Los ensayos se realizaron sobre el efluente de una industria frigorífica con faena y desposte de cerdos. Anexa a la playa de faena opera una fábrica de chacinados. El efluente generado por las tareas de faena, desposte y elaboración de chacinados son conducidos en forma independiente hasta una reja de desbaste grueso, a partir de la cual continúan en forma conjunta hasta su vertido en una laguna anaeróbica. Se recolectó una muestra diaria del efluente proveniente de la playa de faena durante los días en que se realizó faena de cerdos a lo largo de cinco semanas, con un total de 20 muestras. Las muestras se recogieron sobre la línea de efluente proveniente de la playa de faena, en un punto inmediato anterior a la reunión de las tres corrientes (faena, desposte y elaboración de chacinados). Las muestras se extrajeron mediante un sistema de bombeo, recolectando 500 ml del líquido a intervalos regulares de quince minutos, iniciándose el muestreo con el comienzo de la faena y finalizando una vez completadas las tareas de limpieza de las instalaciones. Las fracciones se recogieron en un recipiente de polipropileno de capacidad suficiente mantenido bajo refrigeración entre 2 °C y 5 °C. A partir de esta muestra compuesta se extrajo el efluente destinado a los ensayos. Las muestras se filtraron con un tamiz de 150 micrones para retener sólidos en suspensión de gran tamaño (pelos, restos de carne, grasa, etc.). Para la determinación de la DQO se separaron 500 ml de la muestra compuesta en botellas de polietileno de capacidad suficiente, acidificándolas con ácido sulfúrico concentrado hasta pH = 2 y se mantuvieron refrigeradas entre 2 °C y 5 °C hasta el momento de realizar los análisis. Las determinaciones se llevaron a cabo antes de los siete días de extraídas las muestras. Las muestras se diluyeron con agua desmineralizada con una conductividad máxima de 2 μS (Biopack) para ajustar el valor de la DQO al rango de lectura del equipo analítico utilizado (Espectrofotómetro Hach DR 2800). Se realizó la digestión de 2,00 ml de la muestra diluida con una solución ácida de dicromato de potasio a 150 °C durante dos horas. Se determinó la DQO midiendo la concentración de catión Cr^{+3} formado durante la oxidación en caliente de la muestra, realizando la lectura fotométrica a 620 nm (Hach 1997). Se midió el volumen de agua consumida durante la actividad de faena y limpieza por la playa de faena utilizando un caudalímetro Krohne modelo Optiflux KC 101OC/6 colocado en la tubería de abastecimiento de agua para el sector. Como la totalidad del agua consumida es utilizada en tareas de lavados de reses y limpieza de las instalaciones, se asumió que el volumen de efluente generado era igual al de agua consumida. La masa corporal total faenada se obtuvo de las listas de faena presentadas por la empresa al Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria y se utilizó como indicador del tamaño de los animales faenados. Con la DQO y el volumen de efluente se calculó la carga másica de contaminante producida durante la faena y limpieza, expresada en kg DQO/día. Con los valores encontrados para cada caso se calculó la media aritmética y desvío estándar (SD). Se trató de establecer la existencia de correlación lineal entre el volumen de efluente generado y la carga másica con la cantidad de cabezas faenadas y el peso de las canales por medio del coeficiente de correlación de Pearson (r) (Salkind. 1999).

Resultado y discusión

La planta industrial faenó durante el período en el cual se realizaron los muestreos un total de 8.638 cabezas porcinas, con una media de 432 cabezas diarias, lo que equivale a 1.018 t de masa corporal (119 +/- 9 kg/cabeza). Las tareas de faena y limpieza generaron un promedio de 349 +/- 22 m^3/día de efluente (rango 296 a 380 m^3/día), con una DQO de 3.519 +/- 488 mg/l (rango 2.495 - 4650 mg/l). Estos valores corresponden a una generación de efluente media de 839 +/- 157 l/cabeza, variando en un rango amplio (505 – 1.104 l/cabeza). Medido en referencia a la masa corporal faenada, el volumen de efluente generado fue de 7.062 +/- 1.265 l/t, variando dentro de un rango de 4.377 a 8.919 l/t. Los valores encontrados se encuentran dentro de los rangos publicados en trabajos anteriores (Tritt y Schuchardt 1992).

La figura 1 muestra la relación existente entre la cantidad de cabezas faenadas y el volumen de efluente generado en cada una de las faenas estudiadas. (r = - 0,25).

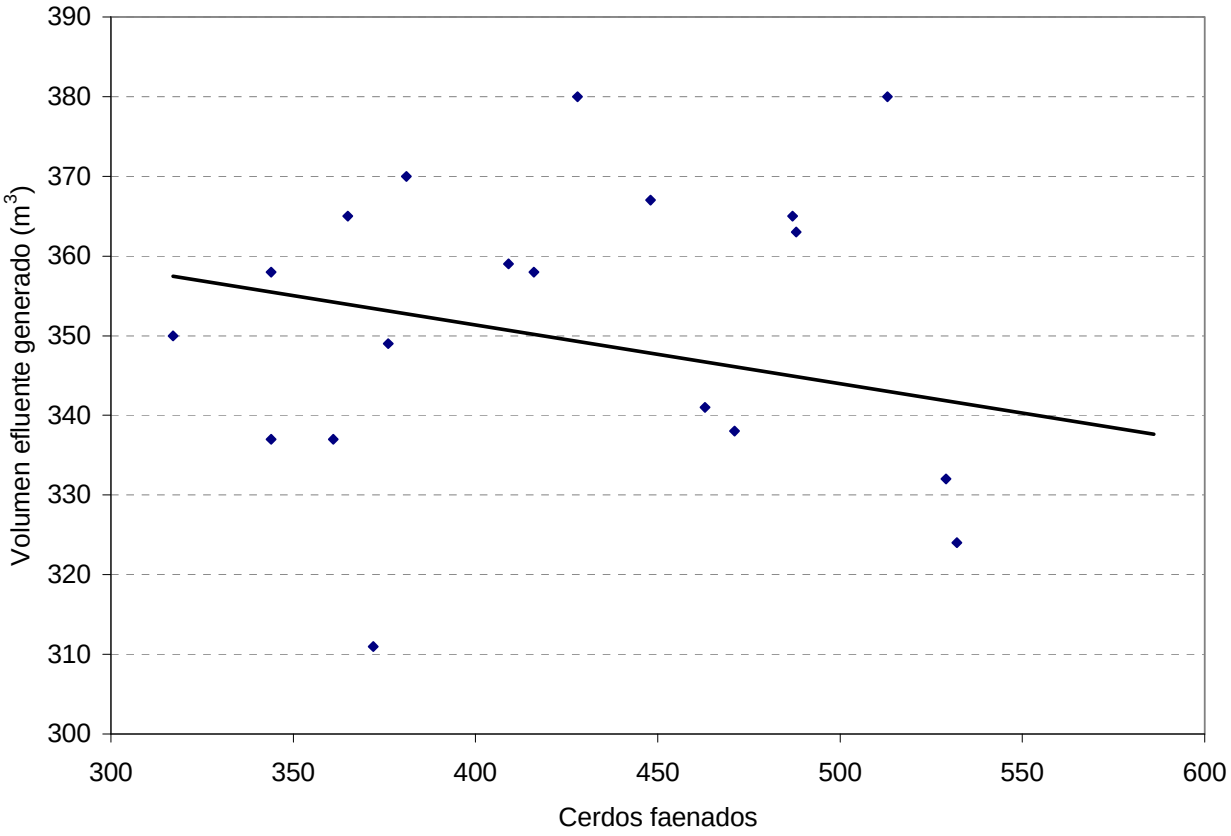


Figura 1. Relación entre el volumen de efluente generado y la cantidad de cerdos faenados

Se analizó además la relación entre el volumen de efluente generado y la masa corporal faenada, mostrándose los resultados en la figura 2 (r = -0,36).

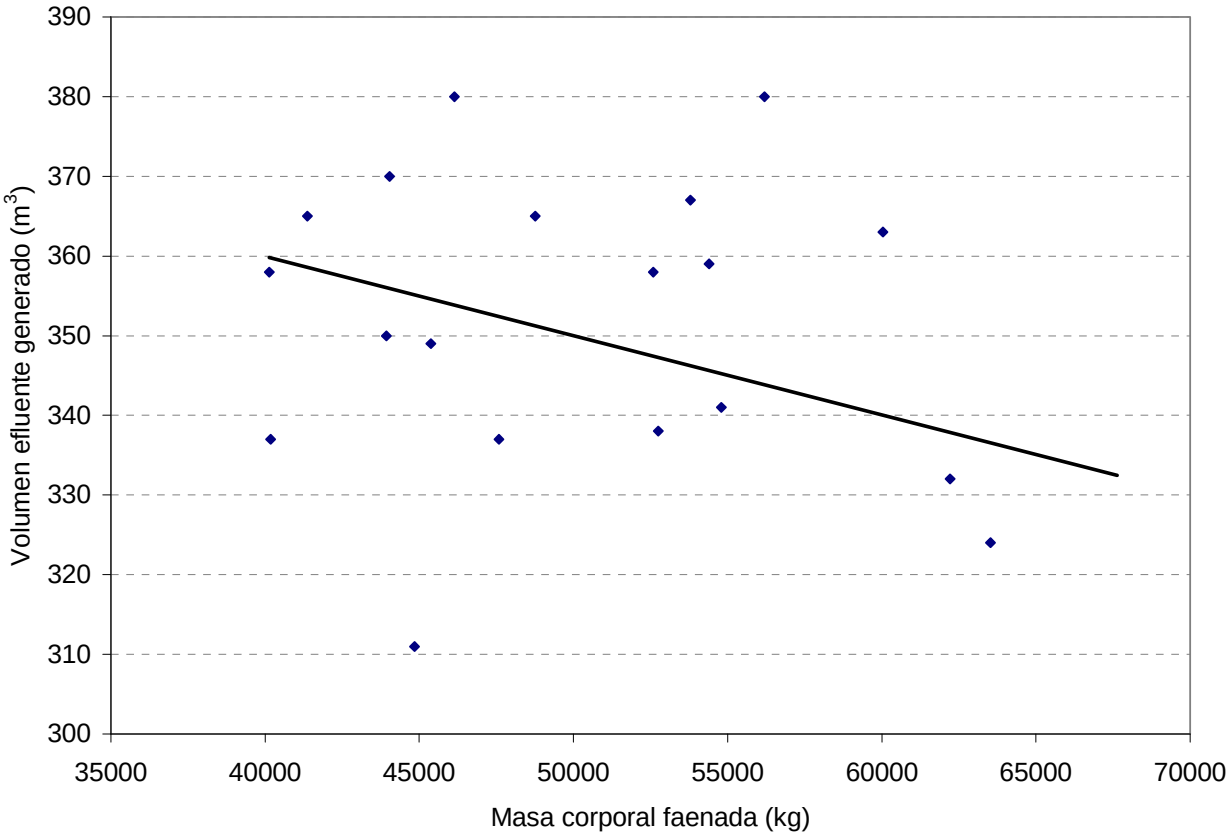


Figura 2. Relación entre el volumen de efluente generado y la masa corporal faenada

Las actividades desarrolladas en la playa de faena generaron una carga de materia orgánica vertida al efluente que osciló entre 923 y 1.767 kg DQO/día, con una media de 1.225 kg DQO/día (SD = 185 kg/día). Los valores diarios obtenidos se muestran en la tabla 1. Estos valores correspondieron a 2,9 kg DQO/cabeza faenada con un rango de 1,8 – 4,3 kg DQO/cabeza (SD = 0,6 kg DQO/cabeza faenada). Medidos en términos de masa corporal faenada, la carga de materia orgánica vertida al efluente fue de 24,7 kg DQO/t y un rango 15,5 – 31,4 kg DQO/t (SD= 4,9 kg DQO/t).

Tabla 1. Carga másica de sustancias demandantes de oxígeno vertidas al efluente en cada día de muestreo.

Muestra N°	Carga de materia orgánica vertida (kg DQO / día)
1	1.425
2	1.115
3	1.064
4	1.767
5	923
6	1.276
7	1.262
8	1.048
9	1.355
10	1.046
11	1.312
12	1.347
13	1.136
14	1.118
15	1.203
16	1.278
17	1.232
18	1.092
19	1.281
20	1.425
MÁXIMO	1.767
MÍNIMO	923
MEDIA	1.225
SD	185
RANGO	844

Se analiza la relación existente entre la carga másica de materia orgánica vertida al efluente durante la faena expresada en kg DQO/día y la cantidad de cabezas diarias faenadas (r = 0,08). Los resultados se muestran en la figura 3.

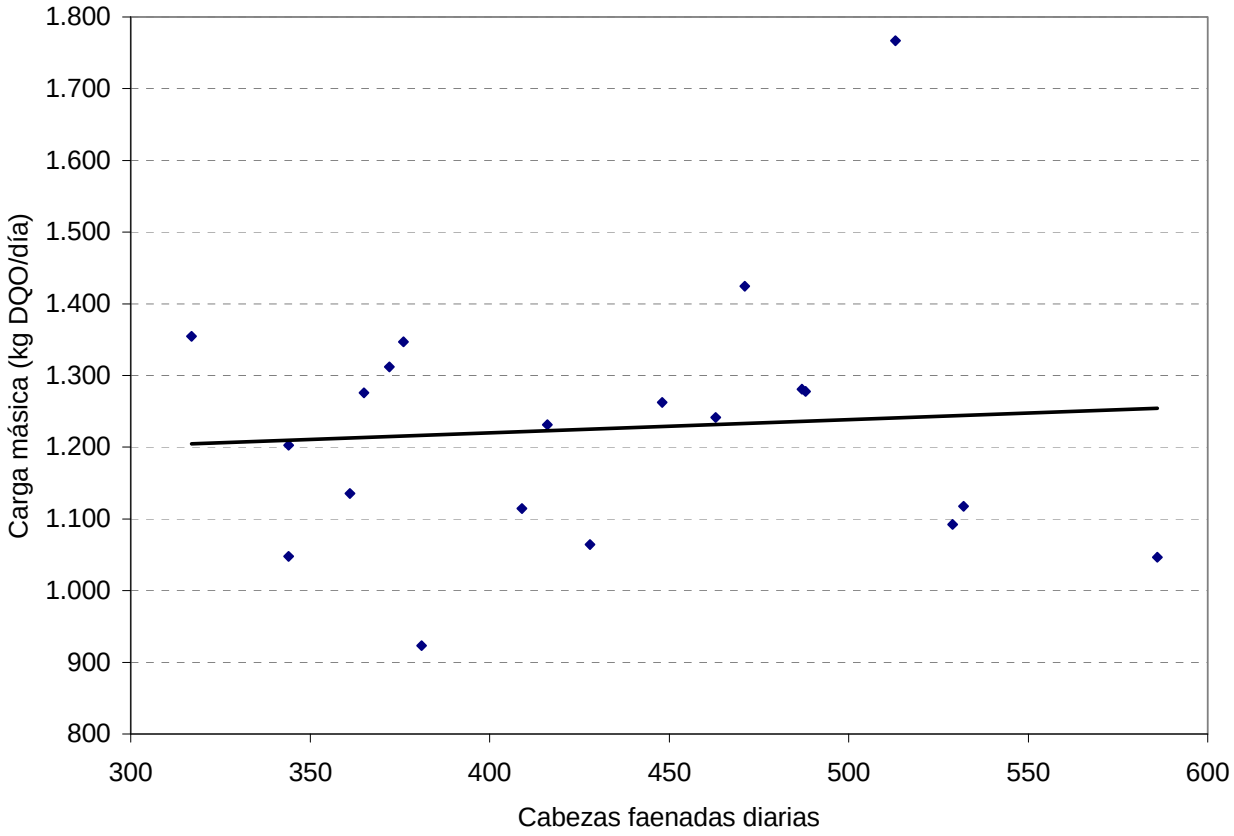


Figura 3. Relación entre la carga másica de DQO vertida al efluente y las cabezas faenadas diarias

La relación entre la masa total faenada expresada en kg/día y la carga másica de materia orgánica vertida al efluente (kg DQO/día) se muestra en el gráfico 4 (r = 0,008).

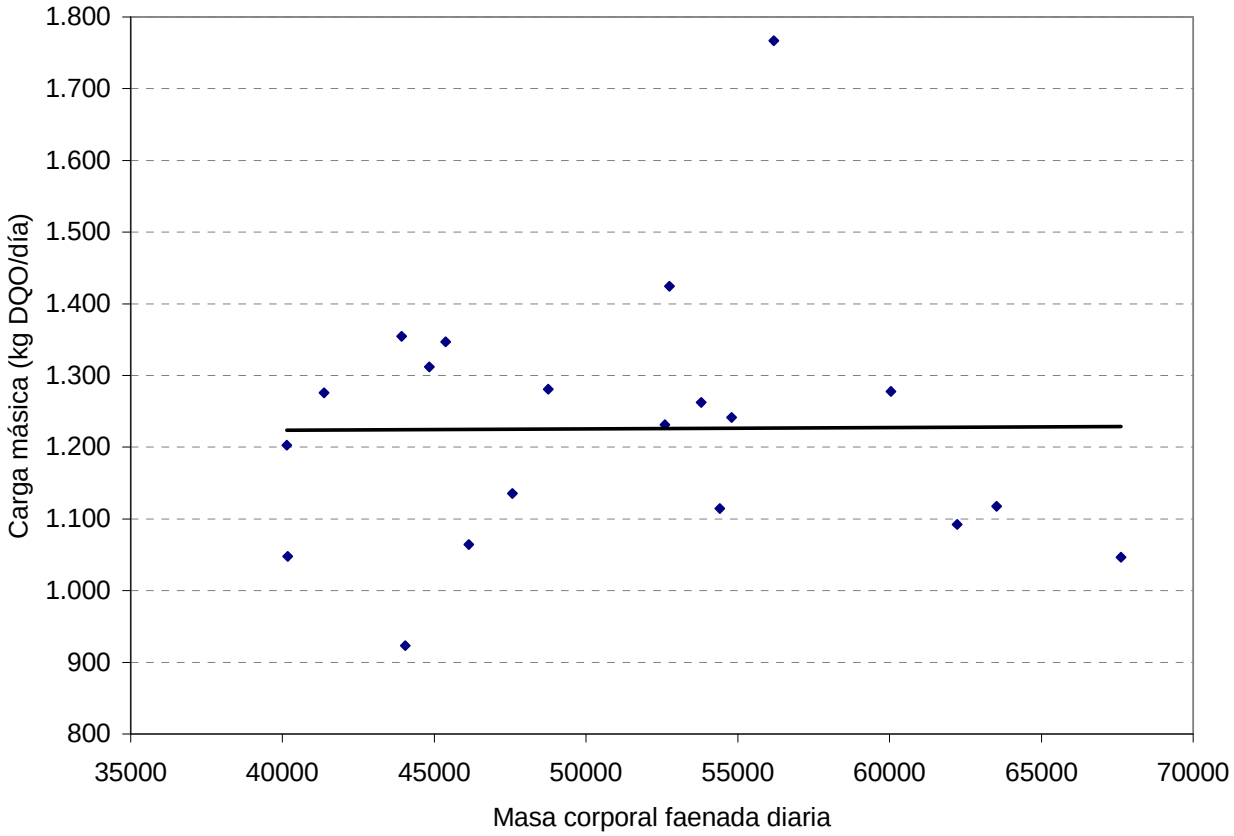


Figura 4. Relación entre la carga másica de DQO vertida al efluente y las masa corporal faenada

Conclusiones

El efluente generado en esta playa de faena porcina tiene una DQO similar a la informada en trabajos anteriores (Johns. 1995, Massé y Masse. 2000) para este tipo de efluentes, con una importante dispersión dentro de las muestras analizadas (3.519 +/- 488 mg/l). El volumen de efluente generado diariamente varía considerablemente entre las distintas muestras analizadas (349 +/- 22 m^3) y se observa que el volumen generado por animal faenado es similar a los informados en otras playas de faena (Tritt y Schuchardt 1992.), generando 839 +/- 157 l por cada animal faenado o 7.062 +/- 1.265 l/t de masa corporal faenada. El volumen de efluente generado diariamente muestra una correlación débil con la cantidad de cabezas (r = -0,25) y con la masa corporal total faenada diariamente (r = -0,36). Apenas el 6 % de la varianza del volumen de efluente y el 13 % de la varianza en la masa de DQO vertida al efluente pueden explicarse a partir de la varianza en la cantidad de cabezas y en la masa corporal total faenada respectivamente. Además se encuentra una correlación inversa, lo que constituye un resultado no esperable. Esto podría deberse a una operatividad poco apropiada en la playa de faena al aumentar el número de animales a procesar, más que a un aumento de la eficiencia en el uso del recurso agua y a una reducción en la generación de efluente con el incremento de actividad productiva. No obstante, esta conclusión no es definitiva y requiere de ulteriores evaluaciones dado el bajo valor del coeficiente de correlación de Pearson. En lo que hace a la carga contaminante transportada por el efluente medida en términos de masa de DQO, los valores son altos y varían considerablemente con las distintas faenas (1.225 +/- 185 kg DQO/día). La carga de DQO vertida al efluente es de 2,9 +/- 0,6 kg DQO/cabeza o 24,7 +/- 4,9 kg DQO/t masa corporal faenada. Los resultados muestran una escasa eficiencia en la reducción de la contaminación, con importante capacidad contaminante y amplia variación en la carga vertida. La carga másica de DQO transportada no parece correlacionarse con la cantidad de cabezas faenadas (r = 0,08) ni con el tamaño de los animales, evaluado este a partir de la masa corporal faenada (r = 0,008). Por tal motivo se

considera que no resulta válido utilizar la cantidad de cerdos faenados o la masa total faenada diariamente como parámetro de diseño (caudal, carga másica de DQO) de los sistemas de depuración destinados al tratamiento de este tipo de efluente. La medición de la carga másica medida en términos de kg DQO/día resulta de fundamental importancia para un adecuado diseño. Dada la dispersión de los resultados encontrados en los diferentes parámetros utilizados para el diseño de las instalaciones de depuración (caudal diario, DQO, carga contaminante transportada), es importante contar con múltiples determinaciones en diferentes días de trabajo para acotar el error en la selección de los parámetros aplicables al diseño de las instalaciones de depuración.

Referencias

Bull, M. A., Sterrit, R. M., Lester, J. N. 1982. The treatment of wastewaters from the meat industry: a review. Environmental Technology Letters. 3:117-126.

Crites, R.; Tchobanoclous, G. 2000. Capítulo 7: Sistema de tratamiento con lagunas. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Mc Graw Hill. 475 – 510.

Haandel, A.; Kato, M.; Cavalcanti, P.; Florencio, L. 2006. Anaerobic reactor design concepts for the treatment of domestic wastewater. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology. 5 : 57 – 71.

Hach. Water analysis handbook. 1997. Chemical oxygen demand. Method 8000. Hach company. Loveland, Co. U.S.A. 942 – 957.

Johns, M. R. 1995. Developments in watewater treatment in the meat processing industry: a review. Bioresource Technology 54: 203 – 216.

Massé, D.I.; Masse, L. 2000. Characterization of wastewater from hog slaughterhouses in Eastern Canada and evaluation of their in-plant wastewater treatmente systems. Canadian Agricultural Engineering. 42 (3), 139 – 146.

Salkind, N. J. 1999. Capítulo 9: Métodos de investigación no experimentales. Métodos de investigación. Prentice Hall, Inc. México. 225 – 227.

Sroka, E., Kaminski, W., Bohdziewiz, J. 2004. Biological treatment of meat industry wastewater. Desalination. 162: 85 – 91.

Tritt, W.P., Schuchardt, F. 1992. Material flow and possibilities of treating liquid and solid wastes from slaughterhouses in Germany. A review. Bioresource Technology. 41: 235 - 245.

Wang, L. K., Hung, Y. T., Chen, J.P. 2007. Animal waste treatment using anaerobic lagoons. Biosolid treatment processes. Handbook of environmental engineering. 7 : 431 – 450.

Agradecimientos

El presente trabajo fue posible gracias al aporte del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba a través del programa de apoyo a grupos de investigación de reciente formación GRF 2010.

TRATAMIENTO DEL AGUA DE LAVADO DE LA INDUSTRIA LÁCTEA MEDIANTE ÓSMOSIS INVERSA

Di Guilmi Celeste M. L.[1]

1. Departamento de Ingeniería Química- Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA)
Av. del Valle 5737, (7400) 02284-451055 diguilmi@gmail.com

Resumen

El presente trabajo abarca el estudio de un proceso de recuperación del agua del primer enjuague en el lavado de los equipos de una industria láctea argentina. En primera instancia se realizaron ensayos a escala piloto para estudiar distintos aspectos del proceso, los cuales permitieron concluir que el proceso de ósmosis inversa en una etapa es de utilidad para dicho tratamiento, obteniendo un permeado con baja concentración de proteínas y conductividad y un concentrado de sólidos lácteos el cual puede ser reutilizado. Con los resultados obtenidos se desarrolló un proceso industrial para el tratamiento de 22.223 L/h de efluente, durante 12 horas diarias, obteniéndose 20.001 L/h de permeado y 2.222 L/h de concentrado. Respecto al permeado, se contempla su empleo como agua para el lavado de pisos, camiones y otros elementos de la propia industria láctea. Asimismo, se plantearon dos alternativas para la utilización del concentrado, ya sea como insumo para la industria de alimentos balanceados o para su re-incorporación al proceso productivo lácteo. Para la primera opción es necesaria la utilización de un secadero spray para la obtención de un concentrado lácteo en polvo, así como la instalación del sistema de transporte de fluidos y tanques de almacenamiento. La segunda alternativa comprende los sistemas de transporte del concentrado al mismo proceso productivo, para su utilización en la elaboración de otros productos lácteos, por ejemplo, yogur. El análisis de evaluación económica determinó que la segunda alternativa es un proyecto económicamente viable, sin embargo no lo es la primera opción. De esta forma, la aplicación de los procesos de separación por membranas pueden considerarse una herramienta de prevención, que procura reducir la captación de agua, el volumen de efluente y, en consecuencia, reducir costos de producción. Al mismo tiempo, la aplicación de los sólidos lácteos en otros subproductos complementa la cadena de reaprovechamiento, obteniéndose un proceso con mayor eficiencia.

Palabras claves: industria láctea, ósmosis inversa, efluentes.

Abstract

This work includes the study of recovery process of first rinse water in the washing equipment of a dairy product industry in Argentina. First, pilot scale tests to study different aspects of the process were performed, which allowed to conclude that the reverse osmosis process in one step is useful for this treatment, obtaining a permeate with low conductivity and protein concentration and a concentrate of milk solids which can be reused. With the obtained results, it was developed an

industrial process for the treatment of 22.223 L/h of effluent, during 12 hours daily, obtaining 20.001 L/h of permeate and 2.222 L/h of concentrate. For permeate, it is proposed to use it as water for washing floors, trucks and others elements of dairy industry. Also, two alternatives were proposed to use of the concentrate, as input for the balanced food industry or for reinstatement to the dairy production process. For the first option, it is necessary to use a spray dryer to obtain a powder concentrate and the installation of fluid transport and storage tanks. The second alternative involves the concentrate transport systems to the same production process, for its use in the manufacture of other dairy products, for example, yogurt. The economic evaluation analysis determined that the second alternative is economically viable; but not the first one. Thus, the application of the membrane separation process can be considered a prevention tool, which seeks to reduce the uptake of water, the volume of effluent and, consequently, the reduction of production costs. At the same time, the application of milk solids in other by-products complements the reuse chain, resulting in a more efficient process.

Keywords: dairy industry, reverse osmosis, effluent.

Introducción

El presente trabajo fue presentado como Proyecto Final de Carrera para obtener el grado de Ingeniero Químico. El mismo se llevó a cabo en el Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina y en la Universidad de Passo Fundo, Brasil. Este trabajo abarca el estudio de un proceso de recuperación del agua del primer enjuague en el lavado de los equipos de una industria láctea argentina, instalada en la provincia de Buenos Aires. En primera instancia se realizaron ensayos a escala piloto para estudiar distintos aspectos del proceso, los cuales se llevaron a cabo en la Universidad de Passo Fundo, Brasil.

Argentina es tradicionalmente un país productor e industrializador de leche, con una capacidad de producción actual que supera ampliamente los volúmenes requeridos para satisfacer la demanda interna. En los últimos años, el sector lechero argentino ha alcanzado un desarrollo tal que lo pone en condiciones inmejorables para asumir el desafío de la exportación. La República Argentina cuenta con alrededor de 11.500 tambos (ubicados principalmente en las provincias de Córdoba, Santa Fe, Buenos Aires, Entre Ríos, La Pampa, Santiago del Estero y algunas zonas menores en el resto del país) con unas 1,8 millones de vacas en ordeño, que totalizaron una producción de 11.600 millones de litros de leche en el año 2011 (M.A.G.y P., 2012a).

Las industrias de productos lácteos generan grandes volúmenes de efluentes debido a la necesidad de una frecuente higienización y mantenimiento de la limpieza en la línea de producción. El volumen de efluente generado por las plantas de procesamiento de leche varía de acuerdo con cada proceso y producto producido. Los coeficientes volumétricos pueden variar de 0,6 L a 11 L de efluentes por cada litro de leche procesada (Brião, 2000).

La industria de productos lácteos genera efluentes con alta de carga orgánica (residuos de leche diluida en cantidades variables y sus derivados procesados). La cantidad de la carga orgánica y de contaminantes del agua residual es muy variada dependiendo, sobre todo, del agua utilizada, del tipo de proceso y del control ejercido sobre las descargas de residuos (Braile y Cavalcanti, 1993). El efluente generado en la higienización está compuesto de un licor rico en lípidos, carbohidratos (principalmente lactosa) y proteínas (principalmente caseínas) que pasan a ser contaminantes si son arrojados directamente en los cuerpos receptores (Peirano, 1995). Los contaminantes inorgánicos, en especial nitrógeno y fósforo, son generados en gran cantidad en las plantas de lácteos. Si bien son esenciales como nutrientes para tratamientos biológicos, cuando están en exceso pueden ocasionar la eutrofización de los ríos (Brião, 2000).

Las operaciones de higienización de las industrias de productos lácteos tienen como objetivo primordial la remoción de residuos orgánicos y minerales adheridos a las superficies, constituidos principalmente por proteínas, lípidos, carbohidratos y minerales. En general, la higienización de los equipos de las plantas de productos lácteos utiliza el sistema de limpieza CIP. El Sistema Brasilero de Respuestas Técnicas (SBRT, 2007) describe las etapas que involucran el sistema CIP de limpieza, conforme el diagrama de flujo de la Figura 1.

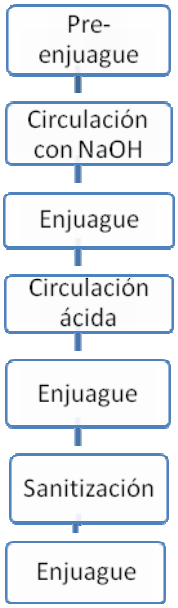


Figura 1. Diagrama de flujo de la limpieza CIP. Fuente: SBRT (2007)

La reducción del volumen de efluente de la industria láctea enviado a la planta de tratamiento y la minimización de la carga del mismo pueden ser abordados desde un doble enfoque. El primero se refiere a la reducción del consumo de agua, la cual es obtenida por medio de la prevención. El segundo enfoque es realizado con el tratamiento "*in plant*", en el cual los procesos son instalados en complementación a los tradicionales, buscando remover la carga orgánica del efluente y recuperar un concentrado para la reutilización (Brião, 2007).

La recuperación de subproductos en la industria de alimentos es una fuente de estudios a lo largo de años, varios sectores vienen procurando minimizar los efluentes con la valorización de los subproductos. La naturaleza específica de cada instalación y producto procesado ocasionan gran variación en los volúmenes y cargas de efluentes. En general, el efluente contiene gran cantidad de materia orgánica, abriendo un espacio para la aplicación de tecnologías con membranas. Los sistemas de ultrafiltración pueden ser aplicados para separar sólidos suspendidos y microorganismos, en tanto, la combinación de ultrafiltración y ósmosis inversa eliminan también sólidos disueltos, produciendo un permeado con óptima calidad (Skelton, 2000).

La caracterización del efluente varía de acuerdo con el proceso de industrialización, la capacidad productiva, el desempeño de la industria, el sistema utilizado para la higienización de las instalaciones y la calidad de la materia prima. En tanto, sin el tratamiento adecuado, el impacto ambiental es alto en todos los casos. Para minimizar la generación de estos efluentes, uno de los caminos principales es la reutilización del agua e incorporación en la unidad industrial. Tratar el efluente puede permitir no solamente su reutilización, sino también su valorización por medio de la recuperación de proteínas y lípidos. En el caso de que el efluente generado tenga una carga biológica incompatible con la incorporación en la producción, hay aun otras actividades en las cuales se requiere agua con un menor grado de pureza, como lavado externo de pisos y automóviles, descarga, jardinería y sistema de refrigeración (Leite & Derivados, 2007).

En la industria de productos lácteos, los procesos de separación con membranas presentan un gran potencial para el tratamiento de efluentes, visto que sería posible la reducción de la carga orgánica como una parte integrada a la línea de producción (Figura 2). La reutilización y el reciclo de efluentes surge como una alternativa para la minimización de la eliminación de efluentes, evitando la sobrecarga en los sistemas de tratamiento y sirve como una herramienta en la reducción de costos. El concentrado obtenido (carga orgánica) puede ser reaprovechado, por ejemplo, para la elaboración de alimentos balanceados. De esa forma, la aplicación de los procesos de separación por membranas sería considerada una herramienta de prevención.

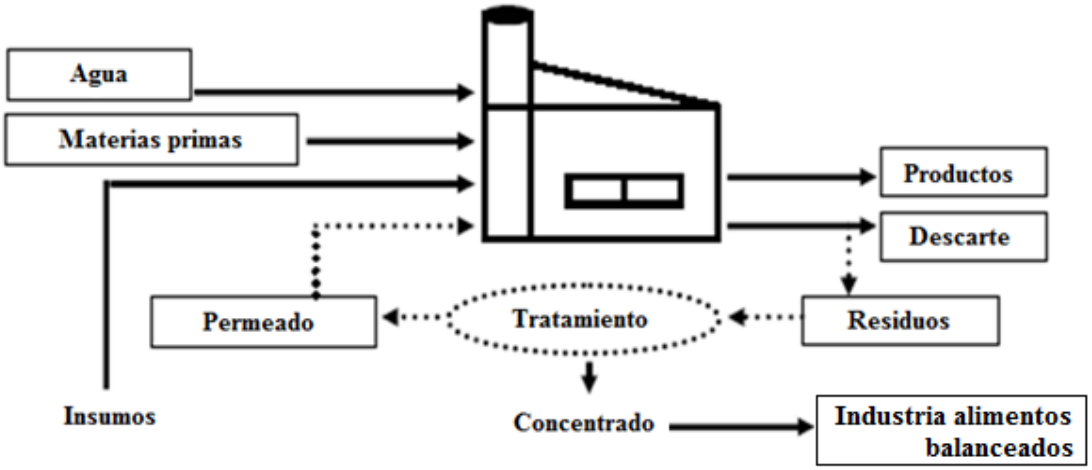


Figura 2. Proceso de ósmosis inversa integrado al sistema industrial para la reducción del efluente destinado a la planta de tratamientos.

Otra alternativa para el aprovechamiento del concentrado es recircularlo al proceso productivo para la elaboración de otros productos lácteos. Skelton (2000) sugiere la aplicación de este concentrado, rico en proteínas y lípidos, en la elaboración de subproductos lácteos, sustituyendo parcialmente la leche por el mismo. La adición de sólidos de origen lácteo es permitida por la legislación de Brasil (Brasil, 1997), lo cual es aplicado comercialmente por algunas empresas, por ejemplo utilizando el suero resultante del batido de manteca o el suero de queso. Estos subproductos lácteos pueden ser el dulce de leche o bebida láctea (yogur) (Bum et al., 2009)

Considerando la legislación argentina respecto a la elaboración de yogur (Código Alimentario Argentino), el Reglamento técnico Mercosur de identidad y calidad de leches fermentadas y la Norma del CODEX para leches fermentadas (2011), el concentrado lácteo también puede ser aprovechado para la elaboración de estos productos, como lo sugiere Skelton (2000). No obstante, se debería realizar un análisis más profundo del producto en lo que respecta a su calidad y aceptación por el consumidor a nivel nacional. En Brasil se ha evaluado dicha alternativa, obteniéndose resultados positivos de los análisis sensoriales (Brião, 2011).

El objetivo general de este trabajo es disminuir el impacto ambiental generado por la industria láctea mediante el tratamiento del agua de primer enjuague de los equipos, empleando ósmosis inversa y recuperando los sólidos de la leche y el agua para su reutilización en el sistema lácteo.

Materiales y métodos

Se simuló el agua del primer enjuague de los equipos de la industria láctea diluyendo leche en polvo integral en agua potable, en una proporción de 2 g/L (Brião, 2000 y Ballanec et al., 2002). Esta relación fue testada de modo que la DQO estuviese próxima a un valor característico

del efluente industrial de productos lácteos (2000 mg/L). La utilización de un efluente modelo se justifica por la necesidad de alimentar el proceso en condiciones homogéneas y constantes para que las variables de respuesta no sufran otras influencias que no sean el efecto de las variables independientes. Las experiencias se realizaron en el conjunto piloto de ósmosis inversa (WGM, Brasil) con membranas espirales para uso con agua y/o soluciones alimenticias. La membrana utilizada era de poliamida, de configuración espiral con un área de filtración de 7,1 m^2, 9,6 cm de diámetro y 96,5 cm de longitud (modelo 3838HR-NYV; Koch Membrane Systems, USA). Se comparó la operación realizada en una etapa (Experiencia I) con una filtración en serie con dos membranas (Experiencia II, dos etapas).

La alimentación, el permeado y el concentrado se caracterizaron en lo que respecta a sólidos totales, proteína, lípidos, lactosa, pH, conductividad, DQO (Demanda Química de Oxígeno), materia orgánica, nitrógeno, color y turbidez, según normas especificas (AOAC, 2000; . APHA, 1995 ; Sakai 2002).

Con los resultados obtenidos se desarrolló, diseñó y evaluó económicamente un proceso industrial, empleando un sistema de filtración por membranas para la recuperación del agua del primer enjuague de una industria láctea argentina localizada en la provincia de Buenos Aires. Para el diseño de los equipos necesarios se asumió un volumen de producción de una industria argentina de lácteos, la cual durante el mes de enero del 2012 procesó 40.000.000 litros de leche. El volumen de efluente generado por las plantas de procesamiento de leche para este proyecto se estimó que es de 1 litro de efluentes para cada litro de leche procesada, en donde el 20 % corresponde al agua del primer enjuague, por lo que el caudal de efluente a procesar resulta de 8.000.000 L/mes.

Resultados y discusión

En las tablas 1 y 2 se presentan los valores obtenidos de la caracterización fisicoquímica de las corrientes del proceso de filtración, correspondiente a las diferentes experiencias realizadas.

Tabla 1. Resultados obtenidos de la Experiencia I (ósmosis inversa en una etapa).

Parámetro	Experiencia I			
	Alimentación	Permeado I	Concentrado I	Rechazo %
pH	6,6	6,51	6,85	-
Color	41	0	47	-
Turbidez	34	0	31	-
Conductividad (uS/cm)	56,6	7,43	75,9	86,87
DQO (mg/L)	2734,29	11,05	2213,55	99,60
Lactosa (mg/L)	1786,37	60,66	1643,05	96,60
Proteína (mg/L)	250,10	52,40	264,39	79,05
Nitrógeno (mg/L)	39,20	8,21	41,44	79,05
Sólidos totales (mg/L)	1728,00	86,67	1802,00	94,98
Lípidos (mg/L)	273,67	38,67	399,67	85,87
Materia Orgánica (mg/L)	501,12	4,10	481,50	99,18
Sólidos totales (g/100mL)	0,173	0,01	0,180	94,98

La composición final de la corriente de permeado determina la eficiencia del proceso como un todo, una vez que posee valores bajos de proteínas y de conductividad (presencia de material mineral).

Tabla 2. Resultados obtenidos la Experiencia II (ósmosis inversa en dos etapas).

Parámetro	Permeado II	Concentrado II	Rechazo %
pH	6,09	6,56	-
Color	0,00	0,00	-
Turbidez	1,00	0,50	-
Conductividad (uS/cm)	3,01	17,27	94,68
DQO (mg/L)	6,03	21,89	99,78
Lactosa (mg/L)	56,05	60,66	96,86
Proteína (mg/L)	34,54	32,16	86,19
Nitrógeno (mg/L)	5,41	5,04	86,19
Sólidos totales (mg/L)	Nd[1]	Nd	Nd
Lípidos (mg/L)	16,00	24,67	94,15
Materia Orgánica (mg/L)	3,12	4,35	99,38

En lo que respecta a una filtración en serie con dos membranas, en general, no se observó una reducción apreciablemente superior de la concentración de los distintos parámetros analizados respecto a la obtenida con la Experiencia I, por lo que este sistema no sería necesario. En lo que respecta al DQO y la concentración de nitrógeno, es posible obtener los valores permisibles para el envío del permeado a un cuerpo de agua superficial, empleando una sola membrana de configuración espiral (DQO menor a 150 mg/L y 20 mg/L de nitrógeno total permitido, para la legislación brasilera; mientras que para la legislación argentina se permite un máximo de 250 mg/L de DQO y 35 mg/L de nitrógeno total). Si bien, una sola etapa de filtración no sería suficiente para cumplir con la legislación brasilera en lo que corresponde a la máxima concentración de lípidos autorizada, dicho proceso permitiría obtener un permeado acorde a lo establecido en las normas argentinas. Por otro lado, un sistema en serie implicaría mayores costos, lo cuales no se justifican con la purificación que se obtendría del permeado, considerando el caso de una industria láctea situada en la Argentina.

Al mismo tiempo, utilizando el proceso de ósmosis inversa, fue posible obtener un concentrado de sólidos lácteos, el cual puede ser, previo secado, destinado para la fabricación de alimentos balanceados para animales, en reemplazo de la leche en polvo convencional o para su recirculación en el mismo proceso productivo de la industria láctea para, por ejemplo, la fabricación de yogur.

Proceso de recuperación del agua del primer enjuague

En las Figuras 3 y 4 se muestran los diagramas de flujo de los dos procesos seleccionados para el tratamiento del agua de primer enjuague de los equipos de la industria láctea. Se plantearon dos alternativas de procesos posibles, en función de los destinos que se le pueden dar al concentrado, para la industria de alimentos balanceados o para reutilizarlo en el mismo proceso productivo de la industria láctea.

En la Alternativa 1 (Figura 3), el proceso de recuperación del agua de primer enjuague incluye una operación de filtración (equipo de ósmosis inversa) para obtener un concentrado lácteo (concentrado) y el agua residual (permeado). Además, posee una operación de secado para obtener un subproducto lácteo en polvo (secadero spray flujo en paralelo, atomizador rotativo, modelo 5850-Galaxie, Argentina). Para el dimensionamiento del equipo de filtración se consideró un caudal de alimentación de 266.667 L/día y 12 horas de trabajo del equipo de ósmosis inversa, reservando otras 12 horas para lavado y parada, ya que los filtros con

[1] Nd: No determinado.

membranas deben ser sometidos al sistema CIP de limpieza (6 horas de limpieza). Para dicho tratamiento se requiere un equipo de ósmosis inversa con 13 membranas de filtración (espirales, de poliamida, área filtrante de 444,5 m^2) obteniéndose 20.001 L/h de permeado y 2.222L/h de concentrado. Para la selección del equipo de secado se tuvo en cuenta que el mismo funciona 24 horas al día, siendo necesario la incorporación de tanques de proceso para acumular el concentrado, debido a que ellos se llenan en 12 horas (cuando funciona el equipo de ósmosis inversa) pero son vaciados en 24 horas debido a que el secadero funciona 24 horas al día. Por la misma razón, se adiciona un sistema de bombas en paralelo, para asegurar el flujo de materia prima requerida por el equipo de secado. Se seleccionó un secadero spray cuyo flujo es en paralelo, ya que el mismo es útil para materiales termosensibles, dotado de un atomizador de presión ya que el fluido (concentrado) tiene baja viscosidad.

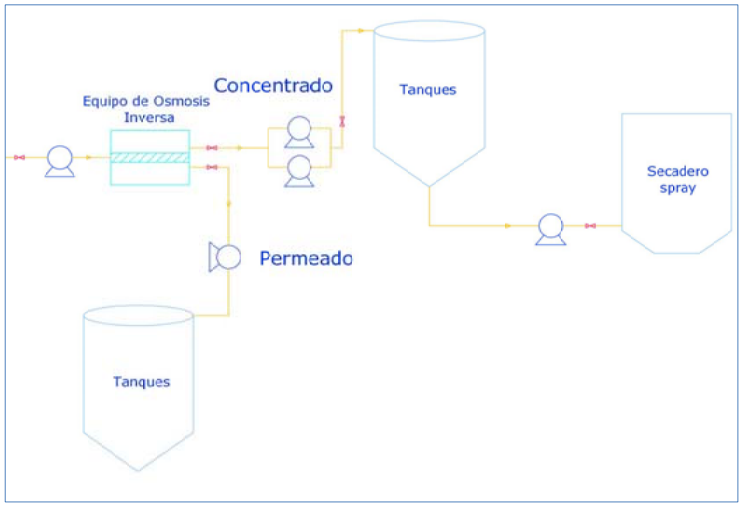


Figura 3. Diagrama de flujo del sistema de recuperación del agua de primer enjuague de los equipos de la industria láctea, para la Alternativa 1

En la Alternativa 2 (Figura 4), se incluye la operación de filtración, sin la necesidad del agregado de los tanques de almacenamiento para el concentrado ya que el mismo es directamente enviado al proceso productivo para la elaboración de subproductos lácteos, además de los tanques para acumular el permeado.

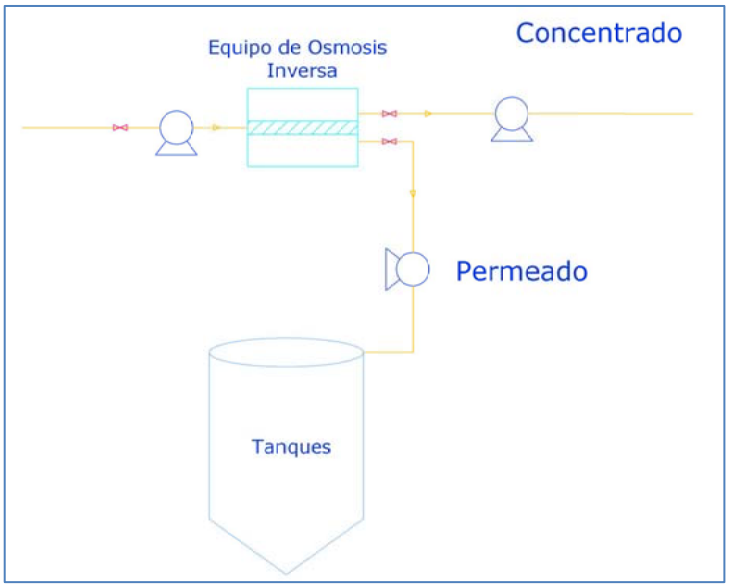


Figura 4. Diagrama de flujo del sistema de recuperación del agua de primer enjuague de los equipos de la industria láctea, para la Alternativa 2.

Con respecto al trasporte del fluido, fue necesario efectuar el diseño del sistema de cañerías, bombas y accesorios. Además, se seleccionaron los tanques de almacenamiento (acero inoxidable calidad AISI 304) necesarios para los líquidos obtenidos luego de la filtración (concentrado y permeado).

Evaluación económica

El estudio de la evaluación económica es la parte final del análisis de factibilidad de un proyecto y es la que indica si un proyecto será rentable o no. Este análisis se realizó para las dos alternativas propuestas, en función del destino que se le dio al concentrado obtenido de la filtración por membrana de ósmosis inversa. Por un lado, la Alternativa 1, en donde se plantea el secado del mismo y por otro la Alternativa 2, en donde se considera la recirculación del concentrado en el mismo sistema productivo de la industria láctea, para la producción de yogur.

En la Alternativa 1, el resultado del valor actual neto (VAN, valor negativo) indicaría que no es conveniente realizar este proyecto ya que las colocaciones de capital necesarias no superan los ingresos. Es de destacar que este proceso requiere, además de una gran inversión, elevados costos de mantenimiento del secadero. Sin embrago, el valor agregado de recuperar un efluente y destinarlo como agua de proceso, reduciendo de esta manera la contaminación no se puede apreciar solamente desde el punto de vista de valores numéricos. Si se tiene en cuenta la necesidad de generar proyectos que sean sustentables, se podrá apreciar el valor social y ambiental, que con el tiempo se traduce en un valor económico y allí está determinada la verdadera amortización de la inversión que se debe realizar. Respecto a la alternativa 2, se puede decir que el proyecto resulta económicamente viable, con una tasa interna de retorno del 80 %, obteniéndose de esta manera un doble beneficio, el económico y el ambiental.

Conclusiones

Las experiencias a escala piloto permitieron concluir que el proceso de ósmosis inversa en una etapa es de utilidad para el tratamiento del agua de primer enjuague de los equipos de la industria láctea, obteniendo un permeado de calidad adecuada para el envío del efluente a un cuerpo de agua superficial. Por lo que, el permeado resultante no necesitará pasar por la planta de tratamiento de efluentes, siendo inclusive posible la utilización directa en la industria para lavado de camiones, sanitarios, etc.

Asimismo, fue posible obtener un concentrado de sólidos lácteos el cual, previo secado, puede ser destinado para la fabricación de alimentos balanceados para animales en reemplazo de la leche en polvo convencional o como líquido para su recirculación en el mismo proceso productivo, en donde para la legislación argentina es posible el agregado de otros productos lácteos en la producción de leches fermentadas y yogur.

A escala industrial, se diseñó un proceso de tratamiento de agua del primer enjuague de los equipos de una industria láctea mediana instalada en la provincia de Buenos Aires que requiere de un equipo de ósmosis inversa con 13 membranas de filtración de poliamida, obteniéndose como productos un permeado y un concentrado, con usos potenciales diferentes.

Para obtener un proceso viable económica y tecnológicamente, se le debe otorgar un valor agregado a los productos obtenidos de la filtración. En lo que respecta al permeado, se puede prever su utilización en lavado de pisos, camiones, etc. Respecto al concentrado, una alternativa es obtener un concentrado lácteo en polvo empleando un secadero spray, el cual puede ser destinado a la industria de alimentos balanceados. Otra variante para este concentrado es recircularlo al sistema productivo lácteo, para la fabricación de yogur. Desde el punto de vista económico, esta última alternativa constituye un proyecto rentable, mientras que la obtención de

un concentrado lácteo en polvo (filtración por ósmosis inversa-secado spray) resulta un proyecto no viable.

Es de resaltar que, no obstante el proyecto sea o no rentable económicamente, se disminuye el impacto ambiental generado por la industria láctea mediante el tratamiento del agua de primer enjuague de los equipos, empleando ósmosis inversa, y recuperando los sólidos de la leche y el agua para su reutilización. De esa forma, la aplicación de los procesos de separación por membranas sería considerada una herramienta de prevención, que procura reducir la captación de agua, el volumen de efluente y, en consecuencia, reducir costos de producción. Y la aplicación de los sólidos lácteos en otros subproductos complementa la cadena de reaprovechamiento, obteniéndose un proceso con mayor eficiencia.

Con esta visión de futuro, a través de las leyes y demás herramientas legales, se debe recurrir a subvenciones o entidades que realicen proyectos que incluyan ese tipo de trabajos y lograr, en forma particular, que estos factores positivos para el medio ambiente se transformen en rentabilidad positiva para las empresas que opten por rediseñar o construir un espacio de trabajo saludable y sustentable.

Bibliografía

- ✓ **A.O.A.C.** Association Official of Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. AOAC International. 17th Ed. Gaithersburg, 2000.
- ✓ **A.P.H.A.** American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19 ed. Washington, 1995.
- ✓ **Ballanec, B.; Gésan-Guiziou, G.; Chaufer, B.; Rabillerbaudry, M.; Daufin, G.,** 2002. Treatment of dairy process waters by membrane operation for water reuse and milk constituents concentration. Desalination, Elsevier Science, v. 147, p. 89 – 94.
- ✓ **Braile, P. M.; Cavalcanti, J.E.W.A.**, 1993. Manual de tratamento de águas residuárias. São Paulo, Brasil: Cetesb.
- ✓ **Brasil.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº354, de 4 de setembro de 1997. Aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do doce de leite. Brasília, DF, 1997.
- ✓ **Brião, V. B.,** 2000. Estudo de prevenção à poluição em uma indústria de laticínios. Maringá, Brasil, EdUEM, 71 p. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá).
- ✓ **Brião, V. B.,** 2007. Processos de separação por membranas para reuso de efluentes de laticínios. Maringá, Brasil. (Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá).
- ✓ **Brião, V. B.,** 2011. Produção de bebida láctea com sólidos do leite recuperados de águas de primeiro enxágue por osmose inversa. Relatório técnico para a prestação de contas do projeto aprovado sob número 0905396 no Edital 05/2009 da FAPERGS – Procoredes VI. Passo Fundo, Brasil.
- ✓ **Bum, L.F.W; Santos Junior, L.C.O.; Benedetti, S.**, 2009. Reaproveitamento de Água de Processo e Resíduos da Indústria de Lacticínios. Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change. Brasil.
- ✓ **Código Alimentario Argentino.** A.N.M.A.T. Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica., Ley 18284/69. www.anmat.gov.ar. Acceso en Marzo 2013.
- ✓ **Galaxie, secado spray.** www.galaxie.com.ar. Argentina. Acceso en Marzo 2013.
- ✓ **GEA Filtration.** Filtração por membranas. Catálogo de exposição, 2006. http://www.geafiltration.com/index.asp. Acceso en Noviembre 2011.
- ✓ **Koch membrane systems**. Folheto técnico de membranas de osmose inversa. 2009.
- ✓ **Leite & Derivados**. A gestão do desperdício: laticínios ganham o reforço da tecnología na instalação de sistemas de reuso de efluentes industrial. Año XVI Nº10, set./oct. 2007, p. 36 – 39.
- ✓ **M.A.G.y P**. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la nación. www.minagri.gob.ar. Acceso en Mayo 2012a.
- ✓ **Norma del codex para leches fermentadas.** Organización Mundial de la Salud, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Códex Alimentarius, Leche y Productos Lácteos, Códex stan 243-2003. Roma, 2011.

- ✓ **Peirano, M. M. F**., 1995. Tratamento de efluentes em laticínios. Revista Leite e Derivados, nº21. São Paulo, Brasil: Dipemar.
- ✓ **Reglamento técnico Mercosur de identidad y calidad de leches fermentadas**. Mercosur/gmc/res nº 47/97. M.E.F.P. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. Presidencia de la Nación. http://www.mecon.gov.ar/. Acceso en marzo 2013.
- ✓ **Sakai, C. R.** 2002. Pré-tratamento de soro de queijo para obtenção de concentrado protéico por ultrafiltração. Uberlândia, Brasil: EdUFU, 102 p. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia).
- ✓ **SBRT**. Sistema Brasileiro de Respostas Técnicas. Higienização na indústria de laticínios. http://www.sbrt.ibict.br/upload/sbrt3449.pdf. Acceso en julio 2007.
- ✓ **Skelton, R.**, 2000. Membranes in food processing. Filtration and Separation. Amsterdan, Holanda: Elsevier Sciencev. 37 n. 3 p. 28 - 30.

CUANTIFICACIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO COMO INSTRUMENTO PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL

Llinares Analía, Ghibaudo María Eugenia, Villacorta Paula, Palacio Matías, Beccaglia Ana María, Pesce Silvia Fabiana

CEQUIMAP, Facultad de Ciencias Químicas, UNC.
M. Allende y Haya de la Torre – Ciudad Universitaria. Tel. 5353857. allinares@fcq.unc.edu.ar

RESUMEN

La eliminación de los residuos de origen humano ha constituido siempre un problema, generalmente, son desechados en los cuerpos de agua generando condiciones nocivas. Esta situación sumada a las complejas cuestiones ambientales, ha llevado al desarrollo de sistemas de tratamiento en los cuales químicos, biólogos e ingenieros han jugado papeles preponderantes. Uno de los análisis más utilizados para el control de las aguas residuales y sus sistemas de tratamiento es la cuantificación de la Demanda Química de Oxigeno, (DQO) ensayo que evalúa la concentración y la composición de la materia orgánica presente en los suministros de agua sin depurar, en las aguas residuales, en los efluentes tratados y para determinar la eficacia de los métodos de tratamiento. CEQUIMAP, es un laboratorio especializado en el área de la química, y el primer laboratorio de la UNC acreditado por el Organismo Argentino de Acreditación, bajo la Norma ISO/IEC 17025, lo cual garantiza a los clientes alta competencia técnica, la posibilidad de utilizar los resultados en el ámbito nacional o internacional y la confidencialidad en el tratamiento de sus muestras. Se ha logrado con rigurosos ensayos de base estadística, la validación, verificación y exitosa implementación del método para DQO. Se brinda así, la asistencia analítica a profesionales dedicados a la protección de los recursos hídricos; a las empresas y sus responsables de planta, para gestionar sus sistemas de tratamientos de aguas residuales; y a los organismos de control para regular sus actividades. El objetivo principal de presente trabajo es transmitir nuestra experiencia como soporte técnico implicado en la verificación del control de los procesos de las plantas de tratamientos de líquidos residuales, y de la protección ambiental a través de la medición del ensayo de DQO, bajo rigurosos controles de calidad analítica.

Palabras clave: aguas residuales, contaminación ambiental, análisis DQO.

Área Temática: Contaminación y Remediación.

ABSTRACT

The elimination of the residues of human origin has constituted always a problem, generally, they are rejected in the water bodies generating harmful conditions. This situation added to the complex environmental questions, has led to the system development of treatment in which

chemists, biologists and engineers have played preponderant role. One of the most used analyses for waste water and its treatment systems, is the Chemical Oxygen Demand (DQO) quantification, test that evaluates organic matter's concentration and composition present in water supplies without purifying, in wastewater, and to determine methods of treatment efficiency. CEQUIMAP, is a specialized laboratory in chemistry, and it is the first laboratory of the UNC accredited by the Argentine Organism of Accreditation, under the Norm ISO/IEC 17025, which guarantees high technical competition, the possibility of using the results in the national or international area and the confidentiality in the treatment of his samples to the clients. It has been achieved by rigorous tests of statistical base, the validation, check and successful implementation of the method for DQO. The analytical assistance is offered this way, to professionals dedicated to the protection of the water resources; to the companies and his persons in charge of plant, to manage his systems of treatments of wastewater; and to the organisms of control to regulate his activities. The principal aim of present work is to transmit our experience as technical support involved in the check of wastewater treatments plants control processes, and environmental protection across the measurement of DQO's test, under rigorous controls of analytical quality.

Key words: wastewater, environmental pollution, analysis DQO.

Thematic area: Pollution and Remediation.

INTRODUCCIÓN

Presentación del problema: Contaminación de los recursos hídricos.

El agua es una de las sustancias necesarias para el sostenimiento de la vida, y desde hace mucho tiempo se sabe que la contaminación de este precioso recurso natural genera muchas enfermedades humanas que pueden catalogarse dentro de las ETAs, (según la OMS: conjunto de enfermedades de carácter infeccioso o tóxico que son causadas o se creen causadas por el consumo de alimentos o aguas contaminadas). Durante muchos años la consideración más importante fue la creación de suministros de agua adecuados, higiénicos y seguros. Sin embargo las fuentes de aguas superficiales y subterráneas se han venido contaminando cada vez más debido al aumento de la actividad industrial y agrícola. La eliminación de los residuos de origen humano ha constituido siempre un problema. Con el desarrollo de las áreas urbanas fue necesario por salud pública y también estéticas, el diseño del alcantarillado para transportar estos residuos fuera del área. El depósito normal fue casi siempre la corriente de agua más cercana. Rápidamente se evidenció que los ríos y otros receptores de esta agua tenían poca capacidad para asimilar estos materiales sin generar condiciones nocivas. Esto llevó al desarrollo de sistemas de tratamiento en los cuales químicos, biólogos e ingenieros han jugado papeles preponderantes. Se ha progresado mucho en el arte y la ciencia del tratamiento de residuos en las últimas décadas, y esto ha sido posible por el conocimiento de los fundamentos del tratamiento de las aguas residuales establecido por los científicos de una amplia variedad de profesiones. La dinámica de las poblaciones en cuanto a crecimiento poblacional e industrial junto con las nuevas tecnologías de producción, han intensificado los problemas iniciales y creado otros nuevos en las áreas de suministro de agua, eliminación de basuras, contaminación de los recursos y cambios de las condiciones ambientales. Esta realidad junto con los estándares de vida cada vez mas elevados, presiona a los ingenieros ambientales en la búsqueda de nuevas fuentes, de mejorar su calidad original y en ese sentido de prevenir su contaminación. Con el correr del tiempo, los consumidores se han convertido en más exigentes en sus demandas, y hoy en día se espera que los ingenieros ambientales produzcan aguas de calidad, sin color, turbiedad, sabor, olor, nitratos, iones metálicos, compuestos orgánicos peligrosos y otros tantos químicos en una amplia variedad. Los problemas de salud asociados con estos químicos incluyen cáncer, defectos congénitos, enfermedades del sistema nervioso central, del sistema respiratorio y del corazón. En adición, la población también desea que el contenido de sólidos sea bajo para tener agua menos corrosiva y con menor dureza para evitar la formación de depósitos. En cuanto a la protección ambiental se

pueden citar los problemas ocasionados por las grasas y la biodegradabilidad de los contaminantes, la bioacumulación de tóxicos en los organismos acuáticos, la disminución del oxígeno disuelto y por lo tanto el cambio notorio de la calidad del recurso en cuanto a turbidez, olor, diversidad de especies etc. El importante papel que la ingeniería ambiental y la salud pública han desempeñado en la creación de abastecimientos de agua pura y de calidad adecuada, junto con las instalaciones para disposición de basuras y líquidos residuales, fue en aumento y ha sido reconocido a lo largo del tiempo. En estos términos se han empleado los conocimientos científicos para construir barreras de protección frente a las ya conocidas enfermedades de transmisión por consumo de agua y también para la contaminación de la misma, ya que no solo estamos hablando de producción de agua de buena calidad sino que se está atacando al tema desde la prevención de la contaminación, actividad aun más redituable a largo plazo. En la actualidad el consenso se ha logrado tratando de manera eficiente todas las aguas residuales en el mayor grado posible, independientemente de la capacidad de purificación que tenga el recurso, y así, la calidad de las aguas residuales o su estándares regulados superan en algunos casos los estándares establecidos para las aguas de abastecimiento.

Antecedentes de referencia: Demanda Química De Oxigeno (DQO).

Los análisis de la materia orgánica se efectúan para evaluar la concentración y la composición general de la misma, presente en los suministros de agua sin depurar, en las aguas residuales, en los efluentes tratados, y para determinar la eficacia de los métodos de tratamiento. La demanda química de oxigeno es un parámetro analítico de contaminación que mide el material orgánico contenido en una muestra liquida mediante oxidación química. La determinación de DQO es una medida de la cantidad de oxigeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Específicamente representa el contenido orgánico total de la muestra oxidable por dicromato en solución acida. Todos los compuestos orgánicos, con pocas excepciones, pueden ser oxidados a CO_2 y agua, mediante la acción de agentes oxidantes fuertes, en condiciones ácidas. La prueba de la DQO se usa extensamente en el análisis de los residuos industriales, tiene particular valor en estudios diseñados para determinar y controlar las salidas a los sistemas de desagüe. Como los resultados se pueden obtener en relativamente poco tiempo, se determina para tomar medidas correctivas en los sistemas de tratamiento el día en que ocurren. Conjuntamente con la prueba de DBO “Demanda Biológica de Oxígeno”, la DQO es útil para indicar las condiciones tóxicas y la presencia de sustancias orgánicas biológicamente resistentes. Junto con el valor de DBO permite determinar las condiciones de biodegradabilidad así como la eficiencia de las unidades de tratamiento. La prueba se utiliza ampliamente para la ejecución de medidas de tratamiento debido a la velocidad con la que se pueden obtener los resultados. El ensayo tiene la ventaja de ser más rápido que la DBO y no está sujeto a tantas variables como las que pueden presentarse en el ensayo biológico. Para las muestras de una fuente especifica, la DQO puede relacionarse empíricamente con la DBO, el carbono orgánico o la materia orgánica. La prueba es útil para monitorizar y controlar después de haber establecido la correlación. Una de las principales limitaciones de la prueba de DQO es la imposibilidad para diferenciar entre materia orgánica biológicamente oxidable y materia orgánica biológicamente inerte. Además, no proporciona ningún dato de la velocidad a la que el material biológicamente activo se estabiliza en las condiciones existentes en la naturaleza. La principal ventaja de la prueba de DQO es el poco tiempo que se necesita para la evaluación, la determinación se puede hacer aproximadamente en tres horas, en vez de los cinco días necesarios para la medición de la DBO. Por esta razón, en muchos casos se usa como sustituto de la prueba de DBO. Con frecuencia, los datos de la DQO se pueden interpretar en términos de valores de DBO después de que se ha acumulado suficiente experiencia para establecer factores de correlación confiables.

Objetivo de la investigación: Rol del laboratorio en la cuantificación de DQO.

Tal como en tantos otros lugares del mundo, en la provincia de Córdoba las demandas del recurso hídrico vinculadas al desarrollo económico y social, exigen la óptima utilización de las fuentes superficiales y subterráneas, así como la protección y conservación de la calidad de las

mismas, que se ven afectadas en mayor o menor grado por este desarrollo. Por consiguiente su empleo debe ser objeto de una juiciosa planificación, que tome en cuenta los aspectos más variados del suministro y de la disponibilidad en volumen y cantidad del mismo. En general, las empresas locales realizan sus actividades en predios industriales o zonas comerciales habilitadas para tal fin. Para el desarrollo de las mismas, utilizan agua en sus procesos industriales, pero también la utilizan para los procesos más elementales como limpieza, cocina, y riego, entre otros, generando por tanto las aguas residuales (AR). La utilización de cuerpos receptores superficiales y subterráneos por parte de personas físicas y/o jurídicas, deberá contar en la provincia de Córdoba, con la autorización previa y especifica de la Dirección Provincial de Agua y Saneamiento (DiPAS), ajustada a pautas y condiciones que se establecen en el Decreto 415/99. Es en esta etapa, donde la DiPAS exige los análisis de las AR para comparar con los valores permitidos establecidos en los anexos del Decreto 415/99. Estos deben ser realizados por un laboratorio reconocido oficialmente. Los representantes de las empresas, pueden comunicarse de manera independiente con el laboratorio solicitando el análisis de los parámetros regulados en el mencionado decreto, presupuestos por varias muestras, o hasta inclusive que personal del laboratorio realice los muestreos de sus AR. También pueden conectarse a través de los inspectores provinciales según ellos lo soliciten. En general, son varias las instancias de comunicación con el cliente, ya que normalmente se realiza un examen preliminar de la calidad de las AR y con estos resultados, los clientes y los profesionales vinculados a la protección ambiental trabajan en conjunto y realizan los ajustes correspondientes en los procesos y/o plantas de tratamiento para luego, una vez en regimen los parámetros de ensayo realizar la inspección oficial, y el análisis completo de los elementos que se encuentran regulados. Todos estos partícipes, en el desempeño de sus actividades, necesitan de los resultados seguros y confiables de ciertas determinaciones analíticas, o paquetes de ensayo, para controlar el desempeño de los tratamientos y confrontar con los límites tolerables o permitidos según la diversa legislación aplicable. CEQUIMAP es un laboratorio especializado en el área de la química, perteneciente a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Córdoba, fundado con el fin de realizar la vinculación entre el conocimiento universitario y el sector productivo de bienes y servicios. Hemos logrado ser el primer laboratorio de la UNC acreditado por el OAA (Organismo Argentino de Acreditación) bajo la Norma ISO/IEC 17025, lo cual garantiza a los clientes nuestra competencia técnica, la posibilidad de utilizar los resultados en el ámbito nacional o internacional y la confidencialidad en el tratamiento de sus muestras. Realizamos innumerables análisis y desarrollos de productos y procesos que nos valieron una larga y prestigiosa trayectoria en ámbitos especializados, como así también en el seno de la sociedad. Con trabajo hemos logrado imponer la seriedad y confianza en todos los servicios que realizamos, razón por la cual, organismos e instituciones nacionales, provinciales y municipales han recurrido a nuestro Centro cuando lo han necesitado. En este marco, desde nuestro laboratorio se brinda la asistencia analítica a profesionales del campo de la química y la biología, dedicados a la protección de los recursos hídricos. También se brinda la asistencia a las empresas productivas y sus responsables de planta, para conseguir poner en marcha y mantener en régimen sus sistemas de tratamientos de aguas residuales y posteriormente sus habilitaciones industriales por parte de los entes que regulan sus actividades. Debido a su trayectoria y a la acreditación de la competencia del laboratorio bajo norma ISO 17025:2005, CEQUIMAP asegura la calidad de sus resultados, para las AR, tanto en ensayos fisicoquímicos como microbiológicos. El objetivo principal del presente trabajo es transmitir nuestra experiencia como soporte técnico implicado en la verificación del control de los procesos de las plantas de tratamientos de líquidos residuales, y de la protección ambiental a través de éstos, de manera conjunta con el cumplimiento de los requisitos legislativos, en la relación sector productivo-organismos provinciales de control.

MATERIALES Y MÉTODOS

Método y técnica:

DQO en agua y efluentes según el método de referencia: 5220 D DQO, Método de Reflujo cerrado colorimétrico. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW).

Materiales utilizados:

- Agua libre de DQO: Usar agua Milli Q para preparar todos lo reactivos y diluciones.
- Solución de DQO patrón: Ftalato de Hidrogeno de Potasio (FHK).
- Reactor digital Block 200.
- Viales con tapón HACH. Solución de digestión para DQO.
- Espectrofotómetro UV-Visible.

Diseño experimental

Para demostrar que el centro da cumplimiento con las exigencias de la Norma ISO 17025, desarrollamos nuestras actividades analíticas siguiendo un instructivo de evaluación de métodos y control de calidad. Éste documento tiene como objetivo aportar evidencia objetiva, de que el método normalizado y/o validado evaluado, cumple con los requisitos de calidad explicitados a nivel internacional. Además establece una guía para las actividades de verificación necesarias para confirmar que se puede aplicar correctamente el método normalizado y/o validado en estudio. La Evaluación de Métodos (EM) es una herramienta que nos permite verificar el nivel de aceptabilidad de los parámetros analíticos evaluados, respecto a los requisitos de calidad establecidos, contemplando también la satisfacción de las necesidades del Cliente. El objetivo de la verificación es probar la aptitud del método, así como la capacidad del laboratorio para aplicar correctamente el método normalizado y/o validado previo a su uso. La verificación se apoya en los parámetros estadísticos del procedimiento. Para la implementación y evaluación del método de DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, DQO, se trabajó en tres etapas,

- Establecimiento de las condiciones de trabajo.
- Determinación de los parámetros estadísticos.
- Evaluación de los resultados y toma de decisión sobre la validez del método.

Metodología estadística.

Verificación del comportamiento lineal del método.

Calibración inicial para evaluar el desempeño y cifras de mérito: sensibilidad de calibración, sensibilidad analítica, limite de detección, límite de cuantificación, y rango lineal. Control de medición a dos longitudes de onda:620 nm y/o 600 nm. Comparación de lotes de reactivos para reflujo cerrado.

Precisión (según bibliografía ISO 3534-1; EP5-A2/CLSI-NCCLS): Es cuantitativamente expresado en términos de desviación estándar, s, o coeficiente de variación porcentual (%CV). (Cálculo de la Precisión Intermedia).

Exactitud (según bibliografía DC-LE-05) Se realizará el análisis de un material de referencia certificado, y se evaluara por fortificados de Blancos y por Spikes de Muestras. Ensayo de Reproducibilidad: como parte del aseguramiento de la calidad de los datos obtenidos, es importante poder verificar la reproducibilidad a través de la participación en Ínterlaboratorios.

Cartas de Control Se utilizarán las cartas de control de Exactitud utilizadas para blancos de reactivos, control de estándares, fortificados de blancos y de matrices. Se utilizarán las cartas de control de Precisión para graficar %RSD y duplicados.

Estimación de la incertidumbre: se plantea la estimación de la incertidumbre expandida de la técnica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DEMOSTRACIÓN INICIAL DE LA APTITUD DEL MÉTODO

Preparación y medición de la respuesta de los patrones:

Se prepararon 5 soluciones patrones, y se analizaron por triplicado para obtener la curva de calibración y las cifras de mérito.

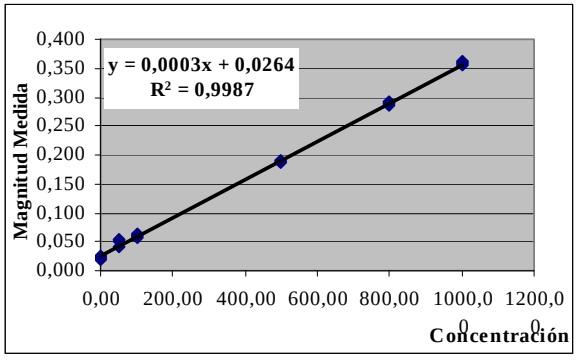


Figura 1

- Cifras de mérito

Regresión lineal de datos analíticos Etapa de calibración. SOFTWARE MATLAB.
Pendiente: 0.00032988 +/- 6.2496e-006 SD: 2.9469e-006
Ordenada: 0.026354 +/- 0.0035192 SD: 0.0016594
Límite de detección (LOD) (n=3): 34.434
Límite de cuantificación (LOQ) (n=3): 98.637
Numero de niveles de concentración: 6
Numero de replicas para cada nivel: 3
Número total de datos: 18
Test de linealidad: Fexp: 1.52172 p: 0.234. Los datos cumplen el test

Control de medición a dos longitudes de onda:

Considerando que el método de referencia mide a 620 nm, y el método Hach de los viales para digestión cerrada recomienda la medición a 600 nm, con el objetivo de definir la longitud de onda más apropiada, también se realizo la curva de calibración a 600 nm. Se prepararon 5 soluciones patrones (p=5) por triplicado, para obtener la curva de calibración y las cifras de mérito.

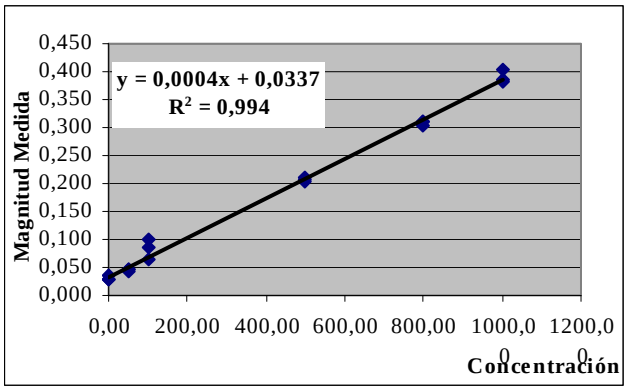


Figura 2

- Cifras de mérito

Regresión lineal de datos analíticos Etapa de calibración. SOFTWARE MATLAB.
Pendiente: 0.00035152 +/- 1.4446e-005 SD: 6.8118e-006
Ordenada: 0.033739 +/- 0.0081346 SD: 0.0038357
Límite de detección (LOD) (n=3): 74.693
Límite de cuantificación (LOQ) (n=3): 213.963
Numero de niveles de concentración: 6
Numero de replicas para cada nivel: 3
Numero total de datos: 18
Test de linealidad, Fexp: 1.62842 p: 0.199, Los datos cumplen el test

Curva de calibración de rango reducido

También se realizó una curva de calibración hasta 500 mg/L para que la concentración control se encuentre en el punto medio de la misma, y no tan cercano al límite de cuantificación. De esta manera podrá evaluarse si el sesgo y la precisión se ven afectados por la sensibilidad de la curva de calibración o por la concentración elegida para realizar los controles. Se prepararon 5 soluciones patrones (p=5) por duplicado, para obtener la curva de calibración y las cifras de mérito.

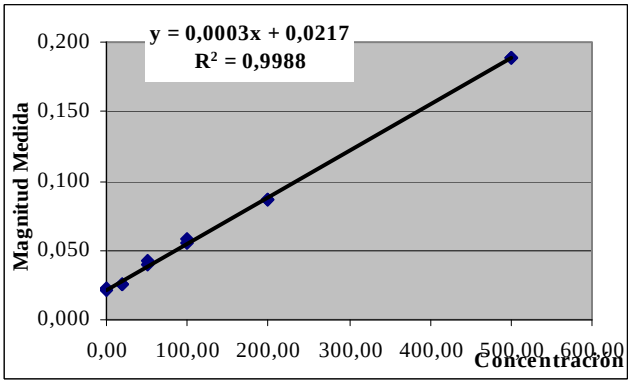


Figura 3

- Cifras de mérito

Regresión lineal de datos analíticos Etapa de calibración. SOFTWARE MATLAB.
Pendiente: 0.00032257 +/- 8.0276e-006 SD: 3.6004e-006
Ordenada: 0.021693 +/- 0.0018037 SD: 0.00080896
Límite de detección (LOD) (n=3): 16.0969. Límite de cuantificación (LOQ) (n=3): 44.4147
Numero de niveles de concentración: 6. Numero de replicas para cada nivel: 2
Numero total de datos: 12
Test de linealidad: Fexp: 3.66592 p: 0.064, Los datos cumplen el test

En la tabla 1, se presentan los resultados de las curvas de calibración obtenidas en los dos intervalos de medición estudiados.

Tabla 1 Comparación Curvas DQO *y=ax+b*		
Identificación	DQO 0-1000 mg/L	DQO 0-500 mg/L
Pendiente, *a*	0,0003	0,0003
Ordenada *b*	0,0264	0,0217
R^2	0,9987	0,9988
LOD	34,4	16,1
LOQ	98,6	44,4

A través de los datos presentados en la figura 1, se verifica el comportamiento lineal del método con R^2=0.9987 y r=0.9993. Con los datos procesados con el Software MATLAB se obtienen las cifras de méritos para el análisis. El límite de detección es de 34.4 mg/L y el de cuantificación de 98.6 mg/L. Los datos evaluados cumplen con el test de homogeneidad de varianzas.

Al realizar la comparación de longitudes de onda, se decide realizar la medición a 620 nm según SMEWW 5220 DQO, ya que si bien se obtiene un R=0.9969, los límites LOD y el LOQ, obtenidos con lecturas a 600 nm son superiores a los obtenidos a 620 nm.

Con la Curva de calibración de intervalo de medición reducido, se obtiene una curva de calibración muy similar a la que abarca el rango de medición hasta 1000 mg/L, tal como se indica en la tabla 1. No se mejora en sensibilidad ni en asociación lineal, si se obtienen mejores límites de detección y cuantificación seguramente debido al intervalo de concentraciones analizados. También podemos concluir que el sesgo tan marcado no se debe al intervalo de concentraciones.

CÁLCULO DE LA PRECISION INTERMEDIA

Se preparó una solución estándar de 200 mg/L, el ensayo se diseñó según las especificaciones y los datos se presentan en la tabla 2, con n=80, en dos corridas diferentes, cada una realizada por duplicado.

Tabla 2 - Precisión Intermedia	
X Diaria	234,0
Sr Repetibilidad	20,3
A Intradiaria Intercorrida	19,2
B Interdiaria	19,1
St Precisión intermedia	27,5

Para una solución de 200 mg/L de DQO teóricos, se obtuvo un valor medio de 234.0 mg/L con una precisión intermedia de ± 27.5 mg/L, y un CV%=11.7. Se obtuvieron valores más altos a los citados en la norma de referencia.

EXACTITUD

Para el ensayo de Exactitud por fortificados de Blancos se utilizó la misma solución Los datos se presentan en la tabla 3, con n=80, en dos corridas diferentes, cada una realizada por duplicado.

Tabla 3 - Exactitud Fortificado Blancos	
Concentración teórica	200,0
Concentración promedio	234,0
Desviación Standard	27,3
CV%	11,7
Sesgo	34,0

Para el ensayo de Exactitud por fortificados de Muestras, se utilizó la solución estándar y con ella se realizaron fortificados al 50% en volumen. Los datos se presentan en la figura 4.

DQO 080609 y=ax+b		a b		Exactitud fortificado de muestras								
Abs	Dup Abs	Abs fort	Dup Abs fort	Muestra	Dup. Muestra	Muestra F	Dup Muestra F	x mg/L	XF mg/L	Fort mg/L teorico	Fort mg/L Exp	%Rec
				3212,0	3612,0	3712,0	4195,0	3412,0	3953,5	500,0	541,5	**108,3**
				132,0	129,0	209,7	209,7	130,5	209,7	50,0	79,2	**158,4**
				152,0	149,0	263,0	263,0	150,5	263,0	50,0	112,5	**225,0**
0,083	0,070	0,210	0,214	188,7	145,3	612,0	625,3	167,0	618,7	500,0	535,2	**107,0**
0,090	0,097	0,215	0,215	212,0	235,3	628,7	628,7	223,7	628,7	500,0	516,8	**103,4**
0,100	0,100	0,233	0,228	245,3	245,3	688,7	672,0	245,3	680,3	500,0	557,7	**111,5**
0,069	0,067	0,220	0,214	142,0	135,3	645,3	625,3	138,7	635,3	500,0	566,0	**113,2**
0,259	0,276	0,339	0,318	775,3	832,0	1042,0	972,0	803,7	1007,0	500,0	605,2	**121,0**
0,185	0,171	0,274	0,254	528,7	482,0	825,3	758,7	505,3	792,0	500,0	539,3	**107,9**
0,327	0,199	0,302	0,270	1002,0	575,3	918,7	812,0	788,7	865,3	500,0	471,0	**94,2**
0,015	0,018	0,183	0,186	-38,0	-28,0	522,0	532,0	-33,0	527,0	500,0	543,5	**108,7**
0,141	0,173	0,708	0,695	382,0	488,7	2272,0	2228,7	435,3	2250,3	500,0	2032,7	**406,5**
0,070	0,072	0,211	0,211	145,3	152,0	615,3	615,3	148,7	615,3	500,0	541,0	**108,2**
0,023	0,023	0,184	0,192	-11,3	-11,3	525,3	552,0	-11,3	538,7	500,0	544,3	**108,9**
0,070	0,078	0,216	0,213	145,3	172,0	632,0	622,0	158,7	627,0	500,0	547,7	**109,5**
0,073	0,065	0,199	0,205	155,3	128,7	575,3	595,3	142,0	585,3	500,0	514,3	**102,9**
0,036	0,041	0,194	0,187	32,0	48,7	558,7	535,3	40,3	547,0	500,0	526,8	**105,4**
0,062	0,058	0,091	0,101	118,7	105,3	215,3	248,7	112,0	232,0	500,0	176,0	**35,2**

Figura 4

Siendo:

Abs: Lectura de absorbancia de la muestra
Dup Abs: la lectura de absorbancia del duplicado de la muestra
Abs Fort: lectura de absorbancia de la muestra fortificada
Dup Abs Fort: lectura de absorbancia del duplicado de la muestra fortificada
Muestra y Dup Muestra: mg/L DQO calculados con la curva de calibración
Muestra F y Dup Muestra F: mg/L DQO calculados con la curva de calibración
X mg/L: valor medio obtenido para la muestra analizada
XF mg/L: valor medio obtenido para la muestra analizada fortificada
Fort mg/L teórico: concentración de DQO teórica añadida en la fortificación a la muestra analizada
Fort mg/L Exp: concentración de DQO obtenida de la fortificación de la muestra analizada
% Rec: Porcentaje de recuperación calculado según: $\%\,\mathrm{Rec} = \frac{Fortmg/LExp}{Fortmg/LTeorico} \times 100$

Exactitud por Fortificados de blancos: para una solución de 200 mg/L de DQO teóricos, se obtuvo un valor medio de 234.0 mg/L con un % de recuperación de 117 y el sesgo de 34 mg/L.

Exactitud por Fortificados de muestras: se obtiene un valor medio de %Recuperación de 111,2% con una desviación estándar del 14,2%.

Se obtuvieron valores más altos a los citados en la norma de referencia.

CARTAS DE CONTROL

El laboratorio utiliza las cartas de control como herramienta para la evaluación del desempeño del método. Utilizando las pautas generales para el análisis de las mismas, se

grafican los datos obtenidos de los controles semanales en el R AG-05 para Blanco de Reactivos, Fortificado de blancos, y Valor R-Duplicados.

Cartas de Exactitud: utilizadas para blancos de reactivos. En un periodo de diez meses se observaron 10 o mas datos de un solo lado de la media de manera consecutiva, por lo que se decide realizar el recálculo de los límites de aceptación y la representación gráfica con los valores de absorbancia. De esta manera se obtienen límites de 0.020±0.004.

Cartas de Exactitud:,control de estándares, y fortificados de blancos para un período de seis meses se observaron cinco señales de alerta y cuatro señales de rechazo, de las cuales dos fueron causadas por errores sistemáticos y dos por errores aleatorios.

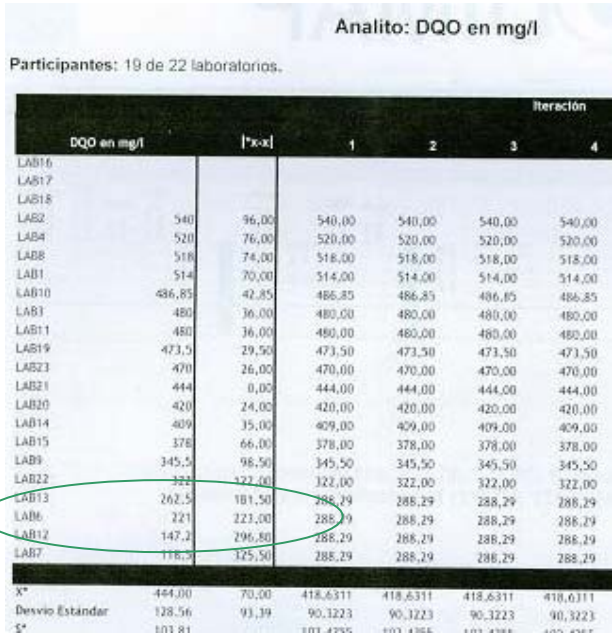
Cartas de Precisión: usadas para graficar %RSD y duplicados. En un periodo de seis meses, correspondientes a 60 datos, se observaron solo 3 datos que superan el UCL.

En el caso de la verificación de desempeño utilizando cartas de control se seguirán los criterios de aceptación y/o rechazo de las mismas. Del análisis se concluye que no han cambiado las condiciones de precisión con las que se trabaja en el laboratorio. (espectrofotómetro, reactivos, analistas) y por lo tanto el método se encuentra bajo control.

ENSAYO INTERLABORATORIO

Se ha participado en un Interlaboratorio organizado para efluentes por la Cámara Argentina de laboratorios independientes (CALIBA) El análisis de los resultados indica un valor de “z score" de -1.93, SATISFACTORIO para la medición de DQO, Nº de laboratorio participante: 6.

En el caso de la verificación de desempeño utilizando resultados de ensayos de aptitud, se contrastan los resultados de los mismos con los indicados en la norma de referencia, utilizando el estadístico “z score”, para el ensayo Interlaboratorio se obtuvo un resultado satisfactorio.



Analito: DQO en mg/l

Participantes: 19 de 22 laboratorios.

	DQO en mg/l	|*-x|	Iteración 1	2	3	4
LAB16						
LAB17						
LAB18						
LAB2	540	96,00	540,00	540,00	540,00	540,00
LAB4	520	76,00	520,00	520,00	520,00	520,00
LAB8	518	74,00	518,00	518,00	518,00	518,00
LAB1	514	70,00	514,00	514,00	514,00	514,00
LAB10	486,85	42,85	486,85	486,85	486,85	486,85
LAB3	480	36,00	480,00	480,00	480,00	480,00
LAB11	480	36,00	480,00	480,00	480,00	480,00
LAB19	473,5	29,50	473,50	473,50	473,50	473,50
LAB23	470	26,00	470,00	470,00	470,00	470,00
LAB21	444	0,00	444,00	444,00	444,00	444,00
LAB20	420	24,00	420,00	420,00	420,00	420,00
LAB14	409	35,00	409,00	409,00	409,00	409,00
LAB15	378	66,00	378,00	378,00	378,00	378,00
LAB9	345,5	98,50	345,50	345,50	345,50	345,50
LAB22	322	122,00	322,00	322,00	322,00	322,00
LAB13	262,5	181,50	288,29	288,29	288,29	288,29
LAB6	221	223,00	288,29	288,29	288,29	288,29
LAB12	147,2	296,80	288,29	288,29	288,29	288,29
LAB7	118,5	325,50	288,29	288,29	288,29	288,29
X*	444,00	70,00	418,6311	418,6311	418,6311	418,6311
Desvio Estándar	128,56	93,39	90,3223	90,3223	90,3223	90,3223
S*	101,81					

Figura 5

ESTIMACION DE LA INCERTIDUMBRE

Se evaluaron los componentes de la incertidumbre expandida para la medición de DQO en viales cerrados y su expresión como parte del resultado. Se fija la Incertidumbre Expandida en 3%. Se considera muy importante agregar los factores “Precisión intermedia” y “Exactitud” ya que el 3% obtenido no puede compararse con una precisión intermedia cercana a los 25 mg/L. En función de estas modificaciones se recalcula la incertidumbre considerando, además de los aportes a la misma por la curva de calibración, los aportes de la precisión intermedia y del sesgo.

Habiendo evaluado los resultados correspondientes a la Incertidumbre de DQO, se fija la Incertidumbre Expandida en 27%.

CONCLUSIONES

Criterios de aceptación El método de referencia establece los siguientes resultados como criterios de calidad, establecidos sobre 48 muestras sintéticas analizadas en 5 laboratorios. El valor medio para DQO obtenido fue de

193 mg/L ± 17 mg/L CV%=8.7%
212 mg/L: sd ± 20 mg/L CV%=9.6%

Si bien no se realizó el análisis en iguales condiciones, se analizó un n=80 sobre fortificados de blancos con un DQO teórico de 200 mg/L con el objetivo de comparar los resultados obtenidos con los criterios de calidad presentados por el método. Se obtuvo un valor medio de:

234.0 ± 27.3 mg/L CV%= 11.7%
200.0 ± 28.4 mg/L CV%= 14.2%

Del análisis de estos resultados obtenido, podemos concluir que los mismos superan levemente los límites sugeridos por el método de referencia.

En nuestro laboratorio, con el objetivo de mantener monitoreado el desempeño y verificado el método en cuestión, se realizan controles semanales de blancos, duplicados y soluciones de control interno por corrida analítica que alimentan las cartas de control.

EL MÉTODO SE CONSIDERA VERIFICADO Y APTO PARA LA MEDICION DE DQO, Y CUMPLE CON EL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DEL AREA AGUA Y EFLUENTES EN EL “CEQUIMAP” CENTRO DE QUÍMICA APLICADA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMCIAS, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA.

BIBLIOGRAFIA

APHA, AWWA, WEF. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed 22.

Calir N. Sawyer - Perry L. McCarty - Gene F. Parkin. QUIMICA PARA INGENIERIA AMBIENTAL. 4a Edición. Mac Graw Hill.

DC-LE-05 V2. Guía para la Validación de Métodos de Ensayo. OAA.

Norma IRAM 301 (equivalente a Norma ISO/IEC 17025) – Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y de calibración.

Romero Rojas J.A. CALIDAD DE AGUA. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2a Edición. Alfaomega

The American Water Works Asociation, Inc. Control de Calidad y Tratamiento del Agua. Manual de Abastecimientos Publicos de Aguas. Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid, 1975.

SÍNTESIS ELECTROQUÍMICA DE NANOALAMBRES MAGNÉTICOS PARA APLICACIONES EN REMEDIACIÓN AMBIENTAL

M. S. Viqueira[2], D. A. Pedernera[1], G. Pozo López[1,2], L. M. Fabietti[1,2], S. E. Urreta[1]

1. Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba.
Ciudad Universitaria, 5000, Córdoba, Argentina.
2. Instituto de Física Enrique Gaviola – CONICET. Argentina.
FaMAF-UNC, Tel. 0351 433 4051 int 125, viqueira@famaf.unc.edu.ar

Resumen

Se considera la aplicación de nanoestructuras magnéticas en procesos de detección y conversión de contaminantes en aguas. Para ello se plantea el desarrollo de nanoalambres magnéticos. Se obtienen arreglos ordenados de nanoalambres metálicos, por electrodeposición AC en sustratos auto-ensamblados de alúmina. El sustrato poroso (*template*) se obtiene por anodizado en dos etapas de una lámina de Al de alta pureza. Las membranas porosas y la microestructura de los nanoalambres se estudian con técnicas de difracción de Rayos X, microscopia electrónica de barrido y de transmisión, y las propiedades de histéresis magnética se determinan mediante magnetometría de muestra vibrante a temperatura ambiente. Se logran arreglos de alta densidad de nanoalambres monofásicos, de Fe y de sus aleaciones Fe/Pd y Fe/Co con diámetros de 20 nm, longitudes entre 1-2 μm y un tamaño medio de grano, determinado por microscopia de transmisión, de unos 8 nm aproximadamente. A pesar del tamaño de grano pequeño, todos los arreglos de nanoalambres son ferromagnéticos; se observa un eje de fácil magnetización paralelo al eje mayor de los alambres y un eje duro sobre el plano del sustrato, esto es, perpendicular al eje mayor de los alambres. La anisotropía del conjunto está controlada por efectos de forma. Las microestructuras obtenidas son estables al igual que sus propiedades magnéticas, por lo que se discute su uso en diferentes procesos de remediación ambiental.

Palabras claves: Electrodeposición AC; nanoalambres metálicos; nanoalambres ferromagnéticos; aplicaciones en remediación de agua

Abstract

The application of magnetic nanostructures to remediation processes is considered and the development of magnetic nanowires for these proposes is further described. Metallic ordered nanowire arrays are obtained by AC electrodeposition into the pores of self assembled alumina templates. These templates are prepared by a two step anodizing process of a high purity Al film. The templates and the deposited wire nanostructures are characterized by X ray diffraction, scanning and transmission electron microscopy and the magnetic hysteresis properties are determined by vibrating sample magnetometry, at room temperature. Arrays with a high density of monophasic nanowires of pure Fe and Fe/Pd and

Fe/Co alloys with 20 nm diameter and 1-2 μm length are obtained, with mean grain sizes of about 8 nm. In spite of this small grain sizes, all the samples are ferromagnetic, with an easy axis parallel to the wire length and a hard axis parallel to the substrate plane. i.e. perpendicular to the wire long axis. The magnetic anisotropy is governed by shape effects. Some possible applications of the obtained magnetic nanostructures in water remediation, are discussed.

Keywords: AC electrodeposition; metallic nanowire arrays; ferromagnetic nanowires; water remediation applications

Introducción

Los materiales nanoestructurados en sus diversas formas -películas delgadas, nanopartículas, nanotubos o nanoalambres- muestran en general propiedades diferentes a las de los materiales *bulk.* En particular, estos nanomateriales muestran mejores rendimientos en numerosos procesos de remediación ambiental basados en técnicas convencionales de amplio uso en la actualidad. Estos materiales son excelentes adsorbentes, catalizadores y/o sensores debido, fundamentalmente, a su gran área superficial y a la elevada reactividad que esta les confiere, principalmente debido a la gran proporción de átomos superficiales. La relación superficie/volumen elevada que presentan mejora en gran medida la capacidad de absorción de los materiales absorbentes. Estas propiedades únicas pueden aplicarse a la degradación y limpieza de contaminantes del agua y del aire [*Sánchez A. et al., 2011*], para detectar plaguicidas y metales pesados como por ejemplo cadmio, cobre, plomo, mercurio, arsénico y cromo entre otros [*Yantasse W. et al., 2007*], y al tratamiento de contaminantes orgánicos como hidrocarburos alifáticos y aromáticos [*Zhao G. et al., 2009*].

Los nanomateriales magnéticos como el hierro elemental (Fe^0) y los sistemas bimetálicos (Fe^0/Me^0), son especialmente atractivos para la remediación del agua ya que pueden ser retenidos fácilmente por adsorción en la superficie y separados del agua o aire ya tratados por la acción de un campo magnético externo [*Brame J. et al., 2011*]. Estos son sistemas típicos donde la superficie metálica sirve como catalizador para la reducción de los contaminantes [*Noubactep C., 2008*]. Las nanopartículas de hierro de hasta 120 nm son capaces de remover As (II) [*Sushil Raj Kanel et al. 2005*] y As (V) por adsorción rápida debido a la débil atracción electrostática entre las especies en solución y los iones adsorbidos. Además, la literatura estudiada sobre remediación ambiental con Fe^0 muestra que la adición de un segundo metal más electropositivo - por ejemplo Co^0, Ni^0, Pd^0, Pt^0- formando sistemas bimetálicos [*Lin C. J. et al., 2004*], aumenta la generación de los productos de corrosión del hierro (por ejemplo, oxihidróxidos de hierro), que son conocidos por su gran capacidad de adsorción tanto para compuestos orgánicos como para inorgánicos [*Liou Y. H. 2005*], mejorando así la eliminación de contaminantes.

Estos nanomateriales magnéticos unidimensionales (nanoalabbres o nanohilos) se puede fabricar por diferentes técnicas, tales como trituración, molienda o aleado mecánico, síntesis química por sol-gel, ablación láser, litografía y electrodeposición de metales dentro de los poros de una membrana, entre otras. Esta última se ha convertido en una técnica exitosa dado que las membranas que se utilizan como “moldes” se pueden obtener de manera simple y a bajo costo.

En el presente trabajo se describe la sintesís electroquímica de nanoalambres magnéticos de Fe^0 y de los sistemas bimetálicos Fe/Pd y Fe/Co; en esta primera instancia se caracterizan sus propiedades estructurales y magnéticas con miras a su aplicación en una etapa posterior, en distintos procesos de remediación ambiental.

Materiales y Métodos

La producción de los nanoalambres se realiza en dos etapas; en primer término se procede a la fabricación de la membrana porosa de alúmina y luego se realiza la electrodeposición de los iones metálicos dentro de los poros cilíndricos de la membrana. A continuación se describen estas etapas en más detalle.

Etapa 1: fabricación de la membarana porosa

El sustrato original es una lámina de aluminio comercial de pureza 99.995% y de 0.2mm de espesor. La preparación comienza con la inmersión de la lámina en un baño de acetona para desengrasar la superficie. Luego se le realiza un pulido electroquímico en un baño ácido a un voltaje de 20V durante unos 5 min. Para remover cualquier tipo de óxido restante se sumerge la lámina finalmente en una solución de hidróxido de sodio 1M.

Una vez preparado el sustrato, se realiza el anodizado en dos pasos (primer y segundo anodizado) utilizando una celda electroquímica, donde la lámina de aluminio actúa como ánodo del sistema y una barra de grafito inerte actúa como cátodo, ambos inmersos en un baño electrolítico.

Los dos tramos del anodizado se realizan a voltaje constante, obteniéndose membranas con un espesor aproximado (largo máximo del nanohilo) de 2 µm. La temperatura del electrolito durante todo el proceso se mantiene constante e igual a 3 ºC. Para lograr diámetros de poro entre 20 nm y 100 nm se utiliza como electrolito ácido oxálico (COOH)2 0.3M [*Thompson G. E., 1997*]. Después del primer anodizado, e inmediatamente antes del segundo anodizado, la capa de óxido formada (PAO desordenada) se remueve por ataque químico en una solución de ácido crómico y ácido fosfórico a 60 ºC. La Figura 1 muestra un esquema del proceso completo de producción de la membrana.

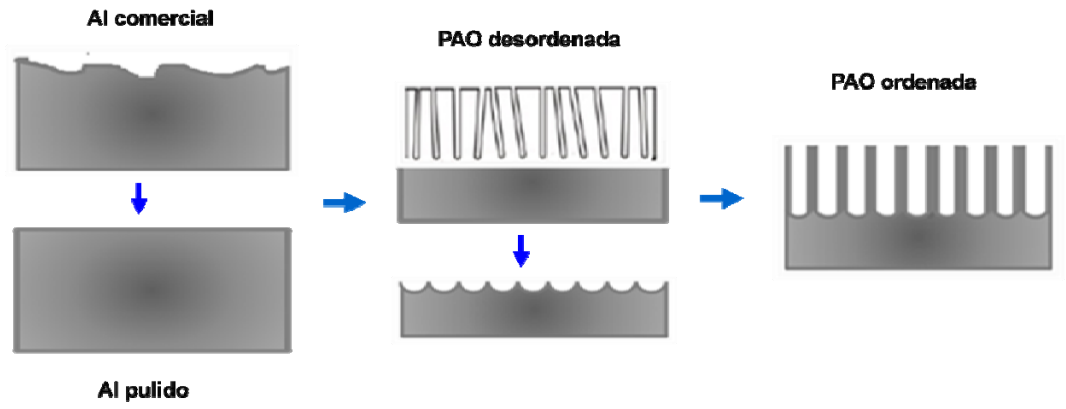


Figura 1. Esquema del proceso de síntesis de membranas porosas (PAO).

Etapa 2: síntesis de los nanoalambres.

Los nanoalambres de Fe, FeCo y FePd, se obtuvieron en una celda electroquímica alimentada por una fuente AC, donde se utilizaron los moldes de alúmina anteriormente descriptos como cátodos y una barra de carbono como ánodo. Se obtienen nanoalambres con diámetros entre 20 y 70 nm; en el presente artículo solo se describen aquellos de menor diámetro.

Para lograr los nanoalambres con diferentes composiciones se emplearon como electrolitos soluciones acuosas con diferentes relaciones de iones Fe+2, Co+2 y Pd+2 disueltos y 30 g/L de ácido bórico para aumentar la conductividad del medio. El pH se mantuvo ajustado entre 3 y 5 mediante el agregado de algunas gotas de ácido sulfúrico o hidróxido de amonio. Las condiciones de electrodeposición para cada tipo de sistema se listan en la Tabla 1.

Las nanoestructuras resultantes se estudian con difracción de rayos X (DRX) en un difractómetro Philips PW 3830 usando radiación Cu Kα (λ= 1.5418 Å), en el rango de 2θ entre 30º y 90º, en la configuración Bragg-Brentano. La composición media de cada muestra se establecen a partir de un análisis de la dispersión en energía (EDS) de rayos X en un equipo JEOL JXA-8230 y los tamaños y morfologías se determinan con microscopía electrónica de barrido (MEB) en un microscopio FE-SEM Zeiss, y de transmisión (MET) en un Philips CM200UT TEM, operando a 200 kV. Se miden también la composición de diferentes grupos de alambres con la facilidad EDS del MET. Para la observación de los nanoalambres individuales en el MET se disuelven el sustrato de aluminio y la membrana de alúmina en una solución de NaOH 1M y el material restante se dispersa sobre una grilla de cobre cubierta por una membrana de carbono amorfo.

Los lazos de histéresis magnética se miden a temperatura ambiente en un magnetómetro de muestra vibrante Lake Shore 7400 con campos aplicados de ± 1.5 T. Se miden en dos configuraciones diferentes, una aplicando el campo magnético en dirección paralela (PA) a la del eje mayor de los nanohilos (*out of plane configuration*) y la otra perpendicular (PE) al eje del nanohilo, contenida en el plano del sustrato (*in plane configuration*).

Tabla 1. Condiciones de electrodeposición para los sistemas estudiados. V_{rms} denota el potencial de electrodeposición, ω la frecuencia de la onda senoidal aplicada.

Sistema	ω (Hz)	V_{rms} [volt]	Precursor utilizado
Fe	60	15	$FeSO_4 \bullet 7H_2O$
Fe/Co	60	15	$FeSO_4 \bullet 7H_2O$ / $CoSO_4 \bullet 7H_2O$
Fe/Pd	50	25	$FeSO_4 \bullet 7H_2O$ / $Pd(NH_3)_4Cl_2H_2O$

Resultados y Discusión

Nanoestructura de las membranas de alúmina

Las membranas empleadas como moldes para la electrodeposición presentan un arreglo ordenado (hexagonal) de poros como lo ilustra la Figura 2. A partir de observaciones con MEB se estiman diámetros de poro de 20 nm y largos de aproximadamente 2 μm.

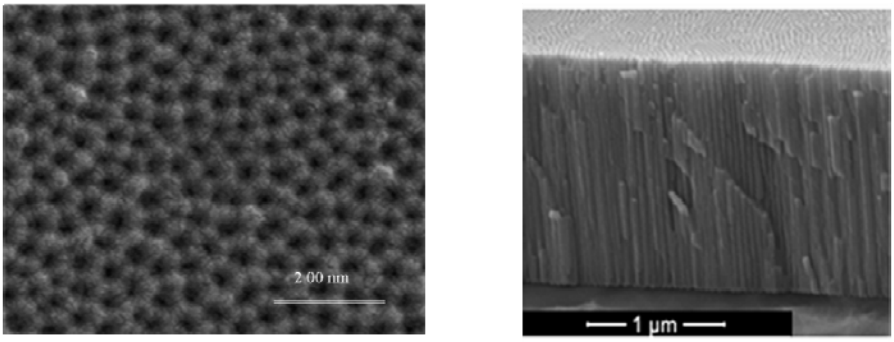


Figura 2. Micrografías MEB de una membrana de alúmina porosa producida en ácido oxálico a 20V. Vista superior (izq.) y vista lateral (der.) de la misma membrana porosa (*template.).*

Estructura de los nanoalambres

El análisis de las diferentes imágenes indica que si bien los poros en la membrana tienen un largo promedio de (2 ± 0.3) µm, estos no están completamente llenos de los metales para el tiempo de deposición seleccionado, dando como resultado nanoalambres con una longitud media de 0.8 µm; por el contrario el diámetro de los nanoalambres es muy uniforme, con un valor medio de (20 ± 3) nm.

La composición química de los grupos de nanoalambres se calculó tomando el promedio de los datos EDS obtenidos en 60 áreas de muestreo individuales distribuidas uniformemente sobre toda la superficie de cada muestra. Las composiciones resultantes se listan en la Tabla 2, y puede observarse que los valores obtenidos son bastante cercanos a las composiciones nominales del electrolito.

Tabla 2. Composición química de los nanoalambres.

Relación porcentual de iones en el electrolito	Contenido de Fe promedio (% at.)	Desviación estándar	Contenido de soluto promedio (Pd, Co) (%at.)	Desviación estándar	Fórmula Molecular
Fe 100	100	3	0	-	Fe
Fe^{+2} 50/Pd^{+2}50	44	1	56	1	$Fe_{44}Pd_{56}$
Fe^{+2} 50/Co^{+2}50	55	3	45	3	Fe_{55} Co_{45}

La Figura 3 muestra los diferentes tipos de nanoalambres obtenidos, después de la disolución parcial del template de alúmina en NaOH.

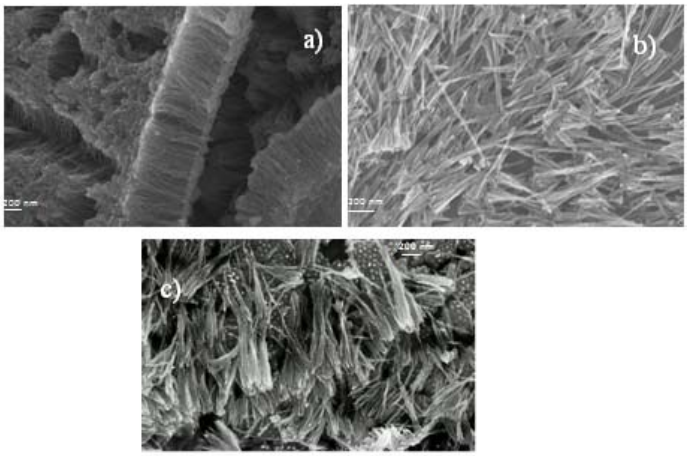


Figura 3. Micrografias MEB de nanoalambres a) FePd b) Fe y c) FeCo, luego de la disolución parcial del *template* de alúmina.

La Figura 4 muestra los diagramas de difracción de rayos X obtenidos para cada tipo de nanoalambre, Fe, FeCo y FePd, después de remover el sustrato de aluminio. Todos los nanoalambres son policristalinos; los de Fe y FeCo tienen una estructura cristalina bcc, mientras que aquellos compuestos de FePd poseen una estructura cristalina fcc, en un todo de acuerdo con lo informado por otros autores [H. Hu et al. 2008, M. Almasi Kashi 2010]. En el caso de los alambres de FePd se observan también picos de difracción que corresponden a γ-Fe. Los tamaños de grano de los alambres fueron estimados mediante la fórmula de Scherrer, utilizando el FWHM de los picos (110); vale la pena indicar que las alturas relativas de los picos de difracción evidencian en todos los casos cierta textura cristalográfica en los hilos. Estos resultados se resumen en la Tabla 3.

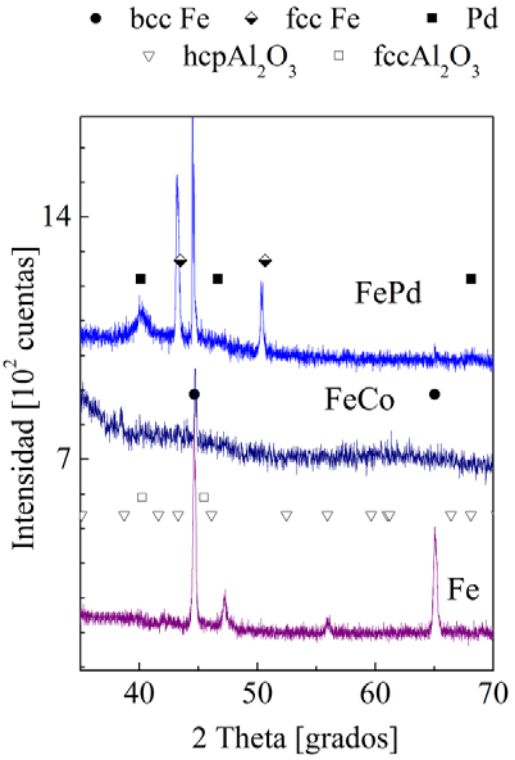


Figura 4: Diagramas de difracción de rayos X correspondientes a los arreglos de nanohilos estudiados.

Tabla 3. Parámetros de los diagramas de difracción de rayos X. a_0 denota el parámetro de red y d el tamaño medio de cristalito.

Fórmula Molecular	a_0 [A]	d[nm]
Fe	2.877	40±20
$Fe_{44}Pd_{56}$	3.889	10±2
Fe_{55} Co_{45}	3.090	30±10

La Figura 5 muestra aspectos de la nanoestructura de los nanoalambres FePd. La Figura 5.a es una micrografia MET de campo claro de los nanoalambres de FePd y la Figura 5.b muestra la imagen de campo oscuro de la misma zona; la Figura 5.c por su parte, muestra el patrón de difracción de electrones correspondiente. Los anillos se indexan con una fase Pd(Fe) cúbica centrada en las caras; los alambres son nanocristalinos, formados por granos de tamaño medio cercano a los 8 nm. Se obtienen resultados similares para los diferentes nanohilos descriptos en el presente método.

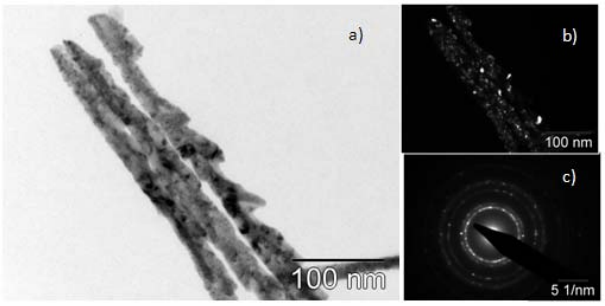


Figura 5. a) micrografía MET de campo claro de nanoalambres FePd de 20 nm de diámetro, b) imagen de campo oscuro de la zona, c) patrón de difracción de electrones correspondiente a los alambres en a)

Propiedades Magnéticas

Todos los arreglos de nanohilos son ferromagnéticos, aun cuando los diámetros de grano medios resultan próximos al tamaño crítico de comportamiento superparamagnético en cada uno de los sistemas estudiados. Este hecho se debe sin dudas al fuerte acoplamiento entre los granos debido a interacciones de intercambio entre ellos y a la interacción dipolar magnética, de largo alcance entre los nanohilos del arreglo ordenado. La Figura 6 muestra los lazos de histéresis magnética correspondientes a tres arreglos ordenados de nanohilos de estructuras similares y con composiciones diferentes. Se advierte que en mayor o menos medida la coercitividad y la cuadratura S (=M_R/M_S con M_R y M_S las magnetizaciones de remanencia y de saturación, respectivamente) de los lazos medidos con la configuración PA son más elevados que los correspondientes a la configuración PE, para la cual el campo aplicado es paralelo al sustrato. Se observa también que en los tres casos, el campo necesario para saturar la muestra $\mu_0 H_s$ es mucho mayor para esta ultima configuración PE. Esto indica que la dirección de fácil magnetización (*easy axis*) de estos arreglos es paralela al eje mayor de los nanohilos y la de difícil magnetización es la contenida en el plano del sustrato (*in plane hard axis*). Estos aspectos del proceso de magnetización y la obtención de momentos magnéticos permanentes en la dirección normal al plano del sustrato resultan de sumo interés para diferentes aplicaciones. Los parámetros de los lazos de histéresis correspondientes a las muestras estudiadas se resumen en la Tabla 4. Los valores inusualmente elevados de coercitividad observados en estas muestras basadas en Fe se pueden explicar sobre la baso de un modelo de anisotropía de forma [*O'Handley R.C., 2000*.].

Resulta entonces posible controlar el momento magnético de los hilos mediante la composición y la geometría de los mismos, lo que permite optimizarlos para diferentes usos.

Tabla 4. Valores de los parámetros del lazo de histéresis para los arreglos de nanohilos estudiados. Se listan la coercitividad $\mu_0 H_C$ y la cuadratura S, a temperatura ambiente, para las configuraciones de campo magnetice aplicado PA (paralelo) y PE (perpendicular) al eje mayor de los alambres, respectivamente.

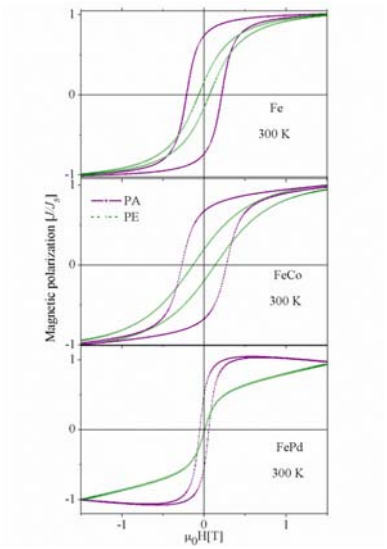


Figura 6. Lazos de histéresis medidos a temperatura ambiente en arreglos de nanohilos basados en hierro para las configuraciones PA y PE.

En síntesis, las nanoestructuras son fácilmente reproducibles y sus propiedades magnéticas son estables por lo que son materiales candidatos para su uso en diferentes técnicas de remediación. Se esperan resultados interesantes en la fabricación de electrodos compuestos a partir de nanoalambres de Fe, FeCo y FePd con una alta estabilidad en el tiempo de uso; se pretende emplear estos electrodos en la detección de contaminantes en aguas, más precisamente se realizarán pruebas de detección electroquímica y conversión de arsenito As(III) en medio acuoso, con distintos electrolitos soportes de modo de obtener As(V), la forma menos tóxica y más fácil de remover del agua.

Muestra	$\mu_0 H_C$ [T]		S	
	PA	PE	PA	PE
Fe	0.210	0.065	0.74	0.16
$Fe_{44}Pd_{56}$	0.056	0.011	0.49	0.05
$Fe_{55}Co_{45}$	0.270	0.130	0.67	0.20

Conclusión

Se producen arreglos ordenados de nanalambres metálicos basados en Fe y en sus aleaciones con Pd y con Co. Se obtienen altas densidades de nanoalambres con distribuciones de diámetro y longitud estrechas y una composición homogénea en todo el volumen del hilo.

Es posible obtener alambres con diferentes relaciones largo/diámetro, composiciones y densidades superficiales de nanoalambres. Se pueden lograr distintas durezas magnéticas (coercitividad y cuadratura) ajustando en primer término la composición de los nanoalambres y en menor medida su geometría.

Además de resultar de gran interés en la física del solido básica para el estudio de fenómenos magnéticos y de transporte de carga en sistemas de baja dimensionalidad, estos arreglos de nanohilos presentan una excelente relación superficie/volumen y una homogeneidad estructural y composicional que los hace promisorios para diferentes procesos químicos y electroquímicos de remediación.

Referencias

AlmasiKashi M., Ramazani A., Eshaghi F., Ghanbari S., Esmaeily A. S., 2010. Microstructures and magnetic properties of as-deposited and annealed FexCo1_x alloy nanowire arrays embedded in anodic alumina templates. Physica B, 405, 2620–2624.

Brame J., Li Q., Alvarez P. J. J., 2011. Nanotechnology enabled water treatment and reuse: emerging opportunities and challenges for developing countries. Trends in Food Science & Technology, 22, 618-624.

Hu H., Yang C., Chen J., Wu G., 2008. Magnetic properties of Fe0.95Pd0.05 nanowire arrays. J. of Magn. Magn. Mater. 320 2305– 2309.

Lin C. J., Lo S. L., Liou Y. H., 2004. Dechlorination of trichloroethylene in aqueous solution by noble metal-modified iron. Journal of Hazardous Materials, B116, 219–228.

Liou Y. H., Lo S. L., Lin C. J., Kuan W. H., Weng S. C., 2005 Chemical reduction of an unbuffered nitrate solution using catalyzed and uncatalyzed nanoscale iron particles. Journal of Hazardous Materials B127, 102–110.

Noubactep C., 2009. On the operating mode of bimetallic systems for environmental remediation. Journal of Hazardous Materials, 164, 394–395.

O'Handley R.C., 2000. Modern Magnetic Materials. Principles and Applications, John Wiley and Sons.

Owlad M., Kheireddine Aroua M., Ashri W., Daud W., Baroutian S., 2009. Removal of hexavalent chromium-contaminated water and wastewater: a review. Water Air Soil Pollut, 200, 59–77.

Raj Kanel S., Manning B., Charlet L., Choi H., 2005. Removal of arsenic (III) from groundwater by nanoscale zero-valent iron. Environ. Sci. Technol., 39, 1291-1298.

Sánchez A., Recillas S., Font X., Casals E., González E., Puntes V., 2011. Ecotoxicity of, and remediation with, engineered inorganic nanoparticles in the environment. Trends in Analytical Chemistry, 30, No. 3, 507-516.

Thompson G. E., 1997. Porous anodic alumina: fabrication, characterization and applications. Thin Solid Films, 297, 192–201.

Yantasse W., Warner C., Sangvanich T., Addleman R. S., Carter T. G., Wiacek R. J., Fryxell G. E., Stimchalk C., Warner M. G., 2007. Removal of heavy metals from aqueous systems with thiol functionalized superparamagnetic nanoparticles. Environ. Sci. Technol., 41, 5114-5119.

Zhao G., Cui X., Liu M., Li P., Zhang Y., Cao T., Li H., Lei Y., Liu L., Li D., 2009. Electrochemical degradation of refractory pollutant using a novel microstructured TiO2 nanotubes/Sb-doped SnO2 electrode. *Environ. Sci. Technol., 43,* 1480–1486.

EXPERIENCIA LOCAL SOBRE ECOCONCEPCIÓN. CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO EN LA SEGUNDA FERIA INTERNACIONAL Y OCTAVO CONGRESO REGIONAL DEL AMBIENTE

Ing. Vega Marcelo[1] – Cortasa Victoria[2] – Rios Emilse[2]

1. Área Cambio Climático – Eficiencia Energética Dirección de Desarrollo Sustentable – Secretaría de Servicios Públicos y Medio Ambiente – Municipalidad de Rosario. Ov. Lagos 11614, Rosario Santa Fe, 4802740 int. 135. mvega0@rosario.gov.ar
2. Estudiante 5° año Ingeniería Ambiental Pontificia Universidad Católica Argentina, Facultad de Química e Ingeniería Campus Rosario. victoriacortasa@gmail.com – riosemilse@gmail.com

Resumen

Dicho trabajo consta de una recopilación bibliográfica, datos estadísticos y conclusiones acerca del cálculo de la Huella de Carbono, durante la 2° Feria Internacional y 8° Congreso Regional del Ambiente, en la ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina, durante los días 10, 11 y 12 de Octubre de 2012, en el Centro Cultural "Roberto Fontanarrosa".

Se presenta dos objetivos puntuales, el primero es el cálculo del dióxido de carbono consumido durante la organización y realización de dicho Congreso. El segundo es encontrar un medio de compensación del gasto de este gas de efecto invernadero.

Para la elaboración se extrajeron datos en la organización del evento, en las reuniones del Comité, todas aquellas acciones asociadas a este evento que generen emisiones de CO_2. La obtención fue por medio de encuestas durante las reuniones previas del Comité a sus integrantes y por medio del formulario de inscripción a los participantes y expositores de manera obligatoria y relevamiento de campo en el perímetro de estudio.

Posteriormente se utiliza la metodología brindada por la Secretaría de Servicios Públicos y Medio Ambiente de la ciudad de Rosario para el cálculo de la Huella de Carbono, siendo el método francés Bilan Carbone® (Balance Carbono) siendo compatible con GHG Protocol y la norma internacional ISO 14064.

El resultado obtenido fueron 5560,58 Kg de CO_2 equivalentes. Sugerimos como un método de compensación la reforestación con árboles autóctonos de nuestra región, como el Fresno, Jacarandá o Lapacho. Los mismos absorben aproximadamente 10kg de CO_2 por año, según United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

Un aspecto a considerar es que el transporte colaboró en porcentaje mayoritario, especialmente de asistentes, siendo quizás el único factor que excede al Comité Organizativo de manera directa.

Palabras Clave: Huella de Carbono – Reforestación – Dióxido de Carbono – Eventos – Cambio Climático

Abstract

The following work is a bibliographical compilation, composed of statistical data and personal conclusions about the calculation of the Carbon Footprint, during the 2nd International Fair and the 8thRegional Conference of the Environment, in the city of Rosario, Santa Fe, Argentina, on October the 10th, 11th and 12th, 2012, at the Cultural Center 'Roberto Fontanarrosa'.

The report has two specific objectives; the first is to obtain, in kilograms, the carbon dioxide consumed during the organization and realization of the mentioned Conference and Fair. The second objective is to find a way to compensate the expense of this greenhouse emission.

For the elaboration we have extracted data during the organization of the event, incommittee meetings, all those actions associated with this event that generate CO2. Data was obtained through surveys to all participants during committee meetings and through the registration formmandatorily completed by all participants and exhibitors.

Once collected and processed the information obtained, the methodology provided by the Ministry of Public Utilities and Environment of Rosario city is used for the calculation of the Carbon Footprint.

The result obtained were 5,560.58 Kg. of CO2 during the organization and realization of the Conference and Fair. We suggest as a method of compensation,the reforestation of native trees, from our region, such as Fresno, Rosewood or Lapacho. These trees absorb 10 Kg. of CO2 per year.

The most important conclusion is that the result was higher than estimated, since the event took place in a sustainability framework. The most contributing aspect to the increase of greenhouse emissions was transport, especially from assistants, perhaps the only factor that exceeds the Organizing Committee directly.

Keywords: Carbon Footprint - Reforestation - Carbon Dioxide - Events - Climate Change

La huella de carbono es una medida que se utiliza para identificar las emisiones de dióxido de carbono y de otros gases de efecto invernadero emitidos por un individuo, nación o empresa en un lapso de tiempo; se mide en emisiones de CO_2 equivalente donde una emisión de CO_2-equivalente es la cantidad de emisión de CO_2 que ocasionaría, durante un horizonte temporal dado, el mismo forzamiento radiactivo integrado a lo largo del tiempo que una cantidad emitida de un GEI de larga permanencia o de una mezcla de GEI. Para un GEI, las emisiones de CO_2-equivalente se obtienen multiplicando la cantidad de GEI emitida por su potencial de calentamiento mundial (PCM) para un horizonte temporal dado. Las emisiones de CO_2-equivalente constituyen un valor de referencia y una métrica útil para comparar emisiones de GEI diferentes, pero no implican respuestas idénticas al cambio climático.

Los **antecedentes** que se utilizaron fueron de distintas organizaciones internacionales y locales. El marco de referencia más relevante fue el cálculo realizado durante el 1° Foro Latinoamericano de Desarrollo Sostenible, Rosario hacia Río +20, en el cual utilizaron la metodología de Bilan Carbone® y su resultado fue de 819 toneladas de CO_2-eq. El gobierno argentino por su adhesión a compromisos internacionales, especialmente al Protocolo de Kyoto, dispuso la implementación del Proyecto Estudio sobre el Cambio Climático (PECC) que involucró un "Inventario de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero" (INVGEI). En 2010 empezó a funcionar la primera certificadora de Huella de Carbono del país, apuntando al mercado vitivinícola y fruti-hortícola, cuyas primeras oficinas se encuentran en San Juan y Mendoza, a cargo de Green Solutions Argentina (GSA). El INTA es otra de las instituciones públicas desarrollando el modelo Agroecoindex para la evaluación de la gestión ambiental en establecimientos agropecuarios, si bien esta herramienta no realiza medición de huella de carbono por producto por ciclo de vida completo, aunque si provee una metodología válida para analizar la huella en el sector de la producción primaria.

Se implementó una "calculadora de Huella de Carbono", desarrollada por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, para que particulares midan su huella. En el ámbito privado la medición de huella de carbono que ha realizado la empresa Aguas Danone de Argentina para sus aguas con y sin gas Villavicencio y Villa del Sur destinadas al mercado doméstico. A partir de

los resultados obtenidos en la medición que se efectuó en el 2008, se definieron metas de reducción de las Huellas de Carbono en el orden del 10 % para el 2009, 20% para el 2010 y 30% para el 2011.

En Brasil existen emprendimientos privados que miden huella de carbono por producto, como es el caso de la empresa Fibria, sin embargo, en el año 2006 Brasil creó su propio mercado de carbono, el que tiene como meta principal el apoyo a la generación de proyectos MDL que podrán abastecer de bonos de carbono o CREs; y en 2009 el ex presidente Luiz Inácio Lula da Silva firmó el Plan Nacional sobre el Cambio Climático (PNMC), que plasma los lineamientos de la lucha contra el cambio climático; dicha Ley adopta metas voluntarias de reducción de emisiones de GEI, entre 36,1% y 38,9% de las emisiones proyectadas para 2020. Brasil está estructurando organismos y herramientas a fin de lograr esta meta, y ha entregado a los actores locales un fuerte mensaje de objetivos de mitigación.

A nivel internacional, las acciones más destacadas las tomaron la Unión Europea que desde 1992 ha establecido un sistema de certificación voluntaria de ciclo completo bajo el nombre de EU-Ecolabel, se realizó el informe “Studyforthe EU Ecolabel Carbon Footprint”, basado en un estudio de todos las metodologías de medición de huella de carbono a nivel normativo como técnico y considerando las apreciaciones de las cadenas mayoristas más importantes de Europa, el cual centra su principal atención en la elaboración de un software que permita calcular la huella de carbono de los productos. En Reino Unido se creó Carbon Trust, una entidad dedicada a buscar soluciones a una economía baja en carbono y recientemente se elaboró y publicó el Estándar PAS 2050, una norma para la medición de la huella de carbono, que proporciona un método de evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por un producto a lo largo de su ciclo de vida, considerando la/s fuente/s inicial/es de materia prima, la manufactura, el transporte, el uso y, finalmente, su reciclado o desecho. En Francia se crearon dos leyes para el análisis específico del etiquetado de Huella de Carbono y el aporte más significativo fue la elaboración e implementación en el año 2004 de una herramienta metodológica llamada Bilan Carbone®, que es un método para contabilizar emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero, relacionadas con las actividades industriales, empresariales, de otras asociaciones y entidades administrativas. En Alemania nace en 2008 el Proyecto Huella de Carbono en Productos (PCF Projekt) que tiene como objetivo elaborar un estándar para la Huella de Carbono de los productos. En España la Asociación de Empresarios Productores Ecológicos de Andalucía (EPEA), apoyada por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, ha puesto en marcha un proyecto para medir y verificar la Huella de Carbono de los productos agroalimentarios a lo largo del ciclo de vida del producto, basado en el estándar PAS 2050. En Suecia, varias cadenas de supermercados y restaurantes indican los kilos de dióxido de carbono que se emiten en la producción de los productos o platos ofrecidos, como es el caso de las hamburguesas Max; por su parte, Lantmännen, la cadena de granjas agrícolas más importante de Suecia, también ha introducido un etiquetado de huella de carbono en sus principales productos. En Estados Unidos en 2007 se implementa el “Certified Carbon Free”; este certificado considera el ciclo completo del producto en la que respecta a su huella de carbono; el presidente Barack Obama ha vuelto a poner sobre la mesa un proyecto de ley nacional medioambiental Se han presentado avances hacia la reducción de las emisiones de GEI a nivel federal, empresarial y territorial; en marzo de 2009 se presenta la propuesta para la implementación de un sistema de contabilización de las emisiones de más de 13.000 empresas estadounidenses.

Figura 1: Emisiones de CO_2 de un habitante argentino promedio

La Huella de Carbono de un argentino con consumo promedio es de 5,71 toneladas de CO_2 al año, a continuación se presenta la discriminación por rubro en la Figura 1, calculada por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de nuestro país (SAyDS), en junio del 2008, teniendo en cuenta:

La huella de carbono del argentino promedio es menor que la de los individuos que viven en países como los Estados Unidos y el Reino Unido, ver Figura 2. Las diferencia en las huellas de carbono con estos países se pueden deber tanto al nivel de emisiones de los sectores productivos del país, así como, al estilo de vida de sus ciudadanos.

Figura 2: Comparaciones de la Huella de Carbono de la Rep. Argentina vs. Estados Unidos y Reino Unido (Fuente: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Argentina (SAyDS)

La Huella de Carbono se puede medir en distintas escalas, perímetros o alcances (comúnmente designado como “scope”). Se distinguen 3 scopes para el cálculo de la Huella de Carbono en una empresa y/o evento. En la Figura 3 se presenta una esquematización de las mismas.

- Scope 1: las emisiones directas (que ocurran físicamente en el perímetro analizado. Como el consumo interno de combustibles, la generación de desechos, etc.)
- Scope 2: las emisiones indirectas vinculadas con el consumo de energía (como el consumo de energía provista por redes interconectadas)
- Scope 3: todas las otras emisiones indirectas (como las vinculadas a los proveedores de materias primas y el uso y fin de vida de los productos generados)

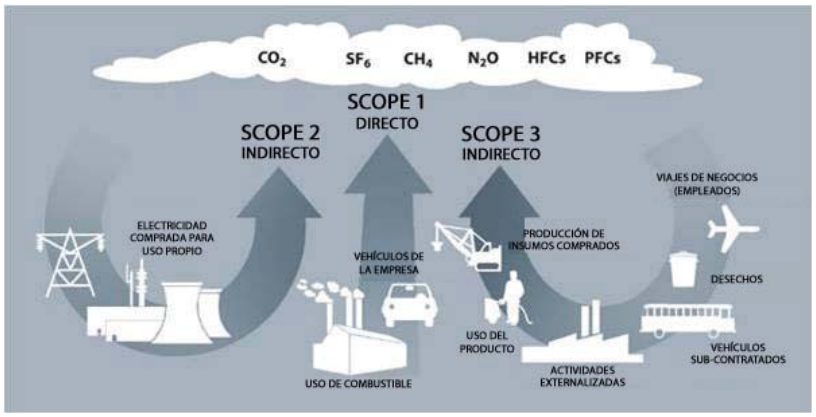


Figura 3: Esquematización de los tres scopes de la Huella de Carbono (CEPAL 2010)

Se distinguen cinco metodologías principales:

1. ISO
2. Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol)
3. Bilan Carbone®
4. PAS 2050
5. PAS 2060

ISO: El International Standard Organization ha desarrollado y está desarrollando estándares relacionados con la medición de emisiones de GEI. Estos se inspiran en general, en estándares y metodologías desarrollados previamente, y tienen como objetivo ser un marco reconocido de confianza a los operadores de proyectos de medición de emisiones de GEI. Los estándares de ISO relacionados a Huella de Carbono son: ISO 14064, 14065, 14067 e ISO/WD 14069.

GHG Protocol: El GHG Protocol es un marco metodológico general que da pautas de trabajo para la determinación de herramientas (softwares) de cálculo de emisiones de GEI. En particular, los métodos Bilan Carbone y PAS 2050, siguen las líneas de recomendación del GHG Protocol. Así también la norma ISO 14.064, que apunta de nuevo a la definición de líneas generales de cuantificación de emisiones de GEI, retoma los resultados del GHG Protocol. También ha desarrollado un conjunto de herramientas (software) para el cálculo de la Huella de Carbono inicialmente de empresas y luego de productos.

BILAN CARBONE©: método de cálculo de emisiones de GEI desarrollado por la ADEME, organismo público francés. Responde a los requisitos de los marcos metodológicos ISO 14.064 y GHG Protocol. Se transformó en la referencia metodológica para empresas, particulares y colectividades territoriales. Basada en formato Excel y acompañado de guías de utilización. Se caracteriza por disponibilizar los factores de emisión y de las fórmulas utilizadas. ADEME no vende licencias del Bilan Carbone©, los utilizadores deben seguir una capacitación, cuyo costo cercano a los 2.000 Euros. Así consiguen el conjunto de herramientas BilanCarbone© y pueden realizar análisis bajo el "sello" Bilan Carbone©. Esta es la metodología que seguiremos en el transcurso del trabajo.

PAS 2050: elaborado en el 2007 por el British Standard Institute (BSI) con el apoyo del Carbon Trust y DEFRA, ambos organismos del gobierno inglés. Está dedicado al cálculo de las emisiones de productos y servicios y responde a las normativas del ISO y del GHG Protocol. Está disponible sin costo en internet se presenta como una guía metodológica que describe paso a paso los criterios a determinar y tomar en cuenta.

PAS 2060: elaborado en 2009-2010 por los mismos organismos que el PAS 2050. Está dedicado al cálculo de las emisiones de organismos (administración, empresas, sitio de producción), colectividades territoriales y particulares. Responde a las normativas del ISO y del GHG Protocol. Está disponible en internet por un monto de 95 Libras esterlinas y, actualmente, en fase inicial de implementación. Constituye una herramienta potente en lo que conciernen las

buenas prácticas de compensación de emisiones no reductibles de GEI, y está orientada a operadores que buscan ser neutros en carbono con un alto grado de reconocimiento.

Cronograma de aplicación de la metodología:

Desde 15/08/12: Inicio del proceso: Sensibilización de la organización; Definición del perímetro e identificación de los responsables; Organización de la recolección de datos.
Desde 15/09/12: Recolección de datos: Elaboración de los cuestionarios (organización + participantes; recolección de las informaciones.
Desde 01/10/12: Análisis de los datos: Conversión de los datos; adaptación de algunos factores de emisión; cálculo de las emisiones.
Desde el 15/12/12: Restitución: Redacción del informe final; presentación de los resultados; plan de acciones.

Descripción del evento: La 2° Feria Internacional y 8° Congreso Regional del Ambiente se realizó los días 10, 11 y 12 de Octubre del año 2012, en el Centro Cultural R. Fontanarrosa, ubicado en la Avenida San Martín 1080, en la ciudad de Rosario, provincia de Santa Fe, Argentina, bajo el lema: "Construyamos una región más sustentable Conocimiento + Acción".
El evento se desarrolló en el marco de cinco ejes temáticos: Responsabilidad Social Ambiental, Educación, Comunicación y Formación ambiental, Ambiente y Equidad Social, Mejor Tecnología Disponible accesible en la Región, Producción Alimentaria Sustentable, Gestión de los Recursos Naturales; alrededor de los cuales empresarios, industriales, profesionales, expertos, científicos, administradores, ambientalistas, funcionarios públicos, docentes y estudiantes interactuaron e intercambiaron conocimiento y experiencias.

Descripción del lugar: Al ser un edificio muy amplio, con gran cantidad de salas, no se ocuparon todas. Las utilizadas fueron:

- Subsuelo: tanto el hall como una sala utilizada para cine.
- Planta baja: hall de entrada al centro cultural.
- Entrepiso: hall donde se ubicó el centro de acreditaciones, Sala E donde se ubicó la feria y los baños.
- Primer Piso: hall, Sala B donde se realizaron charlas y Sala C donde se realizó la exposición de posters; además de los baños.
- Segundo Piso: hall, Sala D donde se realizó el coffee break, Sala F, la cual fue el auditorio principal del congreso y los baños.

Descripción de la toma de datos: la toma de datos se realizó de distintas maneras:

- A través de la página web del evento http://feriadelambiente.com.ar/blog/2012/10/07 /huella-de-carbono/, donde la persona debía completar una serie de preguntas, como por ejemplo si es de Rosario, cuántos kilómetros se movilizó para llegar al congreso, tipo de transporte utilizado, entre otras.
- Cuando los participantes se acreditaban tanto al congreso como a la feria, respondiendo preguntas similares a las que se realizaban en la página del evento.
- Recorriendo cada sector de la feria para realizar el relevamiento de las personas que representaban cada stand, ya que ellas no debían acreditarse. Se le realizaron las mismas preguntas que a los participantes.
- En cada stand se realizó un relevamiento de la cantidad y tipo de iluminación y si tenían o no algún aparato electrónico, ya sea una computadora portátil o televisores.
- Se consultó la cantidad de publicidad (pudiendo ser tanto papelería como biromes u otros objetos que representen promoción del stand correspondiente) que le brindaban a cada persona que recorría la feria. Esta información la contabilizamos como posibles residuos.
- Se consultó con los organizadores el número de vasos plásticos, servilletas, y otros insumos para luego poder contabilizarlos como residuos. Cabe destacar que la totalidad de los vasos plásticos utilizados para la hora del coffee break se reciclaron.

Método utilizado para el cálculo de la Huella de Carbono: utilizamos las fórmulas (1), (2), (3) y (4) que nos brinda la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, basadas en el método francés Bilan Carbone® (Balance Carbono) el cual es compatible con el GHG Protocol y la norma internacional ISO 14064.

- *Transporte particular*: $Emisiones\ [Kg.CO_2] = R * \left(\frac{1}{EM}\right) * FE$ (1)

Dónde:
R= recorrido del automóvil
EM= eficiencia del combustible en km/l o km/m^3; para la nafta será 10km/l, para gasoil 12,5km/l y para el GNC 10km/l.
FE= factor de emisión, que para la nafta será 2,37 kgCO_2/l, para gasoil 2,77 kgCO_2/l y para GNC 1,95 kgCO_2/l

- *Transporte público*: $Emisiones\ [Kg.CO_2] = N * R * \left(\frac{1}{EM}\right) * \frac{FEg}{C}$ (2)

Dónde:
N= número de viajes realizados = 6 para asistentes, 8 para organizadores y 96 para participantes de la mesa chica.
R= recorrido promedio por viaje
EM= eficiencia del combustible = 16,66 km/l
FEg= factor de emisión del gasoil = 2,77 kgCO_2/l
C= carga promedio del colectivo = 20 personas

- *Energía*: $Emisiones\ [Kg.CO_2] = CONel * FEred$ (3)

Dónde:
CONel= Consumo de electricidad en los 3 días que duró el evento (KWh)
FEred= factor de emisión de red = 0,5 kgCO_2/KWh

- *Residuos*: $Emisiones\ [Kg.CO_2] = RES * MO * FEreso * Dgn * PCG$ (4)

Dónde:
RES= cantidad de residuos producidos en el evento
MO= contenido de materia orgánica por kg. de residuo = 0,55
FEreso= factor de emisión de la materia orgánica = 0,003 m^3 metano/kg de MO año
Dgn= densidad del gas natural = 1,77 kg/m^3
PCG= potencial de calentamiento global del metano = 21

Resultados y discusión: gasto de la Huella de Carbono de la 2° Feria Internacional y 8° Congreso regional del ambiente: **5560, 58 kg de CO_{2e}**.

Según el rubro analizado, la cantidad de kilogramos de CO_{2e} generado fue:

- Energía: 338,38 Kg de CO_{2e} [6.09 %]
- Transporte de asistentes: 5015,28 Kg de CO_{2e} [90.19 %]
- Transporte de la organización: 57,06 Kg de CO_{2e} [1.03 %]
- Transporte Mesa Chica: 141,3 Kg de CO_{2e} [2.54 %]
- Residuos: 8,56 Kg de CO_{2e} [0.15 %]

En la Figura 4 se presenta los distintos rubros de generación de emisiones en el evento en porcentaje. Se puede observar claramente el peso mayoritario (90%) en el Transporte de los asistentes al Congreso.

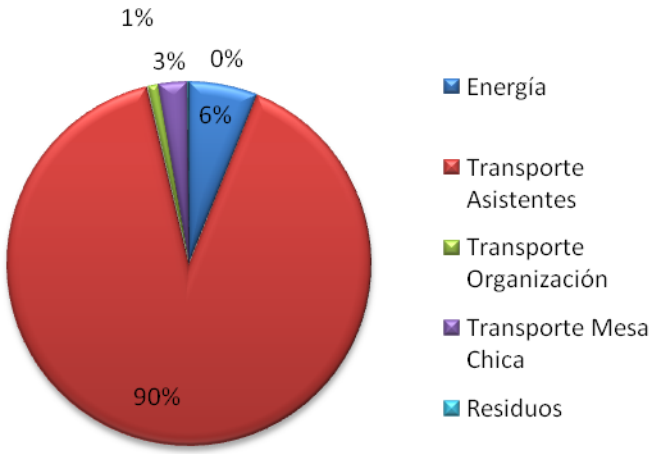


Figura 4: Cantidad total de Kg. de CO_{2e} generado en el evento.

La variable más crítica e influyente a la hora de generación de emisiones es el **transporte**, en nuestro caso, el de los asistentes al evento (90%); pero son también importantes el transporte de la organización (1%) y la mesa chica (3%). Como la mayoría de los asistentes se movilizó en auto y principalmente naftero, la huella es mayor en este aspecto. Si en cambio, la mayoría hubiera utilizado un auto gasolero que tiene una mayor eficiencia o se hubieran trasladado en colectivo, la emisión hubiera sido menor. El porcentaje final de este rubro corresponde al 93.76%.

La segunda variable a considerar es la de energía, donde principalmente la calefacción centralizada consume la mayor parte de la energía. Es necesario mencionar que en este evento, la iluminación fue la necesaria, no se mantuvieron encendidas luces que no fueran utilizadas, además de la cantidad visible de tubos fluorescentes y lámparas bajo consumo. Se intentó aprovechar la luz natural al máximo. Corresponde a este rubro el 6.09% del total.

La variable que generó menor emisión fue residuos, ya que la totalidad de los vasos plásticos utilizados en el coffee break fueron reciclados, y no se arrojaron a la basura, disminuyendo un 20% la cantidad de estos. Es necesario mencionar, que a la hora de contabilizar los residuos, no se tuvieron en cuenta los generados en sanitarios, ni los residuos posibles generados durante el almuerzo de los asistentes, ya que éste no se producía dentro del ámbito del evento.

Las 5,56 toneladas equivalentes de CO_2 emitidas en la atmósfera equivalen a:

a) La capacidad anual de absorción de 556 árboles. Se calcula que un árbol absorbe aproximadamente 10 kg de CO_2 por año (Fuente: UNFCCC).

b) Las emisiones anuales de un argentino promedio. La huella de carbono de una argentino promedio es de 5,71 toneladas de CO_2 al año. (Fuente: Dirección de Cambio Climático- SAyDS).

Compensación de las emisiones del evento:

La compensación de emisiones permite neutralizar la huella de carbono de los eventos organizados. Es la última opción después de reducir al máximo el impacto ambiental del evento, y tiene como objetivo:

- Captar una cantidad de toneladas de CO_2 equivalente a la cantidad emitida, mediante el desarrollo de un proyecto de sumidero de carbono (reforestación).
- La emisión de una cantidad de kilogramos o toneladas de CO_2 equivalente a la cantidad emitida, por medio de un proyecto de eficiencia energética, sustitución de combustibles fósiles por energías renovables, gestión de residuos, deforestación evitada o transformación de agricultura intensiva por agricultura orgánica.

Para este evento, se recomienda la reforestación, es decir neutralizar las emisiones mediante la plantación de árboles autóctonos, ya que es una medida fácilmente realizable y con muy buenos resultados. Las especies recomendadas son:

- Jacarandá
- Fresno
- Lapacho

Se calcula que un árbol absorbe aproximadamente 10 kg de CO_2 por año, la captura de dióxido de carbono ocurre únicamente durante el desarrollo de los árboles, y se detiene cuando los árboles llegan a su madurez total.

Conclusiones:

Actualmente en el mundo, se plantean dos posturas, la del comercio con cada vez menos restricciones arancelarias, el consumismo pensado desde el punto de vista “más consumo, más trabajo” y el movimiento del cuidado del medio ambiente, su protección y predicciones a futuro del mismo. En éste debate entre el comercio y la conciencia ambiental surge como tema emergente la Huella de Carbono en los productos, inicialmente, de consumo cotidiano y se posiciona como una estrategia para relacionar los negocios con perspectiva ambientalista. Todo demuestra que el tema ambiental no es exclusividad de los ambientalistas, sino que hoy, en el año 2013 ya debe ocupar un lugar importante en la agenda empresarial, y no pueden ser analizados por separado. Entonces en la gestión ambiental, la Huella de Carbono es un eslabón que aporta un condimento especial. Asume varias responsabilidades; para los gobiernos es un indicador que sirve para posicionar a su localidad, provincia o país es una escala ambientalista en el mundo y comparativa, también útil para identificar con qué factores sus habitantes colaboran con el calentamiento global, ergo, una vez identificados es más fácil actuar sobre ellos. En el ámbito privado la herramienta sirve como una fuente de información útil para los consumidores, especialmente para los comprometidos con el medio ambiente, y con los que no, es una oportunidad para la concientización y sensibilización de fácil lectura y a la vista de ellos diariamente; de allí reside la importancia del eco etiquetado en productos de consumo cotidiano.

Como resultados preliminares de la ecoconcepción podemos describir, dentro del perímetro de estudio (Energía, Transporte, Insumos y Residuos) una generación de emisiones de 5.56 de teqCO_2, como resultados globales, siendo el Transporte el de mayor aporte con 5.21 teqCO_2, durante la organización y realización del Congreso y Feria. El porcentaje final de este rubro corresponde al 93.76%.

Sugerimos como método de compensación la reforestación con árboles autóctonos de nuestra región, como el Fresno, Jacarandá o Lapacho. Los mismos absorben aproximadamente 10 kg. de CO_2 por año, según United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Dicha acción se sostiene en el tiempo debido a que los árboles serán incorporados al arbolado urbano de la Municipalidad de Rosario, quien lleva a cabo en forma rutinaria trabajos de

mantenimiento y operación de las especies distintas especies arbóreas que alcanza los 300.000 ejemplares.

El promedio de emisiones por participante fue de 11,54 kg eq por participante, siendo la cantidad de participantes 482 (contabilizando los organizadores y asistentes al congreso).

Cada año, miles de eventos de similares características se realizan en Argentina y en la región, dichas actividades trae aparejado impactos ambientales negativos. Es en la organización donde se deben tomar decisiones para mitigar las emisiones generadas en el evento.

La organización del Congreso decidió actuar con responsabilidad social y fortalecer el compromiso que la comunidad rosarina mantiene con el ambiente a través del cálculo de la huella de carbono del evento y su posterior compensación.

La metodología de ecoconcepción redujo las acciones de gasto de energía e insumos desde la organización, expositores y asistentes a través de medidas de sensibilización, capacitación y motivación.

Bibliografía:

- **Barros V**., 2005, Cambio climático, Editorial Zorzal.
- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)**, Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina, 2010.
- **Papendieck, S.,** Informe: "La huella de carbono como nuevo estándar ambiental en el comercio internacional de agroalimentos", febrero 2010.
- **Schneider, H.; Samaniego, J.L.**; Documento de trabajo "La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios", noviembre 2009.
- **Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina (SAyDS),** Documento de referencia "La huella de carbono del argentino promedio", junio 2008. www.ambiente.gov.ar/?IdArticulo =5495
- www.carbontrust.co.uk
- http://www.ghgprotocol.org
- http://www.iso.org
- www.feriadelambiente.com.ar
- http://www.mma.gov.br
- http://www.bsigroup.com/pas2050
- http://www.bsigroup.com/pas2060

Agradecimientos:

A la Secretaría de Servicios Públicos y Medio Ambiente de la Municipalidad de Rosario por otorgarnos los recursos para la realización de dicho trabajo y la posibilidad de realizar las prácticas profesionales supervisadas a las alumnas participantes.

A la Facultad de Química e Ingeniería UCA Campus Rosario, por hacer de nexo entre las alumnas y el autor del trabajo, el Ingeniero Vega Marcelo.

Al Comité organizativo de la 2° Feria Internacional y 8° Congreso Regional del Ambiente, por la confianza en los autores para la realización de dicha investigación y la excelente predisposición, como así también a la Comisión Interempresaria Municipal de Protección Ambiental Rosario (CIMPAR).

INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA DEPURADA POR LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN PARA USO AGRÍCOLA - CATAMARCA

Jalabert Paola[1], Saracho, Marta[1,2,3], Flores Mercedes[4]

1. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Catamarca
2. Grupo de Energías Renovables Catamarca, INENCO – CONICET
4. Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. Universidad Nacional de Catamarca
Avda. Belgrano 300 C.P. 4700 – Catamarca. E-mail: martasaracho@gmail.com

RESUMEN

La creciente demanda de agua para uso doméstico e industrial, influye en la disponibilidad de la misma para la agricultura, por lo cual es importante mejorar la eficiencia de uso y explorar alternativas para aprovechar las aguas marginales, en especial de los efluentes domésticos tratados. Integrar el tratamiento y el uso productivo de las aguas residuales se presenta como una opción válida para resolver parte de la demanda de agua en el sector agrícola. Esta problemática se presenta en la ciudad de Catamarca, donde el efluente depurado es volcado al cauce del río Santa Cruz sin ningún reuso, a pesar del déficit de agua para los distintos usos que sufre la población. El objetivo de este trabajo es evaluar a través de indicadores, la aptitud para riego del agua residual depurada en las lagunas de estabilización de la Capital de Catamarca, desde el punto de vista de la calidad química. La peligrosidad salina fue valorada a través de la conductividad eléctrica, la salinidad potencial y sólidos totales disueltos. Para la peligrosidad sódica se utilizaron como indicadores la relación de absorción de sodio y porcentaje de sodio intercambiable. Las muestras se extrajeron del vuelco del efluente tratado sobre el río Santa Cruz. Las concentraciones de cationes y aniones se determinaron mediante técnicas estándares. Los valores del RAS y conductividad eléctrica permiten clasificar el agua depurada como S1, baja peligrosidad sódica, situación confirmada con el valor del PSI inferior al 15%. De acuerdo a los valores de conductividad eléctrica, el agua se encuentra dentro de la categoría C3, salinidad mediana y de acuerdo a los STD no presenta ningún grado de restricción de uso para riego. Idéntica consideración cabe al pH, boro, cloruro y sulfato. En función de los indicadores empleados el efluente tratado puede ser utilizado para riego sin restricciones importantes.

PALABRAS CLAVE: Efluente tratado, indicadores de calidad, reuso agrícola.

ABSTRACT

The increased demand for water for domestic and industrial use, influences the availability of the same for agriculture, so it is important to improve the efficiency of use and explore alternatives to take advantage of marginal water, particularly treated domestic effluents. To integrate treatment and productive use of wastewater is presented as an option to solve part of the demand for water in agriculture. This problem exists in the city of Catamarca, where the treated effluent is dump the Santa Cruz riverbed without any reuse, despite the deficit of water for different uses population

suffers. The objetive of this work is assessed through indicators, aptitude for treated wastewater irrigation in stabilization ponds Catamarca Capital, from the point of view of the chemical quality. The dangerousness saline was evaluated by the electrical conductivity, salinity potential and total dissolved solids. For sodium hazard indicators were used as the sodium absorption ratio and exchangeable sodium percentage. Samples were taken from the overturning treated effluent on the Santa Cruz River. The concentrations of cations and anions were determined by standard techniques. RAS values and electrical conductivity allow to classify the treated water as S1, low sodium hazard, a situation confirmed by the PSI value below 15%. According to the values of electrical conductivity, the water is within the category C3, salinity medium and according to the value STD presents no restriction of use for irrigation. The same consideration can be to the pH, boron, chloride and sulfate. Depending on the indicators used treated effluent can be used for irrigation without significant restrictions.

KEY WORDS: Treated effluent, quality indicators, agricultural reuse.

INTRODUCCION

La agricultura es el principal sector consumidor de recursos hídricos. Por lo cual en las zonas áridas, existe una sentida necesidad de producir innovaciones en la gestión del agua para evitar los peligros de la escasez del recurso hídrico. La creciente demanda de agua para uso doméstico e industrial disminuye la disponibilidad para la agricultura por lo cual es importante tanto mejorar la eficiencia de este uso como explorar alternativas para el aprovechamiento de aguas marginales, entre ellas, los efluentes domésticos tratados. El uso de aguas marginales en agricultura, además de aprovecharse para mitigar la aridez está visto como una alternativa para la disposición final de los efluentes domésticos, lo que permite evitar la contaminación de los cauces receptores. Los efluentes domésticos tratados tienen un importante valor de uso directo cuando son utilizados como insumo en la producción agrícola, lo que incluye su potencial fertilizante (Fasciolo et al. 2006).

La actividad agrícola demanda agua residual por la necesidad de un abastecimiento regular que compense la escasez del recurso, por causa de la estacionalidad o la distribución irregular de la oferta de otras fuentes de agua a lo largo del año (Lara y Hernández 2003). Adicionalmente, el uso de aguas residuales presenta beneficios asociados al mejoramiento de la fertilidad de los suelos agrícolas por el aporte de materia orgánica, macronutrientes (N y P) y oligoelementos, como Na y K, permitiendo reducir y en algunos casos eliminar la necesidad del uso de fertilizantes químicos trayendo beneficios económicos al sector (Medeiros et al. 2005). Se favorece también la preservación del medio ambiente, al evitar el vertido directo de las aguas residuales o al reducir los costos de su tratamiento, conservando la calidad del agua y la recarga de los acuíferos de aguas subterráneas (Silva et al. 2008).

Con respecto al re-uso del efluente, en nuestro país, las principales experiencias se presentan en la provincia de Mendoza, donde se riegan 15.000 ha de vid, hortaliza, forrajes y forestales (Campo Espejo, Palmira, Rivadavia, San Martín); en Chubut con fines forestales y agrícolas (Puerto Madryn, Puerto Pirámide, Rada Tilly y Comodoro Rivadavia) y en Córdoba (Villa Nueva) se destina el agua residual tratada para riego hortícola, florícola y forestal (Calcagno et al. 2000, Faleschini y Esteves 2013). Actualmente en la ciudad de La Rioja se destina un caudal de 400 l/s de efluentes depurados mediante lagunas de estabilización, al riego de 200 ha destinadas al cultivo de alfalfa (KAYNE S.A. 2013).

En la mayor parte del territorio de la provincia de Catamarca, inserta en una región árida, la disponibilidad de agua es lo que ha delineado el desarrollo de los asentamientos poblacionales a lo largo de su historia. Los principales núcleos poblados se hallan localizados donde existen fuentes de agua accesibles para el consumo humano y el desarrollo de la actividad agropecuaria. Buena parte de la población del interior provincial y también del Valle Central, donde se

encuentran los mayores centros urbanos, dependen directa o indirectamente de la actividad agrícola (Núñez y Álvarez 2004).

La disponibilidad de agua es lo que hace posible el desarrollo de la agricultura, pero su relativa escasez es a la vez lo que limita su expansión. Esta es la problemática que afecta a la población de San Fernando del Valle de Catamarca que sufre el déficit crónico en materia de abastecimiento hídrico, por lo que reutilizar el agua regenerada se presenta como una alternativa de solución a la problemática planteada. Sin embargo los efluentes cloacales depurados de la ciudad Capital son volcados en la actualidad sin ningún uso, en el río Santa Cruz. Además en el sitio de vuelco de este efluente, el cauce permanece seco la mayor parte del año con los consiguientes riesgos de contaminación del recurso hídrico subterráneo, principal fuente de abastecimiento para los distintos usos.

Por otro lado existe una fuerte demanda de agua para actividades agrícolas en emprendimientos ubicados en las proximidades de esta planta, fundamentalmente en los departamentos Valle Viejo y Capayán con proyecciones de incrementar el área sembrada por lo cual el reuso del agua residual no solo permitirá mitigar los impactos negativos sobre el recurso hídrico subterráneo sino atender a los requerimientos productivos de la zona (Saracho et al. 2008).

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS) propone que para resolver el problema de la demanda de agua en el sector agrícola y el de la sostenibilidad de cualquier sistema de tratamiento, se debe integrar el tratamiento de aguas residuales con el uso productivo del agua residual tratada. De esta manera se convierte un problema que no se puede resolver utilizando la tecnología de los países industrializados, en una solución apropiada e integrada para todos los aspectos sociales, ambientales, económicos y técnicos de América Latina (Oakley y Salguero 2011).

Simultáneamente con los beneficios de esta práctica coexisten aspectos riesgosos, que han obligado a la formulación de requisitos que se le exigen al agua tratada a ser utilizada en riego, como es la calidad bacteriológica (OMS 2006; U.S.E.P.A 2004).

Pero es necesario conocer además la calidad química ya que las aguas residuales depuradas tienen una determinada concentración de sales en solución que puede limitar su uso para fines agrícolas. La calidad del agua de riego puede variar significativamente según el tipo y cantidad de sales disueltas que se encuentran en concentraciones relativamente pequeñas pero significativas. A medida que el agua se evapora o es absorbida por los cultivos agrícolas, las sales se acumulan en los diferentes horizontes de los suelos y a corto, mediano ó largo plazo estas actuarán en contra de los cultivos no tolerantes a la salinidad en un área específica (Pérez 2011).

Para evaluar la aptitud del agua para riego no basta conocer el contenido en sales es necesario determinar su naturaleza ya que no todas las soluciones salinas producen el mismo efecto (Pozzi 2004). Aguas con alto contenido de calcio o magnesio se consideran “duras” y no son recomendables para uso doméstico, sin embargo este tipo de agua se considera buena para irrigación. De los cationes encontrados en el agua, el sodio es el más peligroso. A diferencia de las aguas cálcicas o magnésicas, aquellas altas en sodio son consideradas “blandas” y generalmente no son recomendables para irrigación (Cortez et al. 2009).

La presencia de algunos iones en el agua de riego tales como el boro, sodio y cloruro pueden originar efectos tóxicos en las plantas si superan determinadas concentraciones (Sancha et al. 2005). La salinización y sodificación del suelo, que afectan su estructura es otro de los problemas relacionado con la calidad química del agua de riego que es necesario evaluar (Avellaneda et al. 2004). El objetivo de este trabajo es evaluar a través de indicadores, la aptitud para riego desde el punto de vista de la calidad química, del agua residual depurada en las lagunas de estabilización de la ciudad Capital de Catamarca.

MATERIALES Y METODOS

La Capital de Catamarca, Argentina, cuenta con un sistema de lagunas de estabilización para depurar los efluentes cloacales. El sistema está ubicado al Sur - Este de la ciudad Capital, entre los ríos Del Valle y Santa Cruz, sobre la margen este del río Del Valle, en la localidad de Antapoca, departamento Valle Viejo (figura 1). La planta que ocupa una superficie aproximada de 1,50 km^2, está integrada por 30 lagunas: seis anaeróbicas, seis facultativas y dieciocho de maduración, distribuidas en seis módulos iguales que funcionan en paralelo (figura 2).

Para el logro de los objetivos planteados en este trabajo se aplicó un diseño de investigación descriptivo-explicativo empleando como variables independientes la peligrosidad salina, peligrosidad sódica y toxicidad y como variable dependiente la aptitud del efluente depurado para riego agrícola desde el punto de vista químico.

Figura 1.Imagen satelital de la ubicación de la planta de efluentes clocales de la ciudad Capital de Catamarca.

Figura 2. Sistema de lagunas de estabilización de la Ciudad Capital que descarga los efluentes sobre el río Santa Cruz.

Para evaluar la peligrosidad salina se utilizó como indicadores la conductividad eléctrica (CE), sólidos totales disueltos (STD) y salinidad potencial (SP). Esta última se calculó en función de la ecuación 1.

$$SP = Cl^{-1} + SO_4^{2-} \quad (1)$$

Los indicadores relación de absorción de sodio (RAS) y porcentaje de sodio intercambiable (PSI) fueron utilizados para valorar la variable peligrosidad sódica y evaluados a través de las ecuaciones 2 y 3.

(2)

$$RAS = \frac{Na^{+}}{\frac{\sqrt{Ca^{2+} + Mg^{2+}}}{2}}$$

(3)

$$PSI = \left[\frac{-0{,}0126 + 0{,}01475\ x\ RAS}{1 + (-0{,}0126 + 0{,}01475\ x\ RAS)}\right] x\ 100$$

La toxicidad se determinó en función de la concentración de los iones cloruro, sulfato, sodio y boro en el agua tratada, como indicadores.

Para evaluar la aptitud del agua residual para riego agrícola desde el punto de vista químico se emplearon las clasificaciones propuestas por Riverside modificada por Thorne y Peterson, las Guías para la Calidad del Agua para la Agricultura de la FAO y las Guías para el Reuso del Agua de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency 2004, Avellaneda et al. 2004, Sancha et al. 2005).

Técnica de análisis: Las determinaciones de pH, conductividad, concentraciones de sólidos solubles totales, iones indicadores de calidad química: calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruro, sulfato, boro, carbonato y bicarbonato se realizaron de acuerdo a las técnica descripta en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WEF.2005)

Muestreo: El muestreo se realizó por un periodo de dos años con una frecuencia mensual (figura 3). Las muestras fueron extraídas a la salida del sistema, en el vuelco sobre el río Santa Cruz (figura 4).

Figura 3.Sitio de vuelco del efluente sobre el río Santa Cruz.

Figura 4. Muestreo del líquido depurado: vuelco sobre río Santa Cruz.

Procesamiento estadístico de los resultados: Se efectuó un análisis descriptivo de los datos obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tablas 1 y 2 se muestra los valores medios, mediana, máximo, mínimo y desvío estándar de la concentración de los iones en el efluente de las lagunas de estabilización.

Tabla 1. Indicadores químicos (cationes) de la calidad del efluente de las lagunas.

	Na^+ (meq/l)	K^+ (meql)	Ca^{2+} (meq/l)	Mg^{2+} (meq/l)
$\bar{X}$	7	0,29	2,7	0,9
X_{med}	8	0,29	2,7	0,9
$X_{máx}$	8	0,33	2,8	1,1
$X_{mín}$	6	0,26	2,5	0,8
DS	1	0,02	0,1	0,1

Tabla 2. Indicadores químicos (aniones) de la calidad del efluente de las lagunas.

	CO_3^{2-} (meq/l)	HCO_3^- (meq/l)	Cl^-(meq/l)	SO_4^{2-} (meq/l)
$\bar{X}$	ND	6,4	1,8	2,2
X_{med}	ND	6,4	1,8	2,4
$X_{máx}$	ND	6,8	2,0	2,5
$X_{mín}$	ND	6,0	1,5	1,9
DS	ND	0,2	0,1	0,2

Según Sancha et al. (2005) el sodio no se considera un nutriente esencial para las plantas, pero si el catión más dañino. Su efecto perjudicial sobre los cultivos es indirecto debido a la influencia negativa en la estructura del suelo. Este ión desplaza al calcio y magnesio del complejo arcillo-húmico provocando así la dispersión de las partículas del suelo, produciendo pérdida de la capacidad de aireación y de infiltración, lo que origina la alcalización del suelo (pH > 8,5). Además de este efecto sobre el suelo, el sodio produce en las hojas daños similares a los originados por los cloruros y le agrega daños nutricionales que afectan la asimilación del calcio y potasio (Pozzi, 2004).

Según las guías de calidad de agua para irrigación de la FAO (Ayers and Westcot 1985) la concentración de cloruros en el agua estudiada al ser inferior a 4meq/l no presentará problemas. Este ión no es adsorbido por el suelo es captado por plantas y se acumula en hojas. Si su concentración en las hojas excede la tolerancia del cultivo, aparece necrosis de las puntas y bordes de las hojas, efecto que en algunos cultivos puede limitar su comercialización. La toxicidad por cloruro puede ocurrir también por absorción directa por las hojas cuando se riega por aspersión (Sancha et al. 2005).

La concentración media del ión bicarbonato en el agua en estudio (6,4 meq/l) comprendida entre 1,5 a 8 meq/l origina un grado de restricción de uso moderado (Ayers and Westcot 1985). En aguas de riego que presentan concentraciones altas de bicarbonato se forman carbonatos de Ca^{2+} y Mg^{2+} cuando estas se evaporan, como el Ca^{2+} y el Mg^{2+} no son fácilmente disueltos, no pueden controlar el exceso de Na^+ presente en el suelo. Por tanto en épocas calurosas y secas la presencia de elevadas concentraciones de bicarbonatos en agua de riego, puede llegar a producir manchas blancas en las hojas. Por otro lado, el exceso de bicarbonato no se considera tóxico, pero puede producir deficiencia de cinc (Sancha et al. 2005).

El ión sulfato no produce efectos específicos en suelos y plantas pero contribuye a aumentar la salinidad de la solución del suelo. Según la tabla 2 el valor medio de este ión en el efluente es de 2,2 meq/l, por lo cual y según la clasificación de Scofield (Sancha et al. 2005), pertenece a la categoría de muy buena (SO_4^{2-} < 4 meq/l).

En la tabla 3 se muestran los índices utilizados para evaluar la peligrosidad salina del agua depurada.

Tabla 3. Indicadores de peligrosidad salina

	$\bar{X}$	X med	Xmáx	Xmín	DS
CE (µS/cm)	876	869	901	858	7
STD (mg/l)	439	436	451	429	4
SP (meq/l)	2.4	2.6	3.0	1.8	0.6

Según la clasificación propuesta por Riverside modificada por Thorne y Peterson (Avellaneda et al. 2004) el agua en estudio se encuentra dentro de la categoría C3, salinidad mediana. Puede ser usada en suelos de moderada a buena permeabilidad y en cultivos de moderada a buena tolerancia a la salinidad (Avellaneda et al. 2004). De acuerdo al valor medio de

STD (439 mg/l) y teniendo en cuenta las guías para la interpretación del agua de riego de la FAO (Ayers y Westcot 1985) esta agua no presenta ningún grado de restricción de uso. El valor medio de la salinidad potencial, índice que estima el peligro para el suelo de las sales de cloruro y sulfato y por lo tanto del aumento de la presión osmótica es menor que 3 meq/l por lo cual el agua se clasifica como buena (Pérez 2011).

Los indicadores de peligrosidad sódica estudiados se muestran en la tabla 4. Teniendo en cuenta los valores medios del RAS (5±1) y conductividad eléctrica (876±7) µS/cm, el agua depurada puedes ser clasificada como S1, de baja peligrosidad sódica. De acuerdo a esta clasificación puede usarse en casi todos los suelos sin peligro que el nivel de sodio intercambiable suba demasiado (clasificación propuesta por Riverside modificada por Thorne y Peterson).

Con respecto al indicador de peligrosidad sódica, PSI, que determina el tipo de cationes que predominan en el complejo adsorbente del suelo, el valor obtenido 6,2 %, inferior al 15% no representa peligro de sodificación ni dispersión del suelo (USEPA 2004).

Tabla 4. Indicadores de peligrosidad sódica

	RAS (meq/l)	PSI %
$\bar{X}$	5	6,2
X_{med}	6	6,7
$X_{máx}$	6	6,9
$X_{mín}$	4	4,5
DS	1	0,9

La concentración media de boro detectada en el agua en estudio es de 0,6 mg/l; al ser inferior a 0,7 mg/l no tiene ninguna restricción de uso de acuerdo a los niveles guías de la FAO (Ayers y Westcot 1985). Su característica es el angosto rango de concentraciones aceptables en agua de riego que resulta óptimo para no desequilibrar el crecimiento de las plantas. Es necesaria una mínima concentración en el agua de irrigación para sostener algunas actividades metabólicas básicas en las plantas, pero en concentraciones mayores a 3 mg/l puede producir según el tipo de especie vegetal puntos amarillos en hojas y frutos, marchitamiento acelerado y en última instancia la desaparición física de la planta (Pozzi 2004).

Con respecto al pH cuyo valor medio es 7,7 ± 0,1 se encuentra comprendido dentro del rango normal, según la FAO, por lo cual no hay peligro de desbalance nutricional o disolución de iones tóxicos.

Se considera que para realizar un tratamiento integral de los factores que afectan a la producción y determinar la factibilidad de uso del efluente tratado para riego, además de su calidad es relevante considerar las características físicas, biológicas y tolerancia de los cultivos a las sales; las condiciones climatológicas, las propiedades del suelo tales como la permeabilidad o presencia de yeso y las condiciones de manejo del suelo y del agua.

CONCLUSIONES

El efluente depurado por las lagunas de estabilización de la ciudad Capital de Catamarca se encuentra dentro de la categoría C3, salinidad mediana, según la clasificación propuesta por Riverside modificada por Thorne y Peterson. Por lo cual puede ser usado en suelos de moderada a buena permeabilidad y para regar cultivos de moderada a buena tolerancia a la salinidad.

De acuerdo al valor medio de STD y teniendo en cuenta las guías para la interpretación del agua de riego de la FAO este agua no presenta ningún grado de restricción de uso debido a la salinidad.

Los indicadores de peligrosidad sódica (RAS-conductividad eléctrica; PSI) permiten clasificar el agua depurada como S1, de baja peligrosidad sódica por lo cual puede ser utilizada para riego sin peligro de sodificación ni dispersión del suelo.

La concentración de los iones estudiados que pueden producir problemas de toxicidad en plantas- boro, sodio, sulfato- son muy inferiores a las consideradas peligrosas por la bibliografía consultada.

Se considera que el reuso con criterios sanitarios para riego de este recurso permitirá atender los requerimientos productivos de una zona con fuerte déficit hídrico, posibilitando su desarrollo sustentable.

REFERENCIAS

APHA, AWWA, WEF. (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.21 st ed. Washington, DC.

Avellaneda M, Bermejillo A, Mastrontonio L. (2004). Aguas de Riego. Calidad y Evaluación de su Factibilidad de Uso. EDIUNC. Mendoza.

Ayers, R.S. y Westcot, D.W. (1985). Water quality for agriculture. **FAO** Irrigation and Drainage Paper 29 Rev.1, Roma, 174 p.

Calcagno, A., Mendiburu, N., Novillo Gaviño M. (2000). Informe Sobre la Gestión del Agua en la República Argentina. http://www.eclac.cl/DRNI/proyectos/samtac/InAr00200.pdf.

Cortéz J.,Troyo E. Garatuza J. (2009). Correlación entre Indicadores de la Calidad de Agua para Uso Agrícola. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico Nº 66. México.

Faleschini M; Esteves J (2013). Estrategias, Dificultades y Beneficios en la Aplicación del Reuso del Agua Tratada en Tres Municipios de la Patagonia. 1º Congreso Iberoamericano de Protección, Gestión, Eficiencia, Reciclado y Reúso del Agua. El Paradigma Ambiental Aplicado al Agua. Actas del Congreso.

Fasciolo, G., Gabriel E., Morábito J., Tozzi. F. (2006) Impactos agroeconómico del riego con efluentes domésticos tratados en cultivos de ajo y cebolla. Libro de Resumen del 19 Congreso Nacional del Agua. Vol 1. Pp. 109.

http://bibliotecadigital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_aguas/informe_final.pdf.

KAYNE S.A. (2013). Establecimiento Ganadero. Ruta Nº 5. Km 24.

Lara J., Hernández A. (2003). Reutilización de aguas residuales: aprovechamiento de los nutrientes en riego agrícola. Seminario Internacional sobre métodos naturales para el tratamiento de aguas residuales. Instituto Cinara, Universidad del Valle. Pp 237-242.

Medeiros, S., Soares, A. Ferreira P., Neves, J. de Matos A. y de Souza J. (2005) Utilizacao de agua residuaria de origemdomesticana agricultura: estudo das alteracoesquímicas do solo.Revista Brasileira de EngenhariaAgrícola e Ambiental 9(4),603-612

Núñez Aguilar F., Álvarez de Toledo J. (2004). Banco Mundial. Riego en la Provincia de Catamarca. El riego en la provincia de Catamarca. Desarrollo social y ambiental sostenible de la región de América Latina y el Caribe. Banco Mundial. Pp. 15

Oakley S y Salguero L. (2011).Tratamiento de Aguas residuales en Centro América. Un Manual de Experiencia, Diseño, Operaciones y Sostenibilidad. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. Agencia de Protección Ambiental. San Salvador. Pp 19-20

Organización Mundial de la Salud (2006). WHO. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Extreta and Greywater- Volumen II: Wastewater Use in Agriculture. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data.

Pérez J (2011). Manual para determinar la calidad de agua para riego. Universidad Veracruzana. Veracruz. República Mexicana.

Pozzi J. (2004).Consideraciones Generales Sobre la Reutilización de Aguas Residuales Depuradas para Riego Agrícola, Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Nº 76. Pp 68-72. AIDIS. Argentina.

Sancha, A, Castillo G, Espinoza C, Mena M. (2005) Criterios de Calidad de Aguas o Efluentes Tratados para uso en Riego. Informe Final. Universidad de Chile. Gobierno de Chile. Página de internet

Saracho, M; Flores M; Moyano P; Romero K. (2008). Una Fuente Alternativa para Riego dentro de una Gestión Integral del Agua. Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA. Tomo II. Ed. ECU UNCA-CATAMARCA.ISBN987-987-1341-38-2. Pp. 32- 38.

Silva J, Torres P, Madera C. (2008). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. Agronomía Colombiana. 26. Pp 347-359.
U.S. Environmental Protection Agency USEPA (2004) Guidelines for Water Reuse. Municipal Support Division Office of Wastewater Management Office of Water Washington, DC.EPA/625/R-04/108.

Agradecimientos: Los autores agradecen la colaboración técnica y financiera recibida del Director del Laboratorio de Agua y Efluentes de la Secretaria de Recursos Hídricos de la provincia de Catamarca, Bioquímico Ricardo Tinari y de todo el personal del Dpto Físico-Químico de Agua y Efluentes.

FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON BIODIESEL

Rios R. Paola, Giuffre Lidia, Romaniuk Romina

Cátedra Edafología, facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires
Departamento de Recursos Naturales y Ambiente.
Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires.
Av.San Martín 4453
1417. Cdad.Autónoma de Buenos Aires
TE.4524-8059

Resumen

La contaminación con petróleo ha causado graves daños al ecosistema natural, persistiendo en el suelo por largo tiempo. La contaminación del ambiente es un problema relevante que ha surgido en las últimas décadas producto de la mayor necesidad de energía. El biodiesel surge como una alternativa energetica a la escases de petróleo. Sin embargo, son escasos los trabajos que reportan sobre los efectos que tiene el biodiesel sobre en el suelo. La fitorremediación es una alternativa de remediación de suelos contaminados que consiste en el uso de plantas verdes para eliminar o acumular contaminantes peligrosos para el medio ambiente, que mediante procesos químicos, biológicos y físicos ayudan a la biorrecuperación de sustratos contaminados. La fitorremediación es más efectiva en la degradación de hidrocarburos que la atenuación natural porque tiene las ventajas de mejorar el ambiente físico y químico del suelo. Los objetivos de este trabajo son: comparar atenuación natural y fitorremediación como metodologías de remediación, determinar el efecto del agregado de biodiesel sobre variables microbiológicas de suelo edáficas y relacionar la biomasa vegetativa del ray grass con el contenido de hidrocarburos en el suelo. Se realizó un ensayo a campo sobre un Argiudol típico con 3 tratamientos: S (testigo), SB (atenuación natural) y SCL (fitorremediación). Las muestras se tomaron al momento de la contaminación (T0), al mes (T1), a los 3 (T3) y 6 meses (T6). El tratamiento de fitorremediación presentó la mayor eficiencia de remediación y alcanzo a los 3 meses el nivel considerado como suelo recuperado, mientras que la atenuación natural recién logro ese nivel a los 6 meses. La biomasa microbiana y la actividad enzimática se vieron afectadas por la contaminación al principio del ensayo. El tratamiento de fitorremediación presentó los mayores valores en biomasa microbiana y actividad enzimática incluso superando al tratamiento testigo. La biomasa aérea del ray grass correlaciono negativamente y significativamente con el contenido de biodiesel en el suelo.

Palabras claves: remediación, biodiesel, biomasa aérea, ray grass.

Abstract

Oil pollution has caused severe damage to the natural ecosystem, persisting in soil for a long time. Environmental pollution is a significant problem that has emerged in recent decades due to a greater need for energy. Biodiesel is an alternative energetic to the oil shortage. However, there are few studies reporting on the effects of biodiesel on the ground. Phytoremediation is an alternative soil remediation which involves the use of green plants to remove or accumulate hazardous pollutants to the environment, which by chemical, biological and physical processes help the bioremediation of contaminated substrates. Phytoremediation is more effective in degrading hydrocarbon than natural attenuation because it has the advantage of improving the physical and chemical environment of the soil. The objectives of the present study are to compare natural attenuation and phytoremediation as remediation methodologies, determine the effect of the addition of biodiesel on soil microbiological variables and relate soil ryegrass vegetative biomass with the oil content in the soil. We conducted a field trial on a Argiudoll with 3 treatments: S (control), SB (natural attenuation) and SCL (phytoremediation). Samples were taken at three different time: right after contamination (T0), one month (T1) and at 3 (T3) and 6 months (T6) after. Phytoremediation treatment had the highest remediation efficiency and at 3 months reached the level at which the soil is considered recovered, while natural attenuation achievement that level at 6 months. Microbial biomass and enzyme activity were affected by contamination at the beginning of the test. Phytoremediation treatment showed the highest values for both parameters microbial biomass and enzyme activity. Ryegrass aboveground biomass was significantly negatively correlated with.

Keywords: remediation, biodiesel, biomass, rye grass.

Introducción

La contaminación del ambiente es un problema relevante que ha surgido en las últimas décadas producto de la mayor necesidad de energía (Verma *et al*., 2006). El biodiesel surge como una alternativa energética a la escasez de petróleo. Sin embargo, son escasos los trabajos que reportan sobre los efectos que tiene el biodiesel sobre sobre el suelo.

Un gran número de trabajos reportaron los diferentes procesos de biodegradación de los hidrocarburos en los suelos contaminados, mayoritariamente utilizando bacterias específicas especializadas en la biodegradación (Richard y Vogel, 1999; Barathi y Vasudevan, 2001). Sin embargo en la última década se introdujo a las plantas dentro de los procesos eficientes de remediación (Macek et al., 2000; Harvey et al., 2002; Mackova et al., 2006). Las plantas tienen diferentes mecanismos para estimular y sostener la población microbiana degradadora de hidrocarburos a partir de los exudados radicales que son el sustento para dicha actividad.

Adam y Duncan (2002) plantearon que los ensayos con plantas en suelos contaminados merecen considerable atención debido a los interesantes resultados obtenidos. Comúnmente los ensayos que valoran la salud en suelos contaminados con hidrocarburos, involucran la germinación de semillas y crecimiento experimental de las plantas (Molina y Barahona *et al*., 2005). Diversas plantas indicadoras han sido usadas previamente para valorar la contaminación de los suelos con hidrocarburos: monocotiledóneas perennes como el ray grass, *Lolium perenne L*. (Palmroth *et al*., 2002; Siddiqui y Adams, 2002); dicotiledóneas como el repollo, *Brassica alba L*. (Sasek *et al*., 2003) y Leguminosas, arveja, *Sativum sp L.* (Palmroth *et al*., 2002). Wang y colaboradores (2010) corroboraron que el ray grass es una planta absolutamente sensible al

contenido residual de hidrocarburos en suelo, con una correlación negativa entre el crecimiento y el contenido de hidrocarburos en este medio.

La fitorremediación ha sido definida como el uso de plantas verdes para eliminar o acumular contaminantes peligrosos para el medio ambiente, que mediante procesos químicos, biológicos y físicos ayudan a la biorrecuperación de sustratos contaminados (Phillips *et al*. 2006).

En la fitorremediación, la elección de las plantas es fundamental de manera que se pueda cubrir con la raíz un área superficial significativamente grande y a la vez que sean capaces de adaptarse a las condiciones del suelo. Desde un punto de vista económico, las plantas que requieren menos mantenimiento, en cuanto a la frecuencia de fertilización o de corte, son preferibles. Los estudios de viabilidad se han centrado en la familia Graminaceae ya que sus especies tienen sistemas de raíces muy fibrosas que se extienden sobre una gran superficie y penetran más profundamente en el suelo (Adam y Duncan 2002)

La actividad biológica es el principal mecanismo para eliminar el petróleo y demás hidrocarburos del suelo (Tempest *et al*., 1978). Por ello es efectivo su uso como indicador para determinar el efecto ecológico de los contaminantes. Alvear *et al*. (2007), señalaron que las actividades biológicas son excelentes bioindicadores de la calidad del suelo. La hidrólisis de la Diacetato de fluoresceina (FDA) incluye la actividad de enzimática hidrolítica extracelulares involucradas en los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes del suelo. Las enzimas responsables de la hidrólisis del FDA son las esterasas, proteasas y lipasas que están involucradas en la descomposición de los residuos. Generalmente más del 90% de la energía del sistema del suelo de debe a la actividad de los descomponedores, por ello la estimación de la actividad de los descomponedores prevé un buen indicador de la actividad microbiológica total.

En las soluciones de FDA el color se debe a la fluoresceína liberada metabólicamente, por lo que se puede cuantificar la actividad biológica total del suelo, midiendo $A_{439\ nm}$ de las soluciones de FDA obtenidas tras la incubación con el suelo. La hidrólisis de la FDA mide solamente la biomasa microbiana activa que es la que genera esta reacción (Nannipieri *et al*., 2003), que permite cuantificar la participación de microorganismos en la pérdida de hidrocarburos del suelo. Xua y Lub (2010), utilizaron la hidrólisis de FDA en la determinación de la actividad biológica en suelos contaminados con hidrocarburos. Los objetivos de este trabajo son: comparar atenuación natural y fitorremediación como metodologías de remediación, determinar el efecto del agregado de biodiesel sobre variables microbiológicas de suelo edáficas y relacionar la biomasa vegetativa del ray grass con el contenido de hidrocarburos en el suelo.

Materiales y Métodos

Para evaluar y comparar la degradación del biodiesel se realizó un ensayo in situ a campo. Se utilizaron parcelas de 0,8 x 1 m sobre un suelo de textura franco limosa (Arena 28,5 %, Limo 52 % y Arcilla 19,5 %) con un horizonte superficial de 30 cm, correspondientes a un Argiudol típico, de la localidad de Pilar, provincia de Buenos Aires, con un diseño experimental completamente aleatorizado. El diseño constó de 3 tratamientos con 3 repeticiones (Cuadro 1.1)

Cuadro 1.1: Ensayos

Ensayo in situ	Tratamiento y descripción
S	Testigo: suelo franco-limoso (S)
SB	Atenuación natural: suelo contaminado con biodiesel
SBL	Fitorremediación: Suelo contaminado con biodiesel y sembrado con Lolium multiflorum L.

El nivel de contaminación con biodiesel de soja (100%) fue del 20 % del peso seco del suelo. En el tratamiento de fitorremediación se realizó la siembra de *Lolium multiflorum* L. con una densidad de semillas de 50gr. m^{2-1}, ajustándose el contenido de agua del suelo mediante riego durante 1 mes hasta la implantación de la pastura, solo para este tratamiento. Posteriormente se mantuvo el ensayo con las condiciones ambientales del sitio.

Se extrajeron muestras de suelo simples a una profundidad de 0-20 cm para cada uno de los tratamientos. El muestreo se realizó en el tiempo 0 (T0), al mes (T1), a los 3 meses (T3) y a los 6 meses (T6) de haber comenzado ambos ensayos.

Para determinar la biomasa de reygrass se realizó la cosecha mecánicamente hasta los 15 cm de la biomasa cada 30 días y se seco en estufa a estufa a 65 ºC para determinar la materia seca. Para el análisis de correlación con los hidrocarburos se tuvo en cuenta la cantidad de biomasa cosechada en el mes correspondiente al muestreo.

Se realizaron las siguientes determinaciones en el suelo; Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP), se determinaron mediante el método EPA 418.1. (1978). Carbono de la biomasa microbiana (CBM): por el método de fumigación extracción propuesto por Vance *et al*. (1987). Respiración basal (Resp): se incubaron 20 gr de suelo fresco en condiciones óptimas de temperatura (25 º C) y humedad (90%) durante 7 días, Jenkinson y Powlson (1976). Hidrólisis de (FDA): se incubó el suelo con diacetato de fluoresceína, se determina la fracción coloreada liberada metabólicamente, midiendo A 439 nm de las soluciones de FDA obtenidas (Adam y Duncan 2001).

Para el análisis estadístico se utilizó el programa estadístico *Infostat versión 1.1.* Los resultados de los diferentes parámetros se sometieron a ANVA y la comparación de medias se realizó mediante el Test de Tukey, con un nivel de significancia del 5 **%**

Resultados y discusión

El contenido de hidrocarburos totales (HTP), fue disminuyendo en los diferentes tiempos de muestreo (Figura 1). En T1 se puede observar que entre los tratamientos contaminados el de fitorremediación (SBL) presentó el valor de menor nivel de HTP estadísticamente significativos ($p<0.05$). Es decir que al mes de realizada la contaminación logró degradar más rápidamente el biodiesel. El establecimiento de las plántulas y la actividad rizosférica, junto al riego que se aplicó durante este periodo de manera de favorecer la implantación de la pastura podrían ser los factores que generaron una mayor actividad biológica acelerando el proceso degradativo del contaminante, respecto a la atenuación natural (SB).

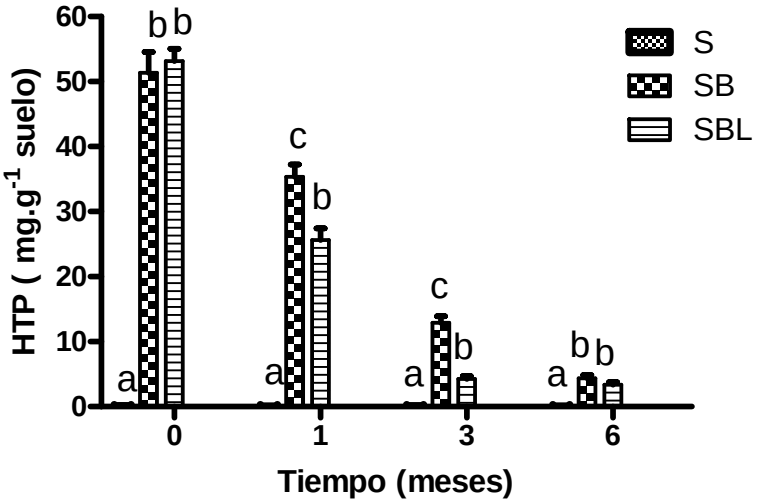


Figura 1. Contenido de hidrocarburos en suelo en los diferentes tiempos de muestreo. Las letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % entre tratamientos en cada tiempo de muestreo

A los tres meses luego de comenzado el experimento (T3), el tratamiento de atenuación natural (SB) resultó ser el tratamiento menos eficiente en la degradación del biodiesel, diferenciándose estadísticamente de la fitorremediación. Sin embargo, en el Cuadro 2 se observa que sólo el tratamiento SBL logró a los 3 meses niveles de HTP a partir de los cuales un suelo se considera remediado, según las normas holandesas: 5 $mg.g^{-1}$ de HTP (Frank, 1999). El tratamiento de atenuación natural recién a los 6 meses (T6) logró valores inferiores a los 5 $mg.g^{-1}$ de HTP.

En la Figura 2 se presentan los valores medios de carbono de la biomasa microbiana (CBM), indicador del tamaño de la población microbiana en el suelo. Al inicio del ensayo puede observarse que la contaminación con biodiesel afecto el tamaño de población microbiana ya que ambos tratamientos de remediación atenuación natural (SB) y fitorremediación (SBL) presentaron valores estadísticamente inferiores al testigo.

Cuadro 2. Valores medios de HTP

		Tiempo (Meses)			
Tratamiento		**0**	**1**	**3**	**6**
	S	0.10 a	0.05 a	0,11 a	**0,5 a**
	SB	51,36	35,33 b	12,91	**4,37 a**
	SBL	53,31	34,34 b	**4,28 a**	**3,57 a**

Cuadro 2: Valores medios de HTP para todos los tratamientos y diferencias encontradas entre los distintos momentos de muestreo. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$) de HTP entre tiempo de muestreo para cada tratamiento.

Al mes de la contaminación (T1) el tratamiento de fitorremediación (SBF) presentó un mayor nivel estadísticamente significativo de biomasa microbiana respecto de la atenuación natural (SB). Boopathy (2000) planteó que como producto de la contaminación los microorganismos son afectados por el efecto toxico que inhibe claramente la actividad metabólica en los primeros estadios de la contaminación. Sin embargo superado dicho “periodo de estrés” los

microorganismos gradualmente se van adaptando al contaminante y los hidrocarburos son utilizados como fuente de carbono y energía.

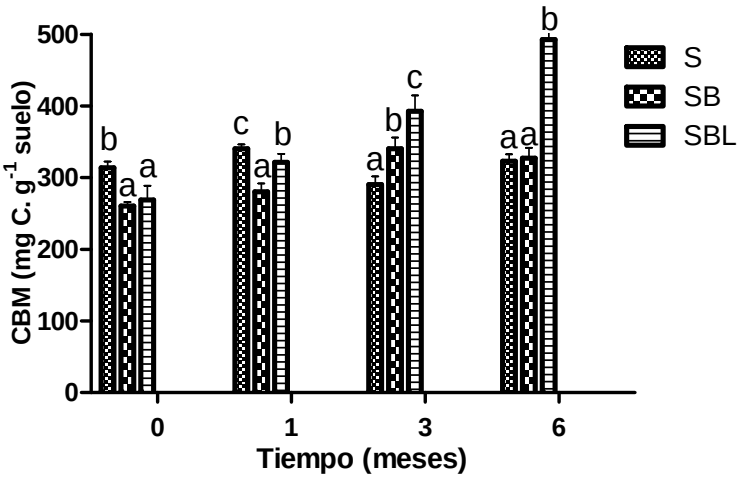


Figura 2. Valores medios de carbonote la biomasa microbiana para los tratamientos y tiempos de muestreo analizados. Letras diferentes indican diferencias significativas (P<0,05) entre tratamientos para cada tiempo de muestreo.

A los tres meses el tratamiento de fitorremediación presentó la mayor biomasa microbiana diferenciándose estadísticamente de los restantes tratamientos. Este incremento está asociado a la actividad biológica de los microorganismos de la rizosfera. Cunningham *et al*.(1996) encontraron que la mayor degradación de hidrocarburos ocurre alrededor de la rizósfera debido a que la planta exuda componentes orgánicos a través de las raíces, que incrementan la densidad, diversidad y actividad de los microorganismos alrededor de la misma, y son microorganismos degradadores de hidrocarburos. Esto mismo fue corroborado por Siciliano y Germida (1998).

A los 6 meses (T6), donde todos los tratamientos alcanzaron el nivel de descontaminación establecido por las normas holandesas, el tratamiento de fitorremediación (SBL) presentó el mayor nivel de biomasa microbiana con diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos. A pesar de tener bajos valores de HTP que son la fuente de carbono para los microorganismos, los exudados y secreciones de las plantas podrían generan condiciones propicias para el desarrollo de una abundante biomasa microbiana.

En la Figura 3 se presentan los valores medios de hidrólisis de diacetato de fluoresceína (Adam y Duncan, 2001) que es aceptado como un método preciso y simple para determinar la actividad biológica del suelo. Las enzimas responsables de la hidrólisis de FDA no son específicas sino que en este proceso están involucradas esterasas, proteasas y lipasas que participan en la descomposición de los residuos y ciclado de nutrientes.

Al inicio del ensayo (T0) y al mes (T1) de la contaminación con biodiesel produjo que todos los tratamientos contaminados presentaran valores estadísticamente menores que los del testigo (S) de hidrólisis de FDA poniendo en evidencia que la contaminación tuvo un efecto negativo sobre la actividad enzimática del suelo.

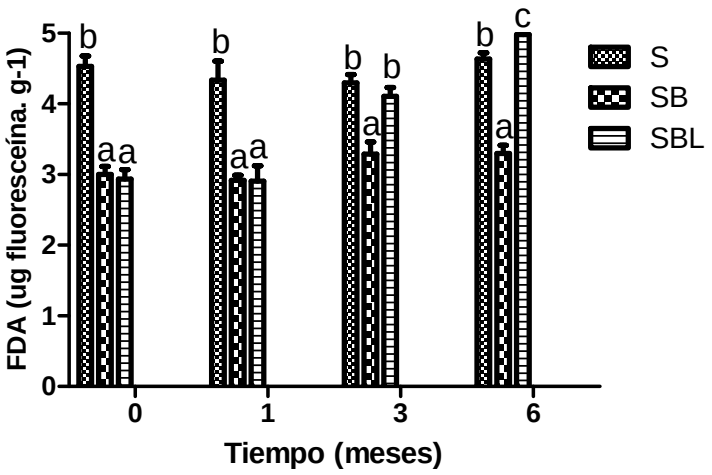


Figura 3. Valores medios de hidrólisis de diacetato de fluoresceína para los tratamientos y tiempos de muestreo analizados. Letras diferentes indican diferencias significativas (P<0,05) entre tratamientos para cada tiempo de muestreo.

A los tres meses (T3), el tratamiento de fitorremediación (SBL) presentaron niveles estadísticamente semejantes al testigo con referencia a la hidrólisis de FDA. En estos tratamientos la disminución del contenido del biodiesel HTP estuvo acompañada con un aumento en la biomasa microbiana. En este caso el SBL se corresponde a la promoción de la actividad biológica por parte de los exudados radicales. La situación testigo era de esperarse que presente un alto nivel debido a que no se la contaminó con biodiesel.

Al finalizar el ensayo en T6, el tratamiento de fitorremediación (SBL) presentó el mayor nivel estadísticamente significativo de hidrólisis de FDA. Esta mayor actividad en el tratamiento fitorremediado está asociada no sólo a las secreciones radiculares sino también a las mejores condiciones generales del suelo. A pesar que el FDA es tenido en cuenta como un indicador de biodegradación en los suelos contaminados con hidrocarburos, Lee *et al.* (2008) no lo consideraron como una medida para estimar la biorremediación porque en sus ensayos no observó una disminución de la hidrólisis de FDA después de lograr reducir los HTP. Esto mismo fue observado en el tratamiento de fitorremediación (SBL), a pesar de presentar valores muy bajos de HTP la hidrólisis del FDA continuó incrementándose. Podría ser que al encontrarse el medio natural libre de hidrocarburos, vuelve a su equilibrio y se aumenta la actividad microbiana.

La baja actividad encontrada en el tratamiento de atenuación natural (SB) se contrapone con lo encontrado por Bento et al. (2005) que observaron un continuo incremento en la actividad enzimática hasta el final del experimento.

A partir de la biomasa aérea del ray grass en los diferentes momentos de muestreo se realizó un grafico de dispersión para determinar la tendencia y ver si existe asociación con el contenido de hidrocarburos en el suelo. La biomasa representa la cantidad de material que desarrolla el reygrass en los 30 días respecto al tiempo de muestreo, de manera de eliminar el factor tiempo de desarrollo En la figura 4, puede observarse que cuanto mayor es el contenido de HTP en el suelo la biomasa cosechada fue menor.

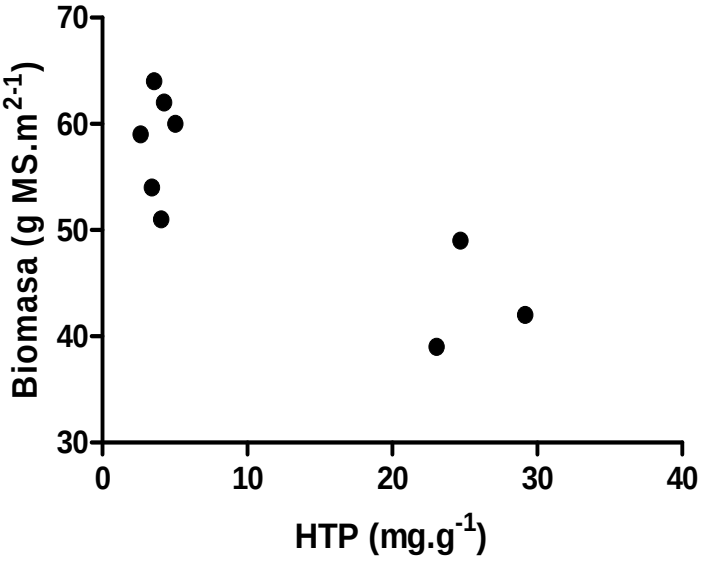


Figura 4. Relación de Biomasa y el contenido de HTP en el suelo.

Para determinar estadísticamente la asociación entre ambas variable se realizo la correlación de Pearson. A partir del coeficiente de correlación, puede observarse que existe una correlación significativa entre ambas variables ($p<0.05$). Esta correlación toma valores negativos indicando que cuanto mayor es el contenido de hidrocarburos en el suelo menor es la biomasa de ray grass. Es decir que el crecimiento de las plantas se ve influenciado por el los hidrocarburos en el suelo corroborando lo que encontró Zang et al., 2010.

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	biomasa	HTP
biomasa	1,00	0,01
HTP	-0,84	1,00

4.5 conclusiones

- ✓ El tratamiento de fitorremediación (SBL) lograron a los 3 meses el nivel de remediación, siendo más eficiente que el de atenuación natural que recién alcanzo dicho nivel a los 6 meses.
- ✓ El contenido de HTP correlacionó de manera significativa y negativamente con la biomasa de ray grass.
- ✓ La hidrólisis de FDA y el carbono de la biomasa microbiana resultaron superiores en el tratamiento de fitorremediación al finalizar el ensayo.

Bibliografia

Adam, G., Duncan, H. 2001. Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbiol activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils. Soil Biol. Biochem. 33, 943–951.

Adam, G., Duncan, H. 2002. Influence of diesel on seed germination.

Alvear M., Urra, C., Huaiquilao R., Astorga, M., Reyes, F. 2007. Biological activities and aggregates stability in a soil from Chilean temperate forest under two successional stages and seasonal changes. J. Soil Sc. Plant Nutr. 7 (3) 200 (38-50).

Bento, F. M., Camargo, F.A.O., Okeke, B.C., Frankenberger Jr., W. T. (2005). Comparative bioremediation of soil contamined with diesel oil by natural attenuation, biostimulation, and bioaugmentation. Biores. Techn. 96. 1049- 1055.

EPA (1978) Method 418.1. Test method for evaluating total recoverable petroleum hydrocarbon (spectrophotometric, infrared). United States Government Printing Office, Washington, D. C., 9 pp.

Jenkinson D. S., Powlson D. S. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. Soil Biol. Biochem. 8: 209-213

Lee S-H.; Oh B-II.; Kim J. 2008. Effect of various amendments on heavy mineral oil bioremediation and soil microbial activity. Biores. Techn. 99 2578-2587.

Molina-Barahona, L., Vega-Logo, L., Guerrero, M., Ramírez, S., Romero, I., Vega-Jarquin, C., Albores, A., 2005. Ecotoxicological evaluation of diesel contaminated soil before and after a bioremediation process. Envir. Toxic. 20, 100–109

Nannipieri, P., Badalucco, L. 2003. Bological processe. In: Processe in the Soil-Plant System: Modelling concepts and Applicatins (eds. Bembi DK, Nieder R.). The Haworth Press, Binghamton, NY, pp. 57-82

Palmroth, M.R.T., Pichtel, J., Puhakka, J.A., 2002. Phytoremediation of sub-arctic soil contamination with diesel fuel. Biores. Techn. 84, 221–228.

Sasek, V., Bhatt, M., Cajhaml, T., Malachova, K., Ledmicka, D. 2003. Compost-mediated removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from contaminated soil. Archives of Envir.l Contam. Toxic. 44, 336–342.

Siciliano, S. D., Germida, J. J., 1998. Mechanisms of phytoremediation: biochemical and ecological interactions between plants and bacteria. Environmental Reviews 6, 65–79.

Siddiqui, S., Adams, W. A. 2002. The fate of diesel hydrocarbons in soils and their effect on the germination of perennial ryegrass. Environ. Toxic. 17, 49–62

Tempest, D. W. 1978. The biochemical significance of microbial grows yields: an assessment. Trends Biochem. Sci. 3: 180- 184.

Vance, E. D., Brookes P.C., Jenkinson, D. S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biol. Biochem. 19 (6):703-707.

Wang, J., Zhan, X., Zhou, L., Lin, Y. 2010. Biological indicators capable of assessing thermal treatment efficiency of hydrocarbon mixture-contaminated soil. Chemosphere 80. 837-844.

Xu, J., Lu, M. 2010. Bioremediation of crude oil- contamined soil: comparison of different biostimulation and bioaumentation treatments. J Hazar. Mat. 183. 395- 401.

OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS EXISTENTES DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES: TECNOLOGÍAS NO-TRADICIONALES QUE PERMITEN REUTILIZAR EL AGUA TRATADA DISMINUYENDO EL IMPACTO AMBIENTAL

Martínez Wassaf, Maribel G[1]; Grumelli, Yanina[1]; Aguirre, Belquis[1]; Díaz Panero, Mariángeles[1]; Castillo, Jorge[1,2] y Welter, Adriana[1]

1. Facultad de Ciencias Químicas - Universidad Católica de Córdoba
2. Facultad de Ingeniería - Universidad Católica de Córdoba
Avenida Armada Argentina 3555 – X5016DHK – Córdoba – Argentina. Tel: (54) 351 4938060
e-mail: adrianawelter@gmail.com

Resumen

En la ciudad de Córdoba y en las poblaciones serranas aledañas, el aumento de la densidad demográfica, el desarrollo de la industria y el impulso de la actividad turística produjo un incremento en la demanda de agua potable y en la generación de aguas residuales. Un alto porcentaje de viviendas y pequeñas urbanizaciones no están conectadas a la red cloacal y utilizan sistemas in-situ para el tratamiento de sus efluentes como cámara séptica y para la disposición final, pozos absorbentes o sangrías. Debido a los bajos rendimientos documentados de este sistema de tratamiento, las aguas ineficazmente tratadas lixivian arrastrando sustancias tóxicas que contaminarán las napas freáticas. Además este proceso de saneamiento imposibilita su posterior reutilización para otras actividades. Para disminuir el impacto ambiental se decide la implementación de prototipos a escala real para ser combinados con los sistemas de tratamiento convencionales existentes, objetivo del presente trabajo. Se diseñó e instaló una planta de tratamiento que incluye como primera etapa la cámara séptica existente seguida de un sedimentador anaeróbico, un módulo biológico aeróbico -biodiscos- y un tanque de almacenamiento y cloración. Para comprobar la eficiencia del sistema se tomaron muestras en tres puntos a lo largo de la planta durante tres periodos de tiempo (n=60). Se efectuaron análisis de parámetros in-situ y de laboratorio que incluyeron determinaciones físico-químicas y microbiológicas. El resultado fue la disminución del contenido orgánico presente en el efluente (DBO_5 inicio vs final del tratamiento $p<0,05$) y de gran parte del contenido inorgánico lo que permite la reutilización del agua remediada para el riego de los espacios verdes del predio. El modelo propuesto de integración de tecnologías no tradicionales a las ya existentes es una opción ecológica y económicamente sustentable ya que mejora la eficiencia del tratamiento y permite la reutilización del agua tratada, cooperando con el medioambiente.

Palabras Claves: combinación de tecnologías, remediación, reutilización

Abstract

In the city of Cordoba and the surrounding mountain towns, increasing population density, industry development and promotion of tourism have increased the demand for drinking water and wastewater generation. A high percentage of homes and small developments are not connected to the sewerage network and use on-site systems to treat their effluents as septic tank and for its final disposal, seepage pits or indentations. Due to the low efficiency of these treatment systems, the unsuccessfully treated water leaches toxic substances that pollute the groundwater. Furthermore,

this restructuring process does not allow the reuse of the treated water for other activities. The objective of the study was to implement full-scale prototypes to be combined with existing conventional treatment systems in order to reduce the environmental impact of these systems. A sewerage water treatment plant was designed and installed. This plant includes as a first step the existing septic tank followed by a settler anaerobic, an aerobic biological module -biodiscs- and a storage and chlorination tank. To check the efficiency of the system, samples were taken at three points along the plant during three time periods (n = 60). Parameters analyzes were performed in-situ and in laboratory involving physicochemical and microbiological determinations. The result was the reduction of the organic content present in the effluent (BOD5 start vs. end of treatment $p<0,05$) as well as the inorganic content, allowing remediated water to be reused for irrigation of green areas of the property. The proposed model of integrating non-traditional technologies with the existing ones is an ecologically and economically sustainable option because it improves treatment efficiency and allows the reuse of treated water in cooperation with the environment.

Keywords: combination of technologies, remediation, reuse

Introducción

El agua es vital para la supervivencia de todos los organismos vivos y el funcionamiento adecuado de los ecosistemas, comunidades y economías. La disminución de la calidad del agua se ha convertido en un asunto de importancia global debido al crecimiento poblacional, a la expansión de las actividades agrícolas e industriales y como resultado de los cambios climáticos que amenazan con causar mayores alteraciones en el ciclo hidrológico (UN-Water Partners 2011). Los aspectos que rodean la calidad del agua son complejos y diversos, y necesitan atención integral urgente (World Health Organization - UNICEF 2012). Durante los últimos 50 años, la actividad humana ha provocado la contaminación de los recursos hídricos en una magnitud históricamente sin precedentes. Se estima que más de 2500 millones de personas en el mundo viven sin un sistema adecuado de saneamiento y cada día, 2 millones de toneladas de aguas residuales y otros efluentes son drenados hacia las cuencas hídricas mundiales, siendo más grave en los países en desarrollo. En estos países más del 90% de los desechos sin procesar y el 70% de los desechos industriales sin tratar se vierten en aguas superficiales relacionándose con la muerte de 1,5 millones de niños por año debido a las enfermedades que se propagan por el agua (UN-Water UNEP- FAO Water 2010). La generación de aguas residuales es un hecho inevitable de toda actividad humana y los problemas asociados a las mismas han sido, son y serán motivo de preocupación internacional (Pruss y Corvalán 2006). Toda agua residual afecta de alguna manera la calidad del agua del cuerpo receptor y debido a la superpoblación y a los elevados costos de construcción de sistemas de saneamiento, causan daño a la vida silvestre y deterioros ambientales (López 2009). En nuestro país según el último censo sólo el 48,9% de la población cuenta con sistemas de cloacas y el 26,2% posee en sus hogares cámaras sépticas y pozos ciegos (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos 2010). En la provincia de Córdoba el 38,3% de población cuenta con sistema de cloacas mientras que el 48,2% posee cámaras sépticas y pozos ciegos (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos 2010). En el departamento Punilla -objeto de estudio- sólo el 23,5% de la población cuenta con sistemas de cloacas mientras que el 62,7% tiene sistemas de cámaras sépticas y pozos ciegos (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos 2010). Si tenemos en cuenta que la Organización Mundial de la Salud considera como un buen saneamiento a aquel que cubre al menos al 90% de la población, en nuestra provincia todavía nos queda mucho trabajo por hacer (Augé, 2007). A esta situación del bajo porcentaje de tratamiento de aguas residuales, hay que sumarle la problemática de la crisis hídrica, los periodos prolongados de sequía que azotan a gran parte del planeta, hacen que el agua se transforme en un recurso cada vez más escaso. Este hecho se torna más delicado en nuestra provincia donde sus características agrarias hacen que el volumen del agua para riego se equipare prácticamente al utilizado para consumo humano, muy superiores a la cantidad de agua utilizada por la industria (Ministerio de Educación, Ministerio de Obras y Servicios Públicos, Ministerio de Ciencia y Tecnología y Secretaría del Ambiente del Gobierno de la Provincia de Córdoba 2009). Esta situación se ve agravada en el valle de Punilla, región semiárida, uno de los principales puntos turísticos de la provincia, donde las precipitaciones anuales en no superan los 600 mm (INA-CIRSA 2013). El incremento de la demanda de agua, y la disminución de la disponibilidad

agravada por el deterioro de la calidad, generan inconvenientes en el abastecimiento del recurso. (UN-Water Partners, 2011). Esta realidad nos obliga a repensar nuestra forma de actuar y a buscar mejores modos de relacionarnos con el entorno natural de manera sustentable.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales han sido desarrollados principalmente para proteger la salud pública y el medio ambiente (Muga et al. 2008). Una planta de remediación de aguas residuales se encuentra básicamente constituida por tres etapas (Grupo Bioindicación Sevilla et al. 2012). Una etapa primaria que es aquel tratamiento físico o fisicoquímico que incluye la sedimentación de sólidos en suspensión u otros procesos en que la demanda bioquímica de oxígeno durante cinco días (DBO_5), parámetro utilizado para evaluar el grado de contaminación del efluente (Muñoz Cuoto 2009), se reduzca al menos el 20% antes de ser vertido y el total de sólidos en suspensión en la siguiente entrada se reduzca por lo menos el 50%. Los tratamientos primarios tienen la ventaja de estabilizar caudales, no sobrecargar el tratamiento secundario y eliminar sólidos (Grupo Bioindicación Sevilla et al. 2012). El tratamiento secundario de aguas residuales es un proceso que incluye tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso que consiga eliminar la materia orgánica (Muñoz Cuoto 2009). Estudios anteriores han demostrado que la eficiencia de los sistemas biológicos es superior a otras metodologías (Colmenarejo 2006). El proceso biológico se realiza con la ayuda fundamentalmente de bacterias que en condiciones de aerobiosis actúan sobre la materia orgánica oxidándola para obtener energía y biosintetizar sus propios componentes, es decir que la materia orgánica se convierte en formas estables, como dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos, así como otros materiales orgánicos. La disminución de los nutrientes como el fósforo y el nitrógeno se puede realizar por tratamientos biológicos, aunque el fósforo se precipita químicamente, siguiendo la metodología tradicional (Grupo Bioindicación Sevilla et al. 2012). Existen distintas metodologías para disminuir el nitrógeno y fósforo, pero todavía se siguen ensayando tecnologías alternativas para lograr mejores eficiencias (Yun et al. 2004, Zhu et al. 2008). A medida que se desarrolla el proceso biológico, las nuevas bacterias biosintetizadas tienden a unirse y flocular, formando fangos que deben ser separados. Una parte del lodo es recirculada si el sistema necesita mantener una adecuada cantidad de microorganismos y la otra se purga (Grupo Bioindicación Sevilla et al. 2012). Finalmente, la tercera etapa llamada tratamiento terciario o avanzado es aquel realizado para obtener una mejor calidad del efluente tratado para ser vertido bajo parámetros más estrictos o bien para reutilizarse (Villarroel 2005). La desinfección con cloro sigue siendo la forma más común de desinfección de las aguas residuales debido a su bajo historial de costo y del largo plazo de la eficacia (Grupo Bioindicación Sevilla et al. 2012). En el mundo, se han realizado y se realizan considerables investigaciones y desarrollos que intentan abordar el tratamiento de las aguas residuales en pequeñas urbanizaciones, con la perspectiva de generar proyectos eficaces, sostenibles, y de bajo costo. La aplicación de tecnologías aisladas no permite alcanzar la calidad exigida de efluente final, es por eso que se opta por combinar dos o más tecnologías, o alguna de sus etapas, para aprovechar los puntos fuertes y disminuir las deficiencias de cada uno de ellos actuando manera aislada en pos de lograr sinergias en la remediación (Medina et al. 2012). Son ejemplos la implementación de una etapa anaeróbica para tratamiento de fangos, uso de cabeceras de filtro de turba como tratamiento primario o para la deshidratación de barros, humedales como tratamiento terciario y humedales de flujo vertical ascendente como decantación secundaria, entre otros (Medina et al. 2012). En este contexto resulta difícil, la implementación de sistemas tradicionales centralizados de tratamiento de aguas residuales debido al alto costo de implementación e infraestructura, además del deficiente manejo y regímenes de operación que dificultan una exitosa ejecución. Las tecnologías tradicionales, como cámaras sépticas, lagunas de estabilización, filtros percoladores, entre otros, no resultan convenientes por su mantenimiento, además, del bajo porcentaje de eficiencia depurativa (Galbán Rodríguez 2009). Este hecho ha sido demostrado también en investigaciones anteriores de nuestro grupo de investigación (Ojeda et al. 2011, Martínez Wassaf et al. 2011). Sin embargo las tecnologías no tradicionales como, biodiscos, filtros verdes, humedales artificiales, filtros de turba o arena, entre otros, consumen un mínimo de energía, tienen bajos costos de operación y mantenimientos sencillos, y garantizan una buena calidad del agua tratada aún cuando tengan considerables fluctuaciones en el flujo y la carga orgánica (Muga et al 2008). Además, estos sistemas permiten flexibilidad en el manejo y

una serie de procesos pueden ser combinados para conseguir las metas a las que apunta el tratamiento y así cumplir con los requerimientos tanto medioambientales como de salud pública. Antecedentes internacionales demuestran que la combinación de tecnologías es una manera de eficientizar el tratamiento de aguas residuales ya que los procesos biológicos convencionales muchas veces no poseen buenos resultados en la remoción de contaminantes o no se logra alcanzar la pureza requerida por la norma (García Gómez 2011). Uno de los ejemplos es la utilización de lodos activados en conjunto con fosas sépticas (Castillo Borges et al. 2012) entre otros ejemplos muestran que la combinación de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales no sólo presenta la capacidad para amortiguar las variaciones de las carga orgánica sino que muestran una eficiencia muy superior a la de las metodologías de forma aislada.

La situación en el Valle de Punilla, zona actual de estudio del grupo de investigación, refleja que la red cloacal representa sólo el 25% de los sistemas de tratamientos y que la mayoría de los núcleos poblacionales tratan sus efluentes líquidos a través de cámaras sépticas con destino final pozo absorbente o sangría, también llamadas zanjas filtrantes, cuya eficiencia no supera el 65% funcionando adecuadamente (Panigatti et al. 2013). Esto implica que estos sistemas tradicionales utilizados actualmente no permiten una adecuada remoción de sustancias orgánicas ni tampoco su reuso, pues en ambos casos el líquido escasamente tratado, lixivia a través de la superficie (Fig1).

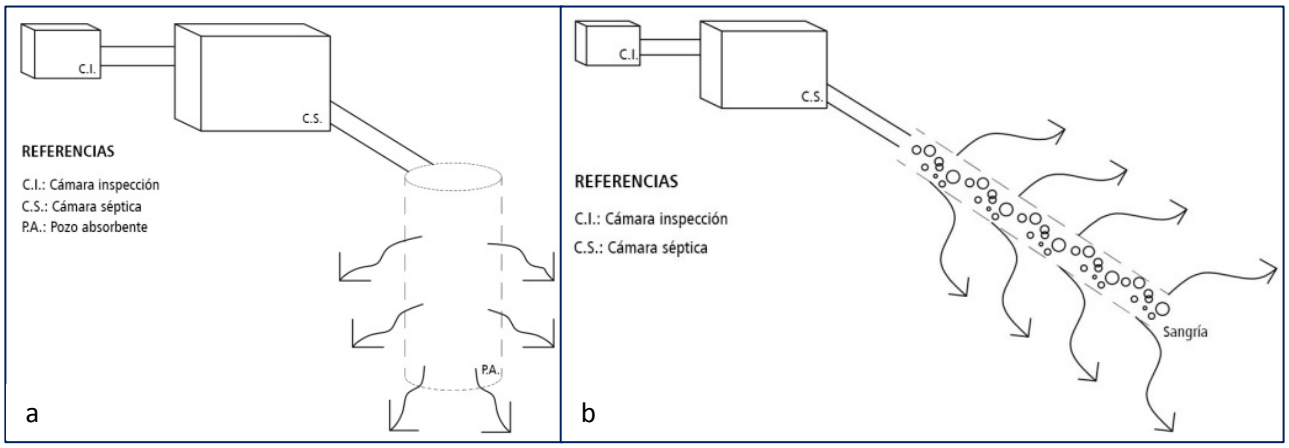


Fig1 Sistemas de tratamiento de aguas residuales actuales a) Cámara Séptica b) Pozos Absorbentes

Buscando el mejoramiento de la eficiencia de la remediación de los líquidos residuales en la zona de estudio, se propone como objetivo el diseño e instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales combinando las cámaras sépticas existentes en la zona de estudio, aprovechando sus propiedades de decantación y digestión primaria, con tecnologías no-tradicionales, un reactor biológico aeróbico de cultivo fijo: biodiscos, para lograr sinergias en la remediación que permitan el reuso del agua tratada para el riego de espacios verdes.

Materiales y Métodos

Se diseñó e instaló una planta modular combinada de tratamiento de líquidos residuales en la Compañía de Ingenieros Paracaidista IV sito en el perilago del embalse San Roque, en la ciudad de Villa Carlos Paz que cuenta con una población estable promedio de 150 personas. La planta de tratamiento posee cuatro etapas en total (Fig2). La primera es la cámara séptica preexistente a la cual se le anexa como segunda etapa un tanque de digestión anaeróbica de flujo ascendente. Como tercera etapa se incorporó un reactor biodiscos y como cuarta y última etapa, una cámara de almacenamiento y cloración. El tiempo de residencia del líquido residual a lo largo de todas las etapas del sistema fue de 5,5 horas y el caudal que se utilizó es de 4,85 m^3 por día.

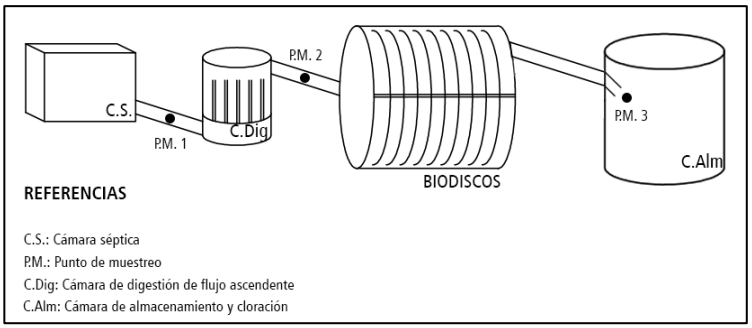


Fig. N°2 Planta de tratamiento modular de tratamiento de líquidos residuales

Se seleccionaron tres puntos de muestreo (P.M.) a lo largo de la planta (Fig2): P.M.1 correspondiente al líquido residual de entrada a la planta, P.M.2 correspondiente al líquido residual de entrada al biodiscos y P.M.3 correspondiente al líquido tratado. Se realizaron un total de 20 muestreos, divididos en 3 etapas: periodo Noviembre-Diciembre de 2012 (n=6), periodo Marzo-Abril (n=8) y periodo Mayo-Julio (n=6). Durante los meses de enero y febrero no se tomaron muestras ya que se trata del periodo de vacaciones y la población estable en la Compañía Paracaidista IV disminuye a menos del 25% del total y caudal del efluente no resulta estadísticamente comparable con el total de personas durante el resto de año. Durante estos meses se efectuaron tareas de mantenimiento y limpieza de la planta de tratamiento.

Además se procedió a tomar muestras de biopelícula de las tres etapas internas del reactor biodiscos (Fig3). Para lo cual se extrajo una porción de biopelícula adherida a los discos de material inerte correspondiente a una superficie de tamaño aproximado de 5x5 cm2 utilizando un sacabocados y colocando la porción de biopelícula en placas de Petri estériles.

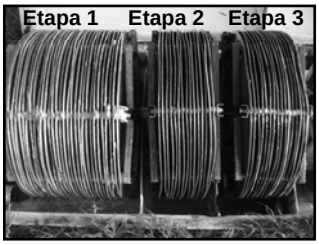


Fig3 Etapas del Reactor Biodiscos con la biopelícula adherida

Las muestras para la realización de ensayos físico-químicos, se recolectaron en envases de polietileno de 1L sin cámara de aire. Aquellas muestras destinadas al análisis microbiológico fueron recolectadas en contra corriente a 30 cm de la superficie aproximadamente en recipientes estériles autoclavables de 500 mL y fueron procesadas antes de las 24 hs. En cada punto de muestreo se realizaron mediciones *in-situ* con una Sonda Multiparamétrica HQD Portable Meter User by Hach Co®. para la determinación de oxígeno disuelto (OD), pH, temperatura (Tº) y conductividad del agua. En cada una de las muestras recolectadas se analizaron los siguientes parámetros de laboratorio: sólidos sedimentables a los 10 minutos (SS 10 min) y a las 2 horas (SS 2 hs), demanda bioquímica de oxígeno durante cinco días (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), fósforo total (PT), fósforo reactivo soluble (PRS), sulfuros (S^{2-}), nitratos (NO^{3-}), amonio (NH_4^+), sustancias solubles en éter etílico (SSEE) y detergentes. También se analizaron características microbiológicas del líquido residual y de la biopelícula. Toda muestra destinada para el análisis microbiológico fue manipulada bajo cabina de flujo laminar y se emplearon medios de cultivos, reactivos y material de vidrio en condiciones de esterilidad. Se determinaron: bacterias aerobias mesófilas, bacterias coliformes totales y fecales, hongos y levaduras. Todas las determinaciones físico-químicas y microbiológicas se llevaron a cabo en concordancia con los requerimientos de Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales de la American Public Health Association (APHA, 1998).

Los datos obtenidos de los análisis de los parámetros in-situ y de laboratorio tanto físico-químicos como microbiológicos fueron procesados en el programa Microsoft Office Excel 2007® de Microsoft Corporation® y el programa InfoStat versión 2012. Se utilizaron diversas pruebas estadísticas con un nivel de confianza del 95 % como Prueba t con la comprobación de supuestos de normalidad utilizando el test de Shapiro-Wilks modificado y la homogeneidad de varianzas con ANOVA de los residuos absolutos de la variable. Además se calcularon coeficientes de correlación de Pearson con sus correspondientes valores de p con un 95% de confianza.

Resultados y Discusión

Los parámetros *in-situ* se analizaron estadísticamente y se expresan en la Tabla 1. Se muestran los valores del n muestreal, desvío estándar (D.E.), coeficiente de variación (CV), valores mínimos y máximos para cada una de las variables estudiadas en cada punto de muestreo durante los tres periodos.

Por lo observado en los parámetros *in-situ* se puede afirmar que en los tres periodos de estudio los parámetros se mantienen sin mayores diferencias ($p>0.05$, resultados no mostrados), probablemente debido a que se conservaron las mismas condiciones de funcionamiento en la planta y que no se observa una variabilidad estacional, representada sobretodo por la temperatura. Los CV elevados en analitos como el OD se deben a que las mediciones se realizan con una sonda en líquidos en movimiento y por lo tanto las fluctuaciones en estos parámetros son esperables. Es importante destacar que al trabajar en matrices de carácter biológico y heterogéneo, cómo lo son las aguas residuales, es de esperar una gran variabilidad en las mediciones y por lo tanto para arribar a conclusiones representativas es necesaria una planificación de periodos de muestreo extendidos que incluyan un n muestreal mucho mayor que el análisis de matrices homogéneas.

Si se analizan las varianzas de los valores de temperatura durante los periodos estudiados podemos llegar a la conclusión que si bien las temperaturas del líquido residual disminuyen en épocas invernales, no existen diferencias significativas ($p>0,05$) durante el periodo noviembre-diciembre, marzo-abril y mayo-julio. Esto implica que se conservan las mismas condiciones de funcionamiento en la planta tanto en periodos estivales como invernales y por lo tanto no se observa una variabilidad estacional. Los promedios de temperatura del efluente durante noviembre-diciembre fue de 24,7°C; de marzo-abril fue de 22,5°C y de mayo-julio fue de 20,6 ºC

Tabla 1 Medidas de resumen estadísticas de los parámetros *in-situ* de los tres periodos de muestreo

Período de Muestreo	Punto de Muestreo	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
Noviembre-Diciembre	Pto1	pH	6	7,40	0,19	2,50	7,15	7,67
Noviembre-Diciembre	Pto1	Conductividad (uS/cm)	6	1120,17	107,25	9,57	963,00	1271,00
Noviembre-Diciembre	Pto1	OD (ppm)	6	1,64	0,16	9,90	1,40	1,85
Noviembre-Diciembre	Pto1	Temperatura (°C)	6	25,23	1,71	6,78	23,80	28,50
Noviembre-Diciembre	Pto2	pH	6	7,44	0,35	4,69	7,13	8,09
Noviembre-Diciembre	Pto2	Conductividad (uS/cm)	6	1119,33	96,73	8,64	990,00	1267,00
Noviembre-Diciembre	Pto2	OD (ppm)	6	0,30	0,18	59,31	0,12	0,62
Noviembre-Diciembre	Pto2	Temperatura (°C)	6	24,35	1,21	4,99	23,10	26,40
Noviembre-Diciembre	Pto3	pH	6	7,80	0,16	2,09	7,60	8,10
Noviembre-Diciembre	Pto3	Conductividad (uS/cm)	6	1062,50	97,05	9,13	918,00	1185,00
Noviembre-Diciembre	Pto3	OD (ppm)	6	3,40	0,45	13,12	2,90	4,05
Noviembre-Diciembre	Pto3	Temperatura (°C)	6	24,53	2,24	9,13	21,50	27,60
Marzo-Abril	Pto1	pH	8	7,52	0,16	2,13	7,30	7,76
Marzo-Abril	Pto1	Conductividad (uS/cm)	8	1279,63	86,38	6,75	1175,00	1468,00
Marzo-Abril	Pto1	OD (ppm)	8	1,91	0,48	25,11	1,06	2,61
Marzo-Abril	Pto1	Temperatura (°C)	8	22,58	1,27	5,62	20,70	24,20
Marzo-Abril	Pto2	pH	8	7,43	0,07	0,90	7,35	7,55
Marzo-Abril	Pto2	Conductividad (uS/cm)	8	1177,38	156,07	13,26	813,00	1306,00
Marzo-Abril	Pto2	OD (ppm)	8	0,22	0,08	38,37	0,11	0,34
Marzo-Abril	Pto2	Temperatura (°C)	8	22,65	1,27	5,60	20,50	24,10
Marzo-Abril	Pto3	pH	8	7,71	0,10	1,26	7,53	7,80
Marzo-Abril	Pto3	Conductividad (uS/cm)	8	1216,63	171,33	14,08	908,00	1427,00
Marzo-Abril	Pto3	OD (ppm)	8	1,55	1,24	80,12	0,17	2,75
Marzo-Abril	Pto3	Temperatura (°C)	8	22,36	1,23	5,50	20,50	23,90
Mayo-Julio	Pto1	pH	6	7,41	0,21	2,87	7,15	7,63
Mayo-Julio	Pto1	Conductividad (uS/cm)	6	1236,50	14,14	1,14	1219,00	1258,00
Mayo-Julio	Pto1	OD (ppm)	6	2,42	0,74	30,57	1,25	3,54
Mayo-Julio	Pto1	Temperatura (°C)	6	21,18	0,82	3,86	20,40	22,60
Mayo-Julio	Pto2	pH	6	7,36	0,05	0,71	7,28	7,42
Mayo-Julio	Pto2	Conductividad (uS/cm)	6	1252,00	16,21	1,29	1231,00	1272,00
Mayo-Julio	Pto2	OD (ppm)	6	0,36	0,09	25,11	0,28	0,50
Mayo-Julio	Pto2	Temperatura (°C)	6	20,40	0,79	3,87	19,50	21,70
Mayo-Julio	Pto3	pH	6	7,54	0,23	3,00	7,24	7,78
Mayo-Julio	Pto3	Conductividad (uS/cm)	6	1251,67	14,58	1,17	1235,00	1272,00
Mayo-Julio	Pto3	OD (ppm)	6	2,36	0,80	33,99	1,34	3,62
Mayo-Julio	Pto3	Temperatura (°C)	6	20,28	0,27	1,34	20,00	20,80

Respecto a los parámetros físico-químicos de laboratorio, se expresan en la Tabla 2 los valores de las medias, D.E., CV, valores mínimos y máximos de sólo los puntos 1 y 3 (Pto1 y Pto3) de muestreo que son los necesarios para evaluar la eficiencia del tratamiento combinado para aumentar la eficiencia depurativa. También se muestran los valores de p resultantes del análisis estadístico de las distintas variables estudiadas que sirven como indicativo de esta eficiencia. Comenzando con los sólidos sedimentables, se manifiesta que disminuyen a medida que avanza el tratamiento siendo menor a 0,10 mL/L en el efluente de salida. Nótese que en el periodo Mayo-Julio, el contenido inicial de SS es menor debido a una limpieza de la cámara séptica efectuada a finales de abril. Al comparar los puntos 1 y 3 de muestreo, se observan que existen diferencias significativas ($p<0,05$) tanto en el periodo noviembre-diciembre como en el periodo marzo- abril considerando los sólidos sedimentables medidos a los 10 minutos y a las 2 horas. Sin embargo, al realizar la misma comparación en el periodo de muestreo mayo-julio esta diferencia no es significativa ($p>0.05$), posiblemente debido a que la cantidad de SS al inicio no es elevada debido a lo explicado anteriormente. Por otro lado, al analizar los valores de DBO5 y DQO, podemos observar que los resultados obtenidos a la entrada del tratamiento disminuyen respecto a la salida del mismo, mostrando la eficiencia de la planta (Fig4a). Esta eficiencia del sistema de tratamiento se ve reflejada al realizar una prueba t entre los puntos de muestreo 1 y 3 de la planta, donde en los tres periodos de muestreo se observan diferencias significativas ($p<0,05$). Los resultados muestran que la DBO5 está muy cerca de los valores especificados en la normativa de calidad aguas residuales para uso en el riego agrícola de la Provincia de Córdoba (DBO5 ≤ 30 mg/L, según Decreto 415/99, Gobierno de Córdoba), parámetro tomado como referencia ya que el riego ornamental no está reglamentado.

Tabla 2 Medidas de resumen estadísticas de los parámetros físico-químicos de los tres periodos de muestreo y valores de p de la Prueba t del punto 1 versus punto 3 de la planta de tratamiento.

Periodo de Muestreo	Punto de Muestreo	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx	Valor de p
Nov-Dic	PTO1	SS10min	6	2,25	0,42	18,59	2,00	3,00	0,0001
	PTO3	SS10min	6	0,10	0,00	0,00	0,10	0,10	
Mar-Abr	PTO1	SS10MIN	8	2,26	1,08	47,72	0,60	3,50	0,0008
	PTO3	SS10MIN	8	0,10	0,00	0,00	0,10	0,10	
May-Jul	PTO1	SS10min	6	0,35	0,28	80,31	0,10	0,70	0,8789
	PTO3	SS10min	6	0,32	0,44	138,97	0,10	1,20	
Nov-Dic	PTO1	SS2hs	6	3,92	0,58	14,92	3,00	4,50	<0,0001
	PTO3	SS2hs	6	0,10	0,00	0,00	0,10	0,10	
Mar-Abr	PTO1	SS2hs	8	3,75	1,25	33,43	1,50	5,00	0,0001
	PTO3	SS2hs	8	0,10	0,00	0,00	0,10	0,10	
May-Jul	PTO1	SS2hs	6	0,85	0,63	73,56	0,10	1,50	0,1419
	PTO3	SS2hs	6	0,35	0,45	127,46	0,10	1,20	
Nov-Dic	PTO1	DBO5	6	198,55	68,01	34,25	120,30	298,00	0,0035
	PTO3	DBO5	6	53,17	9,02	16,97	39,00	63,00	
Mar-Abr	PTO1	DBO5	8	168,78	49,82	29,52	117,80	251,00	0,0005
	PTO3	DBO5	8	60,20	8,63	14,34	49,00	75,00	
May-Jul	PTO1	DBO5	6	115,77	9,22	7,96	101,30	128,30	<0,0001
	PTO3	DBO5	6	38,63	7,57	19,60	28,20	49,00	
Nov-Dic	PTO1	DQO	6	274,46	89,38	32,57	162,46	402,00	0,0022
	PTO3	DQO	6	113,48	36,14	31,85	78,00	166,80	
Mar-Abr	PTO1	DQO	8	190,78	45,58	23,89	141,50	293,12	0,0005
	PTO3	DQO	8	100,60	9,51	9,45	86,60	115,30	
May-Jul	PTO1	DQO	6	174,28	27,82	15,96	139,46	205,50	<0,0001
	PTO3	DQO	6	53,62	16,35	30,50	38,57	79,37	
Nov-Dic	PTO1	Sulfuros	6	9,32	3,49	37,43	4,80	13,40	0,1481
	PTO3	Sulfuros	6	5,93	3,97	66,98	2,50	13,00	
Mar-Abr	PTO1	Sulfuros	8	6,08	3,33	54,73	0,80	9,80	0,005
	PTO3	Sulfuros	8	1,36	1,00	73,70	0,50	3,50	
May-Jul	PTO1	Sulfuros	6	0,77	0,65	85,20	0,50	2,10	0,4995
	PTO3	Sulfuros	6	0,57	0,16	28,82	0,50	0,90	
Nov-Dic	PTO1	P TOTAL	6	5,44	0,62	11,41	4,95	6,42	<0,0001
	PTO3	P TOTAL	6	3,42	0,39	11,30	2,87	3,80	
Mar-Abr	PTO1	P TOTAL	8	4,45	1,03	23,10	2,70	5,93	0,0909
	PTO3	P TOTAL	8	3,46	1,13	32,60	2,30	5,50	
May-Jul	PTO1	P TOTAL	6	3,55	0,92	26,03	2,55	4,84	0,0711
	PTO3	P TOTAL	6	2,62	0,65	24,79	2,01	3,65	
Nov-Dic	PTO1	P REACTIVO	6	1,71	0,42	24,78	1,00	2,01	0,0128
	PTO3	P REACTIVO	6	1,04	0,07	7,00	1,00	1,17	
Mar-Abr	PTO1	P REACTIVO	8	1,72	0,19	11,02	1,39	1,94	0,0021
	PTO3	P REACTIVO	8	1,29	0,26	20,52	1,00	1,80	
May-Jul	PTO1	P REACTIVO	6	1,55	0,29	19,03	1,20	1,90	0,3715
	PTO3	P REACTIVO	6	1,40	0,25	17,52	1,10	1,70	
Nov-Dic	PTO1	NITRATOS	6	0,76	0,66	87,17	0,20	2,01	0,0763
	PTO3	NITRATOS	6	9,71	9,82	101,07	0,67	23,00	
Mar-Abr	PTO1	NITRATOS	8	0,20	0,00	0,00	0,20	0,20	0,3506
	PTO3	NITRATOS	8	3,73	9,97	267,66	0,20	28,40	
May-Jul	PTO1	NITRATOS	6	0,33	0,08	24,24	0,20	0,42	<0,0001
	PTO3	NITRATOS	6	1,57	0,24	15,15	1,32	1,90	
Nov-Dic	PTO1	AMONIO	6	37,03	19,32	52,17	13,70	60,30	0,6665
	PTO3	AMONIO	6	31,02	26,97	86,95	2,52	63,00	
Mar-Abr	PTO1	AMONIO	8	22,56	2,92	12,95	19,00	27,00	0,0435
	PTO3	AMONIO	8	13,69	10,07	73,54	0,10	34,00	
May-Jul	PTO1	AMONIO	6	44,64	3,89	8,71	39,00	50,00	<0,0001
	PTO3	AMONIO	6	2,82	2,67	94,56	1,20	8,00	
Nov-Dic	PTO1	SSEE	6	217,50	20,29	9,33	190,00	243,00	<0,0001
	PTO3	SSEE	6	30,67	25,00	81,53	10,00	68,00	
Mar-Abr	PTO1	SSEE	8	49,88	15,17	30,42	30,00	74,00	0,0001
	PTO3	SSEE	8	14,25	11,23	78,84	10,00	42,00	
May-Jul	PTO1	SSEE	6	132,67	23,96	18,06	96,00	164,00	<0,0001
	PTO3	SSEE	6	15,33	7,20	46,97	10,00	25,00	
Nov-Dic	PTO1	DTG	6	0,21	0,02	9,64	0,20	0,25	0,2204
	PTO3	DTG	6	0,20	0,00	0,00	0,20	0,20	
Mar-Abr	PTO1	DTG	8	0,41	0,12	28,52	0,24	0,60	0,0044
	PTO3	DTG	8	0,24	0,04	18,60	0,20	0,30	
May-Jul	PTO1	DTG	6	0,25	0,03	10,78	0,20	0,28	0,0094
	PTO3	DTG	6	0,20	0,00	2,02	0,20	0,21	

En futuros estudios se pretende modificar variables físico-tecnológicas, como caudal y tiempo de residencia, ya que pruebas realizadas por este grupo de investigación utilizando prototipos de laboratorio (resultados no mostrados) revelan que se puede mejorar la eficiencia del sistema al modificar dichos parámetros. Aún así en el periodo Mayo-Julio se observaron menores valores de DBO5 y DQO, posiblemente explicados por la menor carga orgánica a la entrada de la planta luego de la limpieza de la cámara séptica. Además se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson entre los valores de DBO5 y DQO arrojando en el punto 1 un r=0.87 ($p<0.05$) y en el punto 3 un r=0.64 ($p<0.05$), lo que refuerza la idea que entre ambos parámetros existe una correlación lineal y el tratamiento biológico de esta clase de efluentes resulta una manera eficiente de depuración. En la Fig4b se muestra gráficamente la correlación entre la DBO5 y la DQO.

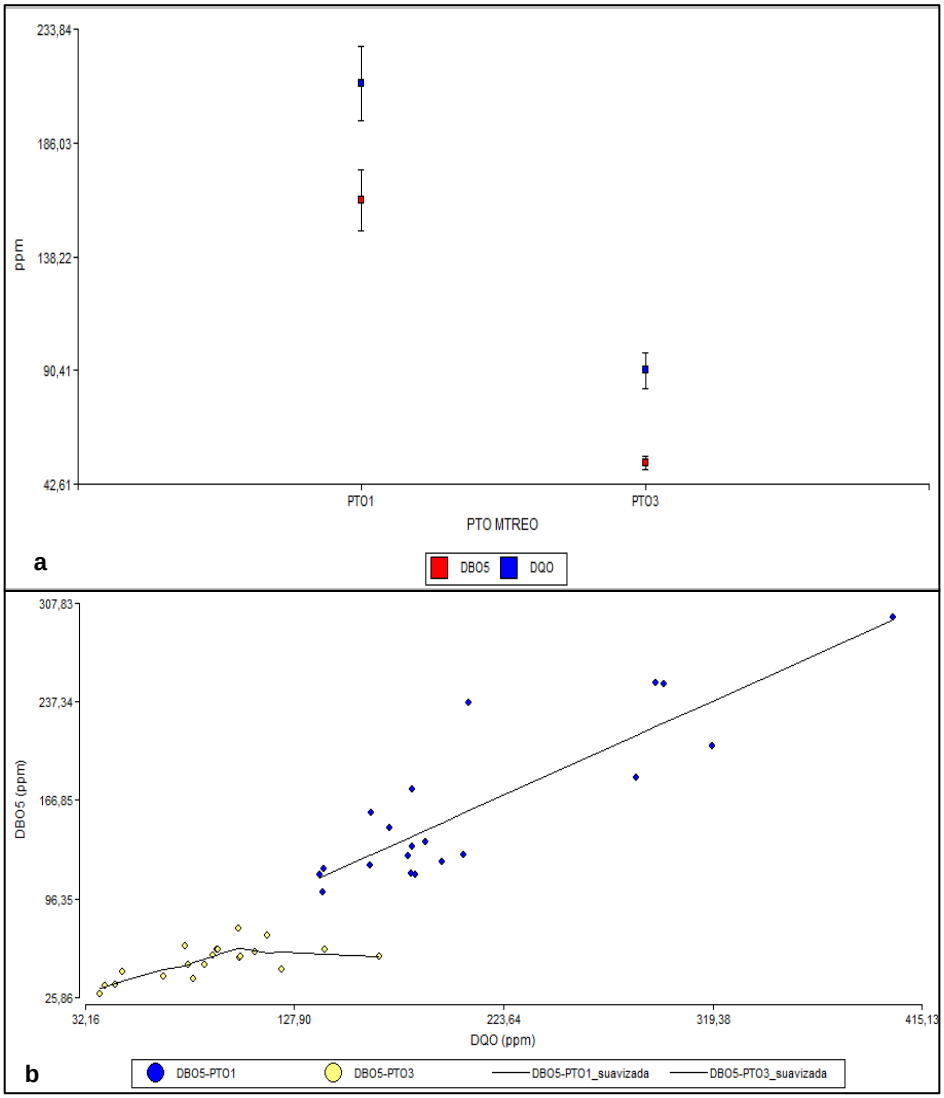


Fig4 a) Gráfico de puntos que muestra la disminución de los parámetros de DBO y DQO del punto 3 respecto al punto 1 b) Gráfico de dispersión DBO_5 vs DQO que muestra la relación lineal entre las variables

Los resultados de los análisis de sulfuros en los distintos puntos de muestreo muestran que la concentración aumenta coincidentemente con la disminución del OD debido a la anaerobiosis y disminuye en donde el proceso es de tipo aeróbico. Esta característica se demuestra al calcular el coeficiente de correlación entre los valores de sulfuros y de OD y se obtuvieron valores como por ejemplo en el punto 1 de r= -0,56 ($p<0,05$). Además al realizar el análisis estadístico de los parámetros en los puntos 1 y 3 no se manifiestan diferencias significativas ($p>0,05$) en el periodo noviembre-diciembre y mayo-julio, sin embargo en el periodo marzo-abril estas diferencias si resultan significativas ($p<0,05$) por lo que se debería continuar con

el muestreo para arribar a conclusiones representativas. Por otro lado, los análisis de fósforo total y fósforo reactivo muestran que las concentraciones de ambas fracciones disminuyen a lo largo del tratamiento. La diferencia entre el punto 1 y 3 en el periodo noviembre-diciembre resulta significativa ($p<0.05$) pero no lo es ($p>0.05$) en los otros dos periodos estudiados. Una de las causas podría ser la liberación de componentes solubles al efluente desde el sedimento en condiciones de valores de OD bajos. Esa suposición fue uno de los determinantes para la limpieza de la planta de tratamiento a finales de abril de 2013, logrando una mejora en los niveles de disminución pero aún así esa diferencia entre el punto 1 y el punto 3 no resulta significativa ($p>0,05$). Llamativamente el PRS si presenta diferencias significativas ($p<0,05$) entre los puntos 1 y 3 del tratamiento en dos de los periodos de muestreo, lo que mostraría una eficiencia del sistema para remover el fosforo biodisponible. Con respecto a las fracciones estudiadas de nitrógeno en general muestran que la concentración de amonio es mayor en el punto 1 de muestreo, correspondiente a la etapa de anaerobiosis, debido a la desnitrificación, mientras que los valores de nitratos aumentan a medida que el líquido sale del tratamiento aeróbico, resultado del proceso de nitrificación. Sin embargo, al observar que los valores de amonio y nitratos presentan oscilaciones en algunas muestras, es necesario ampliar el estudio de estas y otras fracciones de nitrógeno, tal como nitrógeno orgánico (nitrógeno Kjeldalh) antes de emitir conclusiones definitivas sobre el efecto del tratamiento sobre el nitrógeno. Al realizar una prueba t de los valores de nitrato y amonio en los tres periodos de muestreo, se observó que si bien existe una disminución de los valores entre el punto 1 y 3, las diferencias no resultan significativas ($p>0,05$) en el primero de ellos sin embargo, si resulta significativa ($p<0,05$) en los siguientes dos periodos. Comportamiento similar se observó en el contenido de nitratos donde en el último periodo estas diferencias sí resultan significativas. No obstante es necesario seguir estudiando este parámetro para concluir si resulta necesario o no aplicar otra metodología para lograr una remoción aún mayor de este nutriente. Paralelamente, los estudio de SSEE, comúnmente llamadas grasas, y detergentes muestran que las grasas disminuyen cuando las concentraciones de detergentes aumentan y las mayores fluctuaciones en la cantidad de grasas en los tres puntos estudiados se producen cuando las concentraciones de detergentes son mínimas. Analizando los valores de grasas y detergentes, se concluye que existen diferencias significativas ($p<0,05$), en los tres periodos entre los puntos 1 y 3 estudiados, excepto con los detergentes en el primer periodo de estudio, donde sus concentraciones no resultaron muy altas al inicio del tratamiento y por lo tanto las diferencias entre el punto 1 y 3 no resultaron significativas ($p>0,05$).

Con respecto a los análisis microbiológicos el líquido de entrada a la planta, proveniente directamente de la cámara séptica, arrojó un valor promedio de coliformes totales de $2,6 \times 10^6$ NMP/100 mL y $6,0 \times 10^5$ NMP/100mL para coliformes fecales. Los coliformes totales para el efluente en el P.M.3 fue de $8,0 \times 10^5$ NMP/100 ml y los fecales de $7,0 \times 10^4$ NMP/100 mL. Si bien los recuentos de coliformes totales y fecales entre los dos puntos de muestreo no presentan variaciones significativas ($p>0.05$) se observa una disminución en el NMP alrededor de un logaritmo. Estos recuentos bacteriológicos elevados que llegan al tanque de almacenamiento justifican la utilización de pastillas de cloro para lograr una desinfección adecuada para el reuso del agua tratada. En este punto es conveniente realizar un estudio más exhaustivo con la finalidad de encontrar la dosis mínima de cloro que asegure el uso para riego y conociendo este valor, poder sistematizar su aplicación.

Por otro lado, los resultados del estudio de la biopelícula en las tres etapas del bioreactor formada espontáneamente a través del pasaje del efluente por el biodiscos mostraron una gran diversidad de organismos presentes, que incluyen bacterias, hongos y levaduras y parásitos. Bacterias: Se realizó recuento de bacterias aerobias mesófilas en cada una de las etapas arrojando un recuento total de $3,2 \times 10^7$ UFC/mL en la primera, $1,8 \times 10^6$ UFC/mL en la segunda y $1,4 \times 10^6$ UFC/mL en la tercera. Además se identificaron bacterias coliformes totales y fecales con predominio de Escherichia coli. Hongos y levaduras: Se realizó recuento total de dichos organismos, encontrando en la primera etapa un recuento de 3×10^3 UFC/mL, en la segunda serie de discos $1,3 \times 10^2$ UFC/mL y en la tercera 1×10^2 UFC/mL. Parásitos: existe una gran variedad de estos organismos en las tres etapas del biorreactor. Se encuentran especies unicelulares de protozoos como amebas y pluricelulares como Strongyloide sp. y sus huevos; huevos de Áscaris

sp., larvas de gusanos y rotíferos en un orden de 3 organismos/10 campos, constituyendo uno de los componentes principales de la biopelícula.

Conclusiones

La combinación de tecnologías es una manera de optimizar el tratamiento de aguas residuales. Es una buena alternativa para la implementación en aquellos lugares donde los sistemas existentes son de tipo tradicional, que no logran alcanzar una remediación adecuada del efluente. La eficiencia de este sistema de tratamiento de tipo biológico no se ve modificada con las variaciones estacionales mostrando la capacidad de mantener la temperatura a lo largo de todo el proceso incluso en los periodos más fríos. La variabilidad de organismos observada en la biopelícula demuestra fehacientemente que este entramado biológico es el responsable principal de la remediación de las aguas residuales. Además, la planta combinada de tecnologías disminuye significativamente el contenido orgánico presente en el líquido residual y si bien, disminuye también el contenido de nutrientes como nitrógeno y fósforo, son necesarios estudios ulteriores para lograr que esta eficiencia sea mayor y se mantenga a lo largo de periodos largos de tiempo. Al mismo tiempo, los estudios de parámetros físico-químicos y microbiológicos demuestran que la eficiencia depurativa, medida por la disminución de la DBO_5, alcanza valores que permiten la reutilización del agua tratada para riego. Se trata de una manera sustentable de relacionarse con el ambiente, al posibilitar el almacenamiento del líquido tratado para su posterior reuso en otras actividades que no requieran de agua potable. Como conclusión general podemos indicar que el modelo propuesto de integración de tecnologías no tradicionales a las ya existentes es una opción sustentable para mejorar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales y permitir su reutilización. Resuelve en un futuro próximo una de las problemáticas ambientales que más preocupan a las autoridades sanitarias y que afectan con mayor fuerza a comunidades vulnerables, la contaminación y escasez del recurso hídrico.

Bibliografía

American Public Health Association (APHA), the American Water Works Association (AWWA) and the Water Environment Federation (WEF), 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 th edition.

Augé, M. 2007. Agua potable y saneamiento en la Argentina. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad de Buenos Aires.

Castillo Borges ER, Lizama Solís CE, Méndez Novelo RI, García Sosa J, Espadas Solís A, Pat Canul R. (2011). Tratamiento de efluentes de fosas sépticas por el proceso de lodos activados. Universidad Autónoma de Yucatán, México. Ingeniería, vol. 15, núm. 3, pp. 157-165. ISSN: 1665-529X

Colmenarejo MF, Rubio A, Sánchez E, Vicente J, García MG, Borja R. 2006. Evaluation of municipal wastewater treatment plants with different technologies at Las Rozas, Madrid (Spain). J Environ Manage. 2006 Dec,81(4):399-404. Epub 2006 Mar 31.

Galbán Rodríguez L. 2009. El tratamiento descentralizado de aguas residuales domésticas como alternativa sostenible para el saneamiento periurbano en Cuba. Dpto. Ing. Hidráulica. Universidad de Oriente. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Vol. XXX, No. 1, 2009

García Gómez C, García Giraldo C, Gortarez Moroyoqui P, Drogui P. 2011. Tratamiento biológico de oxidación avanzada combinada para una solución a la biotecnología ambiental. Revista Concyteg 585-605.

Gobierno de la Provincia de Córdoba: Ministerio de Educación, Ministerio de Obras y Servicios Públicos, Ministerio de Ciencia y Tecnología y Secretaría del Ambiente. (2009). El agua un recurso vital. Argentina.

Grupo Bioindicación Sevila (GBS): Fundación CENTA, EMASESA, EMACSA, Universidad de Extremadura y Agua y Gestión (2012) Manual de Gestión de EDAR: Depuración biológica de las aguas residuales urbanas. Problemática en sistemas de eliminación de nitrógeno. Edita: Grupo Bioindicación Sevilla (GBS). Sevilla, España. ISBN: 978-84-615-5433-1

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos 2010. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas.

Instituto Nacional del Agua, Centro de la Región Semiárida (INA-CIRSA). Distribución de precipitaciones de la provincia de Córdoba. [en línea] http://www.ina.gov.ar/ [consulta 31-08-2013]

Lopez A. 2009. Biorremediación y fitorremediación en suelos contaminados. pp 70-75 Disponible en http://www.analesranf.com/index.php/mono/article/viewFile/ 598/615.pdf [consulta 29-08-2013]

Martínez Wassaf M, Grumelli Y, Castillo J, Díaz Panero M, Aguirre P, Welter A. 2011. Biorremediación y posterior reutilización de líquidos residuales, aplicando tecnología Biodiscos de manera individual o combinada. Simposio Internacional sobre medio Ambiente. Organizado por la Facultad de Ciencias

Químicas - UCC, con la participación del Instituto Nacional del Agua, Biowish Technologies, Geotube TenCate y la Secretaría de Ambiente del Gobierno de la Provincia de Córdoba. Córdoba, Argentina.
Medina Y, Ortega de Miguel E, Rodriguez Salas. 2012. Tendencias actuales de las tecnologías de tratamiento de las aguas residuales generadas en las pequeñas aglomeraciones urbanas. Revista Ingenieria Civil Nº 168/2012 pag 131-136 /2012
Muga HE y Mihelcic JR. 2008. Sustainability of wastewater technologies. Journal of Environmental Management. 88. 2008. 437 – 447.
Muñoz Couto R. 2009. Tesis: Uso de humedales para el tratamiento de aguas residuales municipales en el entorno de la Laguna de Tamiahua, Veracruz. Universidad de las Américas Puebla. Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.
Ojeda MF, Tavera Busso I, Martínez Wassaf M, Grumelli Y, Díaz Panero M, Aguirre P, Castillo J, Welter A. 2011. Caracterización del Líquido Residual de la localidad de Serrano, Provincia de Córdoba, y verificación de la factibilidad de complementación del sistema actual con la Tecnología Biodiscos. II Congreso Internacional de Ambiente y de Energías Renovables. Villa María, Córdoba, Argentina
Panigatti MC, Boglione R, Griffa C, Boidi M y Schierano MC. 2013. Tratamiento de efluentes cloacales utilizando cámara séptica y zanja filtrante. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. Vol 6, Nº1, 62-72. ISSN 0718-378X.
Pruss A, Corvalán C. 2006. Preventing disease through health environments. Towards an estimate on the environmental burden of disease. Geneva: World Health Organization.
UN-Water Partners. 2011. Water Quality - Policy Brief. [en línea] http://www.unwater.org/downloads/ waterquality_policybrief.pdf [consulta: 28 de agosto de 2013]
UN-Water, UNEP y FAOWater. 2010. Campaña Día Mundial del Agua: Agua limpia para un mundo sano. [en línea] [consulta: 02 de septiembre de 2013]. http://www.unwater.org/wwd10/downloads/WWD2010_ LOWRES_BROCHURE_ES. pdf
Villarroel C. 2005. Tratamiento terciario del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales el cortijo para uso agrícola con humedales construidos de flujo superficial. XXI Congreso Interamericano de ingeniería Química. Lima, Perú.
World Health Organization/UNICEF. 2012. Progress on Drinking Water and Sanitation: 2012 Update. ISBN: 978-92-806-4632-0 (NLM classification: WA 670) ISBN: 972-924-1503297
Yun Z, Lee H, Choi E. (2004). Enhanced biological phosphorus removal in RBC with SBR modification. Water Sci Technol. 2004,50(10):121-30.
Zhu G, Peng Y, Li B, Guo J, Yang Q, Wang S. 2008. Biological removal of nitrogen from wastewater. Rev Environ Contam Toxicol. 2008,192:159-95.

Agradecimientos: Centro Coordinador de Investigación - Federación Internacional de Universidades Católicas (CCI-FIUC) - Gestión del Agua. Convocatoria 2011-2014.

TRANSESTERIFICACIÓN DE ACEITE VEGETAL CON DIFERENTES TIEMPOS DE USO EN LA COCCIÓN DE ALIMENTOS

Sánchez de Pinto, María Inés[1], Villalba Varas, Fátima[1], Saavedra, Raúl[1], Paliza, Laura[1], Araujo, Virginia[1], Salguero, Fredy[1], Boggetti, Héctor[1], Ardila, Alba N.[2]

1. Instituto de Ciencias Químicas-Facultad de Agronomía y Agroindustrias
Universidad Nacional de Santiago del Estero- Argentina. inesdep@unse.edu.ar 00543854509583
2. Facultad de Ciencias Básicas, Sociales y Humanas del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.-Colombia

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la producción de biodiesel a partir aceite vegetal con diferentes tiempos de uso en la cocción de alimentos y analizar el efecto de la temperatura en el rendimiento de la producción. Las propiedades de los aceites vegetal usados (AVU) son diferentes del aceite vegetal (AV) debido a los cambios físicos y químicos que tiene lugar durante la cocción de los alimentos, principalmente reacciones oxidativas (triglicéridos oxidados por la acción del oxígeno del aire) e hidrolíticas. Con el tiempo de uso (de cero a 20 días) en la cocción continua de los alimentos, el color de los aceites vegetales varió de amarillo claro, amarillo, amarillo-rojizo, a rojizo oscuro, la viscosidad y el índice de acidez aumentaron de 49,2 a 235,2 cSt y de 0,23 a 2,15 % respectivamente. Los biodiesel obtenidos BIDAV, BIDAVU3, BIDAVU7 y BIDAVU20, presentaron valores de densidad y punto de inflamación dentro de los límites recomendados mientras que los valores de viscosidad cinemática de los biodiesel provenientes de AVU presentaron valores superiores. El rendimiento en la producción de BIDAV, no presentó un aumento significativo con el aumento de la T, sin embargo, en la producción del BIDAV3 se observó que el rendimiento incrementó en casi un 10% a mayor T, en igual tiempo de reacción

PALABRAS CLAVES

Aceite vegetal usado, transesterificación, biodiesel, rendimiento

ABSTRACT

The objective was to evaluate the production of biodiesel from vegetable waste oil with different times of use in cooking and analyze the effect of temperature on performance. The properties of vegetable waste cooking oil (AVU) are different from the regular vegetable oil (AV) due to physical and chemical changes. This takes place, due to mainly oxidation (triglycerides oxidized by the action of air oxygen) and hydrolytic reactions during the cooking of food. With the usage time (zero to 20 days) required by continuous cooking of food, the color of the vegetable oils ranged from pale yellow, yellow, yellow-red to dark red. The

viscosity and acid index increased from 49,2 to 235,2 cSt and 0.23 to 2,15% respectively. The biodiesel obtained BIDAV, BIDAVU3, BIDAVU7, BIDAVU20 showed values of density and flashpoint within limits recommended, while the kinematic viscosity of the biodiesel AVU were superior. The production yielded BIDAV, did not present a significant difference with the increased T. However, an increase in BIDAV3 production of almost 10% was observed during the same reaction time.

KEYWORD

Waste cooking oil, transesterification , biodiesel, yield

INTRODUCCION

Las limitaciones de las reservas de combustibles fósiles existentes y el consumo creciente debido a la alta participación del sector transporte en el consumo total de energía primaria y el consecuente impacto ambiental negativo que producen sus emisiones, se han convertido en las fuerzas jalonadoras que están impulsando la investigación mundial hacia los biocarburantes (biocombustibles líquidos de origen renovable, procedentes de diferentes tipos de biomasa aplicados a la automoción). (Benavides et al., 2007). El biodiesel y bioetanol son biocombustibles procedentes de biomasa.

American Society for Testing and Materials (ASTM) define al “biodiesel” como un éster alquílico de ácidos graso de cadena larga, obtenido por la transesterificación de recursos renovables tales como, de aceites vegetales o grasas animales. “Bio” significa de fuentes biológicas y renovables, en contraste con el gasoil obtenido del petróleo; “diesel” se refiere a su utilización en motores diesel.

Los triglicéridos de los aceites vegetales o grasa animales están formados por diferentes ácidos grasos de cadena larga esterificando la glicerina, que al reaccionar con el alcohol (metanol o etanol) liberan los metil o etil éster de los ácidos grasos y la glicerina. Se conoce como FAME (Fatty Acid Methyl Esters) al biodiesel (metil éster) obtenido a partir de triglicéridos provenientes de un aceite vegetal o grasa animal, que reacciona con alcohol metílico, en presencia de un catalizador (ácido o básico) (Vasudevan, 2008, Lam, 2010).

El proceso de transesterificación depende de varios parámetros, tales como, la temperatura, la presión, tiempo de reacción, velocidad de agitación, tipo de alcohol usado y la relación molar del alcohol:aceite, tipo y concentración de catalizador y los contenidos de humedad y de ácidos grasos libres. (Ma et al, 1999, Zheng et al. 2006).

El catalizador aumenta la velocidad de la reacción y también el rendimiento. La reacción de transesterificación puede ser catalizada por ácidos, bases (Lam et al, 2010). o enzimas (Nelson, et al, 1996; Chen et al, 2009. Las bases (NaOH, KOH) presentan mejor performance y mayor velocidad de reacción en condiciones moderadas de presión y temperatura (Freedman et al, 1984, Lotero et al, 2005), respecto a catalizador ácido. El NaOH es menos costoso que el KOH.

Dado que la reacción de transesterificación es reversible, es aconsejable agregar alcohol en exceso a fin de favorecer la producción de biodiesel. Los alcoholes más utilizados son el metanol y el etanol. (Banerjee et al.,2009).

El aumento de la temperatura acelera la velocidad de la reacción, acortando los tiempos, pero si la temperatura asciende a más de 70°C se favorece no sólo la transesterificación sino además la saponificación, reduciendo el rendimiento.(Phan et al.,2008). Un limitante de la temperatura es el tipo de alcohol que se utiliza, por ej. el metanol tiene un punto de ebullición de 65-70ºC. por lo tanto la máxima temperatura de

trabajo sería 60ºC. Tomasevic et al., 2003, han obtenido buenos resultados en la producción de biodiesel luego de 30 minutos a 25°C, mientras que Meng et al. 2008, han publicado 50°C como temperatura óptima para la producción de biodiesel a partir de AVU.

Otro de los factores a considerar en la producción de biodiesel es la selección de las materias primas utilizadas con disponibilidad local.(García-Cota et al., 2009). El aceite vegetal usado (AVU) en la cocción de alimentos es utilizado en la producción de biodiesel (Tomasevic., 2003; Zheng. 2006; Phan, 2008; Banerjee. 2009; Bautista,2009; Liu. 2010), logrando no sólo producir un biocombustibles de muy buena calidad sino además disminuir el impacto negativo que genera su disposición final, que generalmente terminan siendo el suelo, el pozo absorbente o el agua a través de las redes cloacales domiciliarias lo que perjudica el posterior tratamiento de las agua. (Chiappella, 2008). La conversión de estos residuos a biodiesel permite darle un destino amigable con el ambiente colaborando con el cumplimiento de la demanda de energía mundial. (Banerjee et al., 2009).

La producción de biodiesel es una alternativa al diesel del petróleo, no es tóxico, es biodegradable, reduce partículas (smoke) en más de un 50%, está libre de sulfuros, benceno y aromatizantes potencialmente cancerígenos y en su balance no contribuye con las emisiones de CO_2 a la atmósfera. (Lam et al., 2010)

Todos los motores han sido diseñados y fabricados para un combustible que tenga determinadas características. En Argentina, el organismo que define estas características es el Instituto de Racionalización Argentino de Materiales (IRAM). El IRAM, en la norma 6515-1 (Octubre 2001) establece los requisitos y métodos de ensayos para el biodiesel, para ser comercializado y suministrado en nuestro país como combustible para vehículos automotores equipados con motores diesel, al 100% de concentración, o como aditivo del gasoil para uso automotor, cumpliendo con la norma IRAM de dicho combustible. La norma europea EN 14214 sustituye las otras normas en vigencia de los países de la unión, imponiendo restricciones más fuertes en la calidad del biodiesel. (Querini, 2005)

OBJETIVO.

Evaluar la producción de biodiesel a partir aceite vegetal con diferentes tiempos de uso en la cocción de alimentos y analizar el efecto de la temperatura en el rendimiento

METODOLOGIA

1.-Materias primas

Como materia prima para la producción de biodiesel se seleccionaron en un local gastronómico (Rotisería Santa Cruz- Santiago del Estero-Argentina), diferentes muestras del Aceite Vegetal que utilizan en las frituras de alimentos tales como, milanesas, papa fritas, pastelitos, etc. Se extrajeron muestras de: Aceite vegetal sin uso (AV), Aceite vegetal con 3 días de uso (AV3) Aceite Vegetal con 7 días de uso (AV7) y Aceite Vegetal con 20 días de uso (AV20)

2.- Caracterización *de los Aceites Vegetales utilizados*

- *Parámetros de calidad de los aceites* (Tabla 1):
  - *Grado de acidez***:** en 100ml de disolvente (50ml de alcohol isopropílico-hexano(1:1) más 50ml de solución de fenolftaleína) agregar 2g de AVU. Agitar. Valorar con NaOH 0,1N.

Acidez (g. ácido oleico/100g de muestra)= $m_{ac.oleico} \times N_{NaOH} \times V_{NaOH} / 10 \times m_{ac.oleico}$

Contenido de humedad: calentar a 105ºC durante 2hs. Determinar por diferencia de pesada el contenido de agua evaporada.

- Viscosidad cinemática con viscosímetro de Ostwald (*Gerhart*,1995)

Viscosidad dinamica

$$\eta_{Biodiesel} = \eta_{Agua} \frac{\rho_{Biodiesel} \times t_{BD}}{\rho_{Agua} \times t_{Agua}}$$

$\eta_{Bodiesel}$: Viscosidad del Biodiesel

η_{Agua} : *Vis*cos*idad* del agua

$\rho_{Biodiesel}$: *D*ensidad del biodiesel

ρ_{Agua} : Densidad del agua a la temperatura de trabajo

t_{BD} : Tiempo de escurrimiento del Biodiesel

t_{Agua} : Tiempo de escurrimiento del agua

Viscosidad cinematica

$$\eta_c = \frac{\eta_D}{\rho}$$

η_c = Viscosidad cinemática de la sustancia problema

η_D = Viscosidad dinámica de la sustancia problema

ρ = Densidad de la sustancia problema

3.-Producción de biodiesel a nivel laboratorio

Se trabajó en el laboratorio, con el equipo mostrado en la Fig. 1, el cual consta de un balón (se coloca el AVU y el alcohol con catalizador y un buzo para agitación), codos, refrigerante, termómetro y recolector de destilado. En el balón se colocó 300ml de aceite y el metóxi se preparó con 1,2g de NaOH y 70ml de metanol.

El tiempo de reacción 2h y la temperatura de reacción fue la ambiente (18-20ºC) y a 55-60ºC, con agitación controlada.

La experiencia se realizó por triplicado, con diferentes volúmenes iniciales de AVU.

Fig.1. Equipo utilizado en la producción biodiesel

4.- Separación de la glicerina y purificación del biodiesel

La mezcla de biodiesel y glicerina fue colocada en una ampolla de decantación a fin de lograr la separación de ambas fases (Fig. 2).

Separada la glicerina, al biodiesel impuro se le realizó la prueba 3/ 27, que consiste en agitar 3ml de biodiesel con 27 ml de etanol y se deja reposar. Dos fases indica reacción incompleta (presencia de di o mono glicéridos). Una fase reacción completa.

El biodiesel impuro, fue calentado a 65-70ºC para eliminar metanol que no reaccionó. El metanol fue condensado y recogido para su posterior reutilización (evaporación-recuperación).

Se realizó el triple lavado para eliminar las impurezas tales como: jabones, catalizador, glicerol, alcohol, etc. El biodiesel procedente del triple lavado fue dejado decantar por 24hs, separando el agua, y posteriormente fue necesario calentarlo hasta lograr un contenido de humedad menor al 0,3%.

Fig.2: separación biodiesel-glicerina

5.-*Caracterización fisicoquímica del biodiesel puro*

-*Densidad y viscosidad*: metodología similar a la utilizada en AVU

-*Contenido de agua*: por Dean Stark (%V/V)
-*Punto de inflamación:* con equipo SYD-262 PMCC Flash Point Tester
-*Contenido de metanol* (x): aplicando la ecuación $y= 38\ x^{-0,6}$ (Romano,2009) según su punto de inflamación (y)

RESULTADOS

1.-Caracterización de los aceites previo a su utilización

Las propiedades de los aceites vegetal usados (AVU) son diferentes del aceite vegetal (AV) debido a los cambios físicos y químicos que tiene lugar durante el calentamiento para la cocción de los alimentos, principalmente reacciones oxidativas (por la acción del oxígeno del aire) e hidrolíticas. (por acción del agua presente en el aceite y en el alimento)

La acción del oxígeno del aire sobre los ácidos grasos (principalmente los poliinsaturados) forma compuestos tales como, hidroperóxidos, lactosas, alcoholes, ácidos, etc., que provocan cambios en el aceite alterando su color y sabor, oscureciéndolo

En la Fig. 3 se observa que con el aumento del tiempo de uso (de cero a 20 días) en la cocción continua de los alimentos, el color de los aceites varió de amarillo claro (AV), amarillo (AVU3), amarillo-rojizo (AVU7) a rojizo oscuro(AVU20).

Fig.3:aceites con diferentes tiempos de uso en cocción de alimentos

La formación creciente de compuestos de polimerización característicos de la alteración térmica, incrementa la viscosidad en los aceites.(Masson et al., 1997, Knothe et al., 2009)). Como se observa en la Tabla 1 a mayor tiempo de uso en la cocción de alimentos, mayor es la viscosidad cinemática del aceite, indicando mayor contenido de compuestos de polimerización (radicales libres que se unen entre sí o con los ácidos grasos libres (AGL) formando compuestos de mayor tamaño y masa molecular)

Existe una buena correlación entre el índice de acidez y las cantidades de ácidos grasos y diglicéridos presentes en los aceites usados, productos de la hidrólisis de los triglicéridos durante la cocción de los alimentos. Cuando el aceite posee un alto contenido de AGL, estos pueden reaccionar con el catalizador básico formando jabones (Cvengros et al., 2004, Nag, 2008; Yan et al, 2009, Banerjee et al., 2009), disminuyendo el rendimiento de la reacción e inhibiendo el posterior proceso de purificación del biodiesel, incluyendo la separación del glicerol y el agua de lavado (Nag, 2008; Kulkarni et al.2006).

En la Tabla 1 se observa que el índice de acidez aumenta con el tiempo de uso del aceite vegetal en la cocción de los alimentos. A los 20 días de uso (AVU20) el índice de acidez aumento de 0,23 a 2,15 %.

.

Tabla 1. Características fisicoquímicas de los aceites usados				
Aceite	Densidad a 15°C (g/mL)	Viscosidad cinemática a 25°C (cSt)	Humedad (%)	Acidez (%)
AV	0.921	49.2	0.03	0.23
AVU3	0.907	52.8	0.10	0.66
AVU7	0.917	173.9	0.09	1.74
AVU20	0.933	235,2	0.23	2.15

Para la producción de biodiesel el contenido de agua en el aceite vegetal utilizado como materia prima, debe ser menor al 1%. Cuando el agua está presente, especialmente a altas temperaturas, favorece la hidrólisis de triglicéridos a diglicéridos y posteriormente a AGL, que en presencia de una base, los AGL reaccionan formando jabones (Lam et al.2010). Los jabones de AGL saturados tienden a solidificar a temperatura ambiente. La mezcla con excesivo contenido de jabón puede melificar y formar una masa semisólida difícil de recuperar (Felizardo et al, 2006).

Previo a la transesterificación , el contenido de humedad de los AV AVU se disminuyó por calentamiento a valores menores al 1%, como se muestran en la Tabla 1.

2.-Producción de biodiesel

2.1 Con calentamiento a la temperatura de 55-60°C

Mediante la reacción de transesterificación de los AV, AVU3, AVU7, AVU20, a la temperatura de 55-60°C, se obtuvieron los biodiesel BiDAV, BIDAVU3, BIDAVU7 y BIDAVU20 respectivamente.

El color de los biodiesels obtenido fue levemente más claro que el color del aceite utilizado como materia prima.(Fig. 4)

Fig. 4: colores de los biodiesel obtenidos y de los aceites utilizados como materia prima.

En la Tabla 2 se muestran las propiedades de los biodiesel obtenidos a partir del AV y los AVU a la temperatura de 55-60°C, se observa que en iguales condiciones de tiempo, temperatura y contenido de metóxi:

-los valores de las *densidades* resultaron similares en los distintos biodiesel obtenidos y con valores dentro de los límites aconsejados.

-los valores de *viscosidad cinemática* de los biodiesel son inferiores a los de los AV utilizado como materia prima (Tomasevic et al., 2003), presentando el mayor valor el biodiesel producido con AVU20. Los valores de viscosidad de los biodiesel procedentes de AVU son superiores al límite máximo aconsejado, por lo que, si se usan puros podría comprometer el funcionamiento del equipamiento de inyección de combustible particularmente a bajas temperaturas.

-los valores del *punto de inflamación o ignición* son superiores al del diesel procedente del petróleo (55-80ºC) y al límite mínimo aceptable, lo que implicaría un bajo contenido de metanol sin reaccionar, maximizando la seguridad de manejo y peligro de inflamabilidad.

Todos los biodiesel obtenidos presentaron un contenido de metanol menor al límite máximo recomendado.

-los *contenidos de humedad* resultaron mayores al máximo especificado en las normas (0,05%), los indicaría ineficiencia de la etapa final del secado. Por lo que, previo a su almacenamiento y utilización, fueron calentados a fin de disminuir su contenido de humedad a valores menores de 0,05%

-los *índices de acidez* de los biodiesel son menores respecto al de los aceites AV y AVU, manteniendo el mayor valor para el BIDAVU20. A fin de evitar la corrosión de las partes del motor de níquel, cobre y latón, es necesario que el biodiesel posea un bajo porcentaje en la acidez.

- el menor *rendimiento en producción de biodiesel* (76%) se obtuvo a partir del aceite AVU20 que presentó la mayor acidez, mayor viscosidad cinemática y color más oscuro. Al parecer estas propiedades influyen significativamente en el rendimiento del proceso, tal vez debido a la formación de ácidos grasos libres y a la oxidación de los mismos.

Tabla 2. Características fisicoquímicas del biodiesel obtenidos a la temperatura de 55-60°C y límites aconsejados por normas IRAM 6515 y EN14214

	BIODIESEL (FAME) OBTENIDOS				Limites IRAM6515 EN 14214
	BIDAV	BIDAVU3	BIDAVU7	BIDAVU20	
Densidad a 15°C (g/mL)	0,883	0,881	0,870	0,885	0,86-0,90
Viscosidad cinemática a 25°C (cSt)	5,64	6,45	7,88	8,42	3,5-5,0
Humedad (%)	0,14	0,10	0,17	0,18	<0,05
Indice de Acidez (%)	0,16	0,27	0,51	0,74	
Punto de inflamación (°C)	141	143	137	115	>120
Contenido de metanol (%)	0,11	0,11	0,12	0,16	<0,2
Rendimiento (%)	98	96	83	76	

2.1.b. Sin calentamiento, a T ambiente (16-20 °C)

Muchos investigadores han evaluado la producción de biodiesel a temperaturas entre 55-65ºC (Zhang et al., 2003, Cvengros et al., 2004), aunque algunos sugieren la producción a bajas temperaturas, a pesar de que la velocidad de transesterificación esté levemente influenciada por la temperatura (Banerjee et al., 2009).

Tabla 3: Características fisicoquímicas de los biodiesel obtenidos a la temperatura ambiente (16-20°C) y con calentamiento a temperatura entr 55-60°C

	BIODIESEL (FAME) OBTENIDOS			
	BIDAV		BIDAVU3	
	16-20 °C	55-60°C	16-20 °C	55-60°C
Densidad a 15°C (g/mL)	0,881	0,879	0,891	0,881
Viscosidad cinemática a 25°C (cSt)	7,17	5,64	7,37	6,45
Humedad (%)	0,02	0,04	0,16	0,05
Indice de Acidez (%)	0,26	0,20	0,77	0,27
Punto de inflamación (°C)	120	141	115	143
Contenido de metanol (%)	0,15	0,11	0,16	0,11
Rendimiento (%)	91,4	92,8	90,3	96,0

. Para evaluar a producción a otra temperatura, se realizó la transesterificación de los AV y AVU a temperatura ambiente, entre 16-20ºC. Los resultados se muestran en la Tabla 3, en la que se observa que:

- el efecto del aumento de la T en la producción del biodiesel tiene una influencia positiva en la *viscosidad cinemática* del biodiesel: reacción de transesterificación a mayor T, menor viscosidad del biodiesel producido.
- -los cambios de T en la producción de biodiesel son poco significativos en los valores de la *densidad*

-respecto al *rendimiento de la reacción*. en el caso de la producción de BIDAV, no se presentó un aumento significativo con el aumento de la T , sin embargo en la producción del BIDAV3 se observa un aumento de casi un 10% en el rendimiento a mayor T en igual tiempo de reacción, lo que indicaría que la T óptima depende del tipo y calidad de aceite utilizado como materia prima. Para aumentar el rendimiento en la producción de BIDAV3 a T ambiente, tal vez se debería aumentar el tiempo de reacción. (Banerjee et al., 2009)

CONCLUSIONES

Las propiedades de los aceites vegetal usados (AVU) son diferentes del aceite vegetal (AV) debido a los cambios físicos y químicos que tiene lugar durante el calentamiento para la cocción de los alimentos, principalmente reacciones oxidativas (por la acción del oxígeno del aire) e hidrolíticas. (por acción del agua presente en el aceite y en el alimento). Con el tiempo de uso (de cero a 20 días) en la cocción continua de los alimentos, el color de los aceites vegetales varió de amarillo claro, amarillo, amarillo-rojizo a rojizo oscuro, la viscosidad y el índice de acidez aumentaron significativamente.

El valor de propiedades fisicoquímicas como viscosidad y acidez de los aceites utilizados como materia prima, influye significativamente tanto en el rendimiento de obtención del biodiesel como en sus propiedades finales.

Los valores de *viscosidad cinemática* de los biodiesel son inferiores a las de los AV utilizado como materia prima, presentando el mayor valor BIDAVU20. Los valores de viscosidad de los biodiesel procedentes de AVU son superiores al límite máximo aconsejado, por lo que, si se usan puros podría comprometer el funcionamiento del equipamiento de inyección de combustible particularmente a bajas temperaturas.

El rendimiento en la producción de BIDAV, no presentó un aumento significativo con el aumento de la T, sin embargo en la producción del BIDAV3 se observó que a mayor T el rendimiento aumentó en casi un 10%, en igual tiempo de reacción

Los parámetros de calidad determinados a los biodiesel obtenidos por transesterificación alcalina a partir de AV son favorables para su utilización en motores de combustión interna mientras que, para los obtenidos a partir de AVU se recomienda una mezcla con diesel.

BIBLIOGRAFIA

-Banerjee, A., Chakraborty, R. 2009: Parametric sensitivity in transesterification of waste cooking oil for biodiesel production. A review. Resources, Conservation and Recycling. 53, 490-497.

-Bautista, L. F., Vicente, G., Rodriguez, R., Pacheco, M. 2009: Optimisation of FAME production from waste cooking for biodiesel use. Biomass and Bioenergy 33, 862-872.

-Benavides, A., Benjumea, P., Pashova, V. 2007. El Biodiesel de aceite de higuerilla como combustible lternativo para motores diesel. Dyna, n°153 pp 141-150 Medellin-Colombia ISSN 0012-7353
-Chen, Y., Xiao, B., Chang, J., Fu, Y., Lv, P., Wang, X.: 2009: Synthesis of biodiesel from waste cooking oil using immobilized lipase in fixed bed reactor. Energy Conversion and Management 50, 668-673.
-Chiappella, J. S. 2008: Reciclado de Aceites Vegetales Usados. De la cocina al motor. Editorial: Instiuto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Serie de Extensión nº75. ISSN0325 8874 pp1-5
-Cvengros, J., Cvengrosova, Z. 2004. Used frying oils and fats and their utilization in the production of methyl esters of higher fatty acids. Biomass Bioenergy. 27, 173-181
-Felizardo, P., Neiva Correia, M. J., Raposo, I., Mendes, J. F., BerKemeier, R., Bordado, J. M: 2006: Production of biodiesel from waste frying oils. Waste Manage. 26, 487-494.
-Freedman, B., Pryde, E. H., Mounts, T. L. 1984: Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetables oils. J. Am. Oil Chem. Soc. 61, 1638-1643.
-García-Cota, T. del N. J., de la Cruz-Gonzalez, V. M., Nájera-Martínez, I., Sánchez-Daza, O. 2009: Purificación de biodiesel obtenido de aceite de *ricinos.* Superficies y Vacíos 22(3) 20-23
-Lam, M. K., Lee, K. T., Mohamed, A.R. 2010: Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for transesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel: A review. Biotechnology Advances. 28, 500-518.
-Lotero, E., Liu, Y., López, D. E., Suwannakarn, K. Bruce, D. A., Goodwin, Jr J. C., 2005: Synthesis of biodiesel via acid catalysis. Ind. Eng. Chem. Res. 44, 5353-5363.
-Knothe, G., Steidley, K. R. 2009: A comparison of used cooking oils: A very heterogeneous feedstock for biodiesel. Bioresource Technology 100, 5796-5801.
-Kulkarni, M. G., Dalai, A. K., 2006: Waste cooking oil-an economical source for biodiesel: a review. Ind. Eng. Chem. Res. 45, 2901-2913.
-Ma, F., Hanna, M. A. 1999: Biodiesel production: A review. Bioresource Technology. 70,1-15.
-Masson, L., Robert, P., Romero,N., Izaurieta, M., Valenzuela, S., Ortiz, J., Dobarganes, M. C. 1997. Comportamiento de aceites poliinsaturados en la preparación de patatas fritas para consumo inmediato: Formación de nuevos compuestos y comparación de métodos analíticos. Grasas y Aceites. Vol. 48, 5, 273-281.
-Meng, X., Chen, G., Wang, Y. 2008. Biodiesel production fron waste cooking oil via alkali catalyst and its engine test. Fuel Process Technol. 89: 851-857
-Nag, A. 2008: Biofuels refining and performance. Mc Graw Hill
-Nelson, L. A., Foglia, T. A., Marmer, W. N. 1996: Lipase-catalysed production of biodiesel. J. Am. Oil Soc. Chem. 73 (8), 1191-1195.
-Pahn, A. N., Phan, T. M. 2008: Biodiesel production fron wastw cooking oils. Fuel. 87, 3490-3496.
-Querini, C. 2005. Biodiesel: producción y control de calidad . http://www.acsoja.org.ar/images/cms/contenidos/439_b.pdf
-Romano,S.D., Sorichetti, P.A.: Chemical Physics Research Journal. 2009. “Correlations between electrical properties and flash point with methanol content in biodiesel”.Vol.3,2/3. Pp259-268.:
-Tomasevic, A. V., Siler-Marinkovic, S. S. 2003: Methanolysis of used frying oil. Fuel Processing Technology 81, 1-6.
-Vasudevan, P. T., Briggs, M. 2008: Biodiesel production-currente state of the art and challenges. J. Ind. Microbiol.Biotechnology. 35, 421-430
-Yan, S., Salley, S.O., Simn Ng K. Y. 2009: Simultaneous transesterification and estrerification of unrefined or waste oil over ZnO-La_2O_3 catalysts. Appl. Catal. A. 353. 203-212.
Zhang,Y., Dubé, M. A., McLean, D. D., Kates, M. 2003: Biodiesel production fron waste cooking oil: Process desing and technological assessment. Bioresource Technology 89, 1-16.

-Zheng, S., Kates, M., Dubé, M. A. McLean, D. D. 2006: Acid-catalizar production of biodiesel from waste frying oil. Biomass and Bioenergy 30, 267-272

FINANCIAMIENTO

Proyecto CICyT-UNSE: Obtención de biodiesel a partir de Aceite Vegetal Usado

NUEVAS ESTRATEGIAS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL EN UN GRUPO INTERDISCIPLINAR UNIVERSITARIO DE LA CIUDAD DE VILLA MARÍA, CÓRDOBA, ARGENTINA

Agustina Camperchioli[1], Clara Inés Fernández[2], Emilia Sosa[3], Evelyn Santi Esnaola[3], Wenceslao Duclo[3], Lourdes Giroud[3], Nadia Bernasconi[3], Melanie Couvert[3], Esteban Lorello[3], Marta Fernícola[3].

1. Instituto de Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional de Villa María (UNVM), Argentina
2. Asesora independiente. Técnica en Agroecología
3. Estudiantes Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables UNVM
acamperchioli@gmail.com, +5493535082308

Resumen

Por iniciativa de docentes y estudiantes de la universidad se crea el grupo de educación ambiental con el objetivo de fomentar el conocimiento y sensibilización sobre temáticas y problemáticas ambientales desde una mirada socioambiental dentro de la comunidad universitaria y local de la ciudad de Villa María e incentivar a la población a tener actitudes activas y participativas en la defensa, conservación y mejora de nuestro ambiente.

Desde el año 2012 este grupo lleva adelante la programación de actividades de concientización y comunicación con el fin de construir en conjunto nuevas estrategias de participación activa de la sociedad. A su vez, se colabora en proyectos ambientales de interés social que llevan a cabo instituciones escolares, tal es el caso de ferias de ciencias, organizaciones no gubernamentales y gubernamentales. De esta manera se promueve el uso y consolidación de redes educativas, el trabajo mancomunado y solidario, potenciando esfuerzos.

Entre las nuevas estrategias de intervención llevadas adelante por el grupo de educación ambiental se destacan la organización comunitaria y horizontal de actividades educativas para conmemorar el día del ambiente, declaradas de interés municipal; el acompañamiento de proyectos de voluntariado universitario; el asesoramiento científico a escuelas de nivel primario; talleres en escuelas; etc.

El grupo se encuentra en etapa de consolidación, planificando actividades de investigación-acción en el desarrollo de proyectos de educación ambiental en instituciones del sistema educativo no universitario de la ciudad de Villa María.

Palabras claves: educación ambiental, comunidad, concientización, sensibilización

NEW STRATEGIES FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION IN THE UNIVERSITY INTERDISCIPLINARY GROUP IN THE CITY OF VILLA MARÍA, CÓRDOBA, ARGENTINA

Abstract

On the initiative of teachers and college students create the environmental education group in order to promote knowledge and awareness of environmental themes and issues from a socio-environmental look within the university community and local town of Villa Maria and encourage the population to be active and participatory attitudes in the protection, preservation and improvement of our environment.

Since 2012 this group programming conducts awareness and communication activities in order to jointly build new strategies for active participation in society. In turn, it contributes to social interest environmental projects carried out by educational institutions, as in the case of science fairs, nongovernmental and governmental organizations. This will promote the use and consolidation of educational networks, the joint work of solidarity, enhancing efforts.

Among the new intervention strategies carried out by the environmental education group stand horizontally community organization and educational activities to celebrate Environment Day, declared of municipal interest; accompanying college volunteer projects, the scientific advice to schools primary level workshops in schools, etc.

The group is in a consolidation phase, planning action research activities in the development of environmental education projects in institutions of non-university education in the city of Villa Maria.

Keywords: environmental education, community, environmental awareness, increasing sensitivity

Introducción

La educación es el medio más eficaz de promover y consolidar cambios en las personas. A lo largo de los últimos años se han transitado diversas vías educativas: entre ellas la de la educación ambiental (EA).

La educación ambiental puede entenderse como la transmisión de conocimientos, aptitudes y valores ambientales, que conlleva a la adopción de actitudes positivas hacia el medio natural y social, actitudes que, a su vez, se traducen en acciones de cuidado y respeto por la diversidad biológica y cultural y que fomentan la solidaridad intra e intergeneracional. Se reconoce que la educación ambiental no es neutra, sino que es ideológica, ya que está basada en valores para la transformación social y se asienta sobre una ética profunda que compromete seriamente a cuantos participan en sus programas (Fundación Vida Silvestre, 2005).

La educación ambiental es el resultado de una reorientación y articulación de diversas disciplinas y experiencias educativas. Las mismas facilitan la percepción integrada del ambiente y la adquisición de conocimientos, valores y habilidades prácticas que hacen posible la participación responsable y eficaz en la prevención y solución de problemas ambientales. Se considera una herramienta indispensable cuando se quiere producir un cambio en las relaciones humanas con el ambiente (UNESCO, 1980).

La EA se caracteriza ante todo por sus metas y objetivos. Los mismos han sido precisados por la UNESCO en el documento denominado la “Carta de Belgrado”, confeccionado a partir de la Conferencia de Belgrado en 1975. Esta Carta afirma que la meta de la EA es formar una población que posea los conocimientos y motivación para actuar a favor de la prevención y corrección de problemas de carácter ambiental. La toma de conciencia, los conocimientos, las actitudes, las competencias, la capacidad de evaluación y la participación conforman los objetivos de la EA. Los

mismos, junto a su meta, expresan el eje para abordar esta especialidad de la educación (Giordan, 1995).

A su vez, la EA posee características que deben ser tenidas en cuenta al llevar a cabo actividades de este tipo. Su propiedad sistémica, integradora, participativa en los métodos utilizados, práctica, así como su educación de valores y su base fundamental en la realidad, la identifican como una educación definitivamente pedagógica y destacadamente moral (Fernández Balboa, 2000).

Bajo estos lineamientos teóricos generales y con el convencimiento de que la educación ambiental permite ir generando cambios positivos en las personas y en su relación con el ambiente, del cual somos parte a un mismo nivel y no como poseedores de todo lo que nos rodea, el grupo de educación ambiental persigue los siguientes objetivos generales:

- Fomentar el conocimiento y sensibilización sobre temáticas y problemáticas ambientales desde una mirada socioambiental dentro de la comunidad universitaria y local de la ciudad de Villa María.
- Incentivar a la población a tener actitudes activas y participativas en la defensa, conservación y mejora de nuestro ambiente.

Objetivos específicos:

- Realizar actividades de concientización y comunicación con el fin de construir en conjunto nuevas estrategias de participación activa de la sociedad.
- Colaborar en proyectos ambientales de interés social que actualmente se estén llevando a cabo.
- Promover el uso y consolidación de redes educativas, el trabajo mancomunado y solidario

Este trabajo pretende comunicar y divulgar la forma de trabajo de un grupo universitario con interés en la temática ambiental y la forma en cómo este grupo de estudiantes y docentes quiere transformar actividades aisladas en actividades coordinadas entre las diferentes instituciones y áreas, con el fin de trabajar en conjunto con otros, unificar esfuerzos, generar mayores impactos positivos en la sociedad en su conjunto.

Métodos

Dentro del marco de la Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables de la Universidad Nacional de Villa María se llevan adelante diferentes tareas de investigación y extensión. En este marco de acción, se consideró pertinente incluir a la educación ambiental dentro de ellas.

En una primera instancia se comienzan a realizar tareas aisladas en las escuelas principalmente por demandas de docentes interesados en trabajar en el aula con temáticas ambientales. Al visualizar esta demanda específica, un grupo de docentes y estudiantes de la universidad consideró pertinente la creación de un espacio de organización y debate sobre cuestiones relacionadas con la educación ambiental. Es así como en el año 2012 surge la idea de la creación de un grupo de educación ambiental y, a principios de 2013, comienzan a funcionar de manera semanal reuniones organizativas.

Los principios fundamentales del grupo de educación ambiental son la colaboración y el trabajo mancomunado con otras áreas, tanto dentro de la universidad como fuera de ella. Se cree que el trabajo en red es la manera de multiplicar las voces que fomentan la participación en temáticas ambientales.

El grupo actualmente se encuentra formado por estudiantes y docentes de la universidad y una técnica en agroecología. La convocatoria siempre fue abierta a todos los interesados sin importar la carrera y si pertenecen o no a la universidad.

Se trabaja de forma horizontal, con debate y toma de decisiones en conjunto. Las reuniones son, en lo posible, semanales, adaptándose al calendario académico para no interferir en el cursado y fechas de exámenes de las materias. La manera de comunicación es principalmente a través de las redes sociales. Se crea un grupo abierto en donde se comunica todo lo relacionado a la educación ambiental, desde presentaciones a congresos, artículos científicos de interés, resúmenes de cada uno de los encuentros semanales, fotografías, próximas actividades, fechas de encuentros y reuniones, etc.

Las primeras reuniones del grupo permitieron establecer vínculos, conocer intereses en común, plantear objetivos del grupo, situarnos conceptualmente en lo que es la educación ambiental, sus objetivos, sus funciones, sus valores, su dinámica. Posteriormente se fueron organizando diferentes tipos de actividades. Las mismas son determinadas por los estudiantes y demás integrantes del grupo. Las responsabilidades y tareas las define y elige cada uno. Se trata de que se trabaje de manera proactiva, cooperativa y autónoma.

Dentro de las actividades que lleva a cabo este grupo se encuentran la programación de actividades de concientización y comunicación con el fin de construir en conjunto nuevas estrategias de participación activa de la sociedad: campañas de reciclado, campaña de separación de residuos electrónicos, conmemoración de fechas del calendario ambiental como por ejemplo el día mundial del ambiente, el día del árbol, etc. Algunas actividades son realizadas dentro de la universidad y otras fuera de la misma, en escuelas, plazas. A su vez, se colabora en proyectos ambientales de interés social que llevan a cabo instituciones escolares, tal es el caso de ferias de ciencias. Se coordina con organizaciones no gubernamentales y gubernamentales para trabajar en conjunto y aunar esfuerzos. Se han establecido contactos con grupos de trabajo ambiental como por ejemplo el vivero experimental TAKKÚ, organización no gubernamental que se encarga de concientizar sobre árboles nativos, su reforestación, el cuidado de estas especies, etc. Los vínculos continúan a lo largo del tiempo permitiendo que organizaciones de este tipo, muchas veces sin un apoyo de instituciones formales, puedan acceder a presentar proyectos desde la universidad. De esta manera se promueve el uso y consolidación de redes educativas, el trabajo mancomunado y solidario, potenciando esfuerzos.

El grupo se encuentra en etapa de consolidación, planificando actividades de investigación-acción en el desarrollo de proyectos de educación ambiental en instituciones del sistema educativo no universitario de la ciudad de Villa María. Los encuentros continúan. Es un proceso lento, de trabajo continuo ya que se pretende que se realicen actividades coordinadas y decididas por el conjunto de los participantes con el fin de ir fortaleciendo el funcionamiento y el compromiso a lo largo de los años.

Resultados

Desde el grupo de educación ambiental se han realizado diversas actividades resumidas a continuación en la siguiente tabla (Tabla 1):

Tabla 1. Resumen de actividades

Actividad	Fecha	Participantes	Observaciones
Charla sobre Biodiesel en escuela primaria Dr. Juan B. Alberdi	24/08/2012	Tec. Esteban Lorello. Lic. Agustina Camperchioli Lic. Marta Fernícola Evelyn Santi Esnaola	Asesoramiento IX Encuentro Departamental Instancia Zonal de Feria de Ciencia y Tecnología.

Taller de producción de biodiesel en escuela primaria Dr. Juan B. Alberdi	24/08/2012	Tec. Esteban Lorello. Lic. Agustina Camperchioli Lic. Marta Fernícola Evelyn Santi Esnaola Alumnos cuarto grado	Asesoramiento IX Encuentro Departamental Instancia Zonal de Feria de Ciencia y Tecnología.
Charla sobre material particulado y diseño industrial de aparatos para absorberlo Escuela Primaria José Mármol	20/08/2012	Tec. Esteban Lorello. Lic. Agustina Camperchioli Lic. Marta Fernícola Evelyn Santi Esnaola Alumnos primer grado	Asesoramiento IX Encuentro Departamental Instancia Zonal de Feria de Ciencia y Tecnología.
Campaña de Concientización sobre la Recolección diferenciada de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos de Villa María en Campus de la UNVM.	Semana del ambiente 2013	Grupo de educación ambiental Comunidad universitaria en general	Declaración de Interés Municipal N° 485/2013 Municipalidad de Villa María
Campaña de Concientización sobre Recolección diferenciada de Residuos Sólidos Urbanos de Villa María en Campus de la UNVM.	Semana del ambiente 2013	Grupo de educación ambiental Comunidad universitaria en general	Declaración de Interés Municipal N° 485/2013 Municipalidad de Villa María
Proyección de cortos audiovisuales sobre temáticas ambientales en el campus de la UNVM.	05/06/2013	Grupo de educación ambiental Comunidad universitaria en general	Declaración de Interés Municipal N° 485/2013 Municipalidad de Villa María
Campañas de sensibilización ambiental en relación a la Conmemoración del Día del Ambiente en sector Comedor de la UNVM.	Semana del ambiente 2013	Grupo de educación ambiental Comunidad universitaria en general	Declaración de Interés Municipal N° 485/2013 Municipalidad de Villa María
Visitas a la huerta universitaria organizada desde el Proyecto de Voluntariado de Univerciclaje en el campus de la UNVM.	06/06/2013	Grupo de educación ambiental Comunidad universitaria en general	Declaración de Interés Municipal N° 485/2013 Municipalidad de Villa María

Campaña de Recolección de Basura Electrónica. Organizado por la Municipalidad de Villa María, la Universidad Nacional Villa María (UNVM), la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), la Facultad Regional Villa María y la delegación local del Consejo Profesional de Ciencias Informáticas de la Provincia.	05/06/2013	Grupo de educación ambiental Integrantes vivero Experimental TAKKÚ Representantes municipalidad Comunidad en general	Acompañamiento y concientización en Plaza Centenario de la ciudad de Villa María. Declaración de Interés Municipal N° 485/2013 Municipalidad de Villa María
Acompañamiento al Grupo TAKKÚ, entrega de árboles autóctonos.	05/06/2013	Grupo de educación ambiental Integrantes vivero Experimental TAKKÚ	Acompañamiento y concientización en Plaza Centenario de la ciudad de Villa María. Declaración de Interés Municipal N° 485/2013 Municipalidad de Villa María
Charla sobre separación de residuos sólidos urbanos y pintada de remeras con el logo de “ahorro agua” (una alcancía de agua)	05/06/2013	Grupo de educación Ambiental Alumnos de sexto grado	Escuela primaria José Ingenieros
Jornada de sensibilización por el Día del Árbol	29/08/2013	Grupo de Educación Ambiental	Proyección del documental Ibope Porá, charla sobre árboles nativos, plantación simbólica de un algarrobo en campus universitario
Creación del Programa de Radio Ibope porá en radio Municipal Tecnoteca	Inicio septiembre 2013	Grupo de Educación Ambiental	Responsables de programación Emilia Sosa y Evelyn Santi Esnaola estudiantes de la Lic. en Ambiente y Energías Renovables. Aborden temáticas socioambientales.
Semana de la Ciencia	10 y 11 de octubre de 2013	Grupo de Educación Ambiental	Proyección del documental cenizas a colegios secundarios y debate.

El grupo de educación ambiental es una actividad extracurricular en donde se trata que sean los mismos estudiantes los que lleven adelante las actividades, se relacionen, tomen responsabilidades, conozcan nuevos actores sociales y sean agentes de cambio. Estas actividades han sido guiadas y coordinadas por docentes de la universidad, pero han sido organizadas casi en su totalidad por los integrantes del grupo, continuando con la premisa de una actitud crítica y proactiva.

Algunas de las actividades en imágenes:

Figura 1. Charla escuela José Mármol

Figura 2. Taller Biodiesel Escuela Alberdi

Figura 3. Organización difusión Semana del Ambiente

Figura 4. Tareas de concientización y entrega de árboles en Plaza Centenario

Figura 5. Jornada de sensibilización por el Día del Árbol

Discusión

Desde el grupo se han visualizado algunas cuestiones que se pretenden solucionar con el tiempo y la prueba de nuevas alternativas.

El acostumbramiento al trabajo en el aula de manera verticalista. El docente explica, propone, da las alternativas y el estudiante acata. Esta visión conductista de la educación no es la que se pretende llevar adelante en este grupo. Se trabaja de manera continua en la proactividad de las personas, el pensamiento crítico, la realización de propuestas, la organización de las mismas, el compromiso.

Otra cuestión a rever es la comunicación y divulgación de las actividades con el fin de lograr que la mayor cantidad de gente posible esté al tanto de lo que se realiza dentro del grupo de educación ambiental. Las convocatorias dentro del marco universitario no han sido lo suficientemente impactantes para lograr ir aumentado la participación de otros actores en las diferentes actividades. Anticipadas planificaciones, así como el análisis de estrategias de comunicación alternativas, permitirán ir logrando mayor participación.

El grupo se va consolidando y los integrantes muestran interés en continuar con las actividades e ir proyectando nuevas, tanto iniciativas intrínsecas del grupo como la colaboración en proyectos de otros grupos de trabajo (voluntariados universitarios, trabajos en cátedras, etc.).

Conclusiones

Trabajar en equipo no es tarea sencilla, trabajar sin obligaciones y órdenes tampoco lo es. Este grupo se formó para disponer de un espacio en donde se puedan crear nuevas actividades, diferentes a las que se estaban llevando adelante, creadas por cada uno de sus integrantes, logradas por ellos mismos, desde el principio al final. Es un aprendizaje continuo, no solo de temáticas ambientales sino del trabajo en equipo, la solidaridad, el escuchar, el gestionar, etc.

La guía y el anclaje que se poseen son teóricos, continuando con el pensamiento de que la educación ambiental permite ir generando cambios positivos en las personas.

Los objetivos del grupo se van cumpliendo, las actividades organizadas se llevan adelante en relación a ellos, sin perderlos de vista en la planificación.
Se continúa en el camino de la sensibilización y concientización ambiental, fortaleciendo al grupo, debatiendo dentro del mismo, trabajando de manera horizontal, incorporando nuevos integrantes, siempre con la convocatoria abierta.

Esta presentación resume las actividades que se pudieron llevar adelante a lo largo de este año. El grupo continúa en actividad, con nuevos proyectos. La convocatoria a las actividades es lo

que más ha costado. Se sabe que esto lleva su tiempo. Se continúa probando e innovando en las estrategias de comunicación y divulgación de las actividades, tratando de sumar más participantes activos al cambio.

Referencias bibliográficas

≡ Fernández Balboa, C., y Bertonatti, C. (2000). *Conceptos básicos sobre educación ambiental.* (pp. 8-9, pp. 16-17). Fundación Vida Silvestre y Biblioteca del Congreso de la Nación. Recuperado de http://www.vidasilvestre.org.ar/pdfs/Manual-educ-amb-CFB-CB.pdf

≡ Fundación Vida Silvestre. (2005). *La educación ambiental Argentina*. (pp. 517- 525). Argentina.

≡ Gasalla, F. (2001). *Psicología y cultura del sujeto que aprende.* (pp. 32). Ed. AIQUE.

≡ Giordan, A., y Souchon, C. (1995). *La educación ambiental: guía práctica*. (pp. 8 -10). DIADA EDITORA S. L.

≡ Perales, F. (2000). *Resolución de problemas*. (pp. 187, pp. 206 -211). Editorial Síntesis.

≡ PNUMA. (1990). *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Infancia y Medio Ambiente. Nairobi.* (pp. 58 -59).

≡ UNESCO. (1980). *La Educación Ambiental. Las grandes orientaciones de la Conferencia de Tbilisi.* (pp. 2-32, pp. 73-76).

≡ UNESCO. (1987). *La acción internacional en materia de educación y formación ambiental desde la conferencia de Tbilisi.* (pp. 3 -14).

≡ UNESCO. (1993). *Metodología y técnica específica para la formación y evaluación de proyectos en la esfera de la educación proyecto*. (pp. 57-58). Costa Rica.

≡ Wood, D. y Wood, D. (1990). *Cómo Planificar un Programa de Educación Ambiental*. (pp. 8-46.) Centro para el Desarrollo Internacional y Medio Ambiente del Instituto de Recursos Mundiales y Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos.

Tema 3: Aplicaciones Energéticas de Biomasa

- ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE METANO DESDE LA DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE RESIDUOS PORCINOS
- EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS FORESTALES DE LA ZONA CHAQUEÑA. DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DEL ASERRÍN DE QUEBRACHO COLORADO
- ANÁLISIS ENERGÉTICOS EN AGROECOSISTEMA LECHERO EN BRASIL Y NUEVA ZELANDIA: IMPORTANTE HERRAMIENTA PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS SUSTENTABLE
- CULTIVO DE *SCENEDESMUS QUADRICAUDA* EN EFLUENTES URBANOS DE LA CIUDAD DE TRELEW, CHUBUT, ARGENTINA: OBTENCIÓN DE BIOMASA A PARTIR DE CULTIVOS EN 20 LITROS Y COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE CUANTIFICACIÓN DE LÍPIDOS
- EL CULTIVO DE CÁRTAMO (*CARTHAMUS TINCTORIUS* L.) EN EL OASIS NORTE DE MENDOZA

ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE METANO DESDE LA DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE RESIDUOS PORCINOS

Thiago Edwiges[1], Armin Feiden[2] e Carlos Eduardo Camargo Nogueira[3]

1. Professor en la Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Avenida Brasil, 4232 – Medianeira – Paraná – Brasil. +55 45 32408120. thiagoe@utfpr.edu.br
2. Profesor en la Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Rua Pernambuco, 1777 – Marechal Cândido Rondon – Paraná – Brasil. armin_feiden@yahoo.com.br
3. Profesor en la Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Rua Universitária, 2069 – Cascavel – Paraná – Brasil. +55 45 32203155. cecn1@yahoo.com.b

RESUMEN

La producción de la proteína animal es una actividad que viene destacándose en el agro negocio brasileño. El desafío es gerenciar este sistema desde el punto de vista ambiental, ya que esta actividad produce gran cantidad de residuos, ocasionando impactos ambientales negativos en el suelo, aire y recursos hídricos. En contrapartida, la biomasa producida por cría porcina tiene un potencial de generación de energía, desde que sea utilizada adecuadamente en reactores desarrollados para producir gas metano. El objetivo de este trabajo es la aplicación de una metodología para la estimación de la producción de metano desde la digestión de residuos del cerdo en la micro cuenca del Río Paraná 3, con el objetivo de implementación de proyectos de energía renovable. La micro cuenca hidrográfica del Rio Marreco es parte de la cuenca del Paraná 3, ubicada en el oeste de Paraná y el sur de Mato Grosso do Sul - Brasil, con una superficie total de 8.389 km^2. Las granjas se clasificaron como UPL, donde se contaron el número de cerdas reproductoras y UCT, donde se registran los porcinos en la fase de acabado. Estimación del potencial de generación de metano se realizó desde del Manual para Inventarios National Gas de Efecto Invernadero (IPCC, 2006). En total, 121 granjas se identificaron con la actividad de porcicultura, con un total de 95.129 porcinos reproductores instalados. La encuesta indica un potencial de producción de 12.822,1 m^3 / día de gas metano, lo que potencialmente puede permitir la ejecución de proyectos de energías renovables. Además de los beneficios económicos, esta práctica permite la generación de beneficios ambientales obtenidos con el tratamiento de los residuos, tales como la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la reducción de las fuentes de contaminación de los recursos del suelo y agua.

Palabras-clave: biogás, energía, gestión, metodología e porcicultura

ABSTRACT

The animal protein production is an activity that has been increasing in Brazilian agribusiness. The challenge is to manage this system from the environmental point of view, since this activity produces large amounts of waste, causing negative environmental impacts on soil, air and water resources. On the other hand, the residual biomass produced by swine has a potential for power generation, because if properly treated in reactors developed for this purpose produce methane

gas. The objective of this work was to apply a methodology for estimating methane production from anaerobic digestion of manure in a watershed of the Rio Parana 3, aiming to implement renewable energy projects. The Marreco watershed is part of the Paraná 3 watershed, located in western Paraná and southern Mato Grosso do Sul - Brazil, with a total area of 8,389 km^2. The farms were classified as UPL, being counted the number of matrices and UCT, recorded the pigs in the finishing phase. Estimating the potential for methane generation was performed from the Guide for National Greenhouse Gas (IPCC, 2006). Altogether 121 farms were identified with swine breeding activity, with a total installed 95,129 breeding pigs. The survey indicated a production potential of 12822.1 m³ / day of methane gas, which can potentially enable the implementation of renewable energy projects. In addition to economic gains, this practice enables the generation of environmental gains obtained with the waste treatment, such as reduction in emission of greenhouse gases and sources of pollution of soil and water resources.

Key-words: biogas, energy, management, methodology and swine

INTRODUCCIÓN

La producción de proteína animal, especialmente el porcino, es una actividad que ha aumentado en el sector agroindustrial, en la región occidental de la província de Paraná - Brasil, por los incentivos y el sistema de cooperativa instalada en la región, lo que permite la producción de grandes cantidades de animales en áreas pequeñas, que proporcionan al agricultor utilizar la propiedad para otros fines, tales como la producción de granos.

El desafío consiste en gestionar este sistema desde el punto de vista ambiental, ya que esta actividad produce grandes cantidades de residuos de alta carga poluyente y se liberan *in natura* en las vías fluviales o en la agricultura, generando impactos negativos ambientales, principalmente por los recursos hídricos y el ambiente . Estos residuos tienen altos niveles de nutrientes como nitrógeno y fósforo que pueden contribuir al proceso de eutrofización de alcanzar el agua, creando un ambiente anaeróbico que contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4) con el potencial de calentamiento 21 veces mayor que el CO_2 (Tabla 1).

Tabla 1 Efecto invernadero en relación a los diferentes gases

Gases de Efecto Invernadero	Potencial de Efecto Invernadero
CO_2	1
CH_4	21
N_2O	310
SF_4	23.900
PFC	6.500-9.200
HFC	140-11.700

Fuente: Deublein; Steinhauser (2008).

En contrapartida, la biomasa residual producida por la porcicultura tiene un gran potencial para la generación de energía, una vez que tratada en reactores adecuados puede producir biogás. Este material se queda en digestores rurales y se puede utilizar directamente como energía térmica para calefacción de granjas, aviarios y calderas para la generación de electricidad a través de un grupo de generador de energía, o comprimido y utilizado como gas vehicular.

El objetivo de este trabajo es la aplicación de una metodología para la estimación de la producción de metano desde la digestión anaeróbica de los efluentes porcinos en una cuenca del Río Paraná 3, con el objetivo de implementar proyectos de energía renovable.

MATERIALES Y MÉTODOS

La micro cuenca hidrográfica del Rio Marreco es parte de la cuenca del Paraná 3, situada en el oeste de Paraná y el sur de Mato Grosso do Sul - Brasil, con una superficie total de 8.389 km^2. Esta cuenca corresponde a la totalidad del área de drenaje de los afluentes que lanzan sus aguas directamente al río Paraná en el lago de la central hidroeléctrica de Itaipú, caracterizando la generación de electricidad como el principal uso de las aguas de la cuenca. En sus alrededores se encuentran en 29 municipios, por un total de aproximadamente un millón de habitantes, con actividades económicas orientadas principalmente a la agricultura y la ganadería.

Las nacientes del Rio Marreco son, en su mayoría, en la ciudad de Toledo / PR, que también cuenta con el área urbana más grande de la cuenca. Su ubicación se caracteriza por ser una zona de grandes productores de cerdos y granos en la provincia de Paraná, que lideran el ranking estatal en la producción porcina, con un rebaño de 250 000 animales, entre matrices y machos jóvenes, lo que resulta en una masacre 4.550 animales por día.

De acuerdo con el Instituto Agronómico de Paraná (IAPAR), la temperatura media anual en la región en 2012 fue de alrededor de 23ºC, siendo propicio para el buen funcionamiento de los digestores, que funcionará bajo la acción de una temperatura suave con el fin de mantener la flora bacteriana anaeróbica responsables por la degradación de la biomasa.

La piara de cerdos se obtuvo de la base de datos de Brasil Foods Company (Sadia), que lleva a cabo la gestión de las granjas en gran parte de la cuenca en estudio. Las granjas se clasificaron en UPL (Unidad de Producción de Lechones), y registraron el número de cerdas reproductoras y UCT (Unidad de Crecimiento y Terminación), donde se registraron los cerdos en la fase de acabado.

La estimación del potencial de generación de metano producido durante el almacenamiento y el tratamiento de los efluentes porcinos se realizó a partir de la Guía Nacional de Gas Invernadero (IPCC, 2006). Esta guía cuenta con tres niveles para estimar las emisiones de metano procedentes de la alimentación de residuos de biomasa:

• **Nivel 1:** método simplificado que requiere sólo los datos de los animales de cría por las temperaturas medias locales, en combinación con los factores de emisión por defecto del IPCC;

• **Nivel 2:** enfoque profundo que necesita información detallada sobre las características de los animales y las prácticas de manejo de los efluentes porcinos utilizados para desarrollar factores de emisión específicos a las condiciones locales;

• **Nivel 3:** método más complejo realizado desde modelos para el desarrollo de metodologías específicas para cuantificar los factores de emisión.

La elección del método se hace en función de la disponibilidad de datos sobre las características de la producción animal en cada país. La disponibilidad de los datos ha permitido la realización de la estimación de las emisiones de metano de Nivel 2 recomendado por el IPCC en estudios más detallados. La ecuación 1 muestra el cálculo de las emisiones de metano.

$$CH_4 = \sum_t \frac{(FE_t \times N_t)}{10^6}$$

Lease:

CH_4 = emisión de metano, Gg CH_4 $año^{-1}$

$FE_{(t)}$ = factor de emisión, kg CH_4 $animal^{-1}$ $año^{-1}$

$N_{(t)}$ = piara animal por categoría;

t = categoría animal.

La ecuación 2 presenta el cálculo del Factor de Emisión.

$$FE_{(t)} = (SV_t \times 365) \times \left[B_{0(t)} \times 0{,}67 \frac{kg}{m^3} \times \sum_{S,k} \frac{FCM_{S,k}}{100} \times MS_{T,S,k}\right]$$

Lease:

FE_t = factor de emisión de metano para la categoría animal t, kg CH_4 $animal^{-1}.año^{-1}$;

SV_t = sólidos volátiles da categoría animal t, kg de la materia seca $animal^{-1}.día^{-1}$;

365 = base para el cálculo anual de la producción de SV, días.$año^{-1}$;

$B_{0(t)}$ = capacidad máxima de producción de metano por residuo producido para la categoría animal t, m^3 $CH_4.kg^{-1}$ de SV;

0,67 = factor de conversión de m^3 CH_4 para kilogramo de CH_4;

$FCM_{(S,k)}$ = factor de conversión de metano para cada sistema de gestión de residuos S, por el clima local k, %;

$MS_{(t,k,s)}$ = fracción de la categoría animal manejada utilizando el sistema de gestión S, por el clima local k, adimensional.

Para la estimación fueron utilizadas las variables para los sólidos volátiles, la producción máxima de metano, factor de conversión y fracción de gestión utilizada, determinado desde la clase de los porcinos, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 – Variables utilizadas para la estimación

Variables Utilizadas	UPL	UCT
Temperatura Media Anual (^{o}C)	23,0	23,0
Fator de Conversión de Metano (%)	100	100
Peso de los animales (kg)	198	50
B_o ($m^3CH_4\,kgSV^{-1}$)	0,45	0,45
Sólidos Volátiles ($kg.dia^{-1}$)	0,46	0,30
Fracción de la categoria de animal manejada	1,0	1,0

• SV - Sólidos Volátiles

Los sólidos volátiles representan la materia orgánica de los residuos producidos y consisten de fracciones biodegradables y no biodegradables. Caso no haya datos de las mediciones de campo en la producción de sólidos volátiles (como es el caso en este estudio), es posible obtener una estimación de este parámetro a la realidad de América del Sur en el Apéndice 10.A.2, Capítulo 10, Volumen 4 IPCC, 2006.

• B_0 – Máxima capacidad de producción de metano

La capacidad máxima de producción de metano varía según la especie y la comida. El método preferido para obtener los valores de B_o es utilizar datos específicos de cada país, medidos desde las metodologías estándares, pero, de la misma manera como el SV si no hay medidas estandarizadas de este parámetro, es posible obtener una estimación de anexos a 10.A.4 10.A.9, capítulo 10, Volumen 4 del IPCC, 2006.

• FCM – Factor de conversión de metano para cada sistema de manejo

El factor de conversión de metano se determina para un sistema específico de gestión de residuos y representa el grado en que se alcanza el B_o. La cantidad de generación de metano para una gestión específica del sistema se ve afectada por la condición anaeróbica, la temperatura del sistema y el tiempo de retención de la materia orgánica en el sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total, 121 granjas fueron identificadas en la actividad de porcicultura, con 116 sistemas de UCT, con una piara de 94 255 porcinos y 5 sistemas de UPL, con un balance de 874 porcinos, con un total de 95.129 porcinos reproductores instalados. De las propiedades identificadas, 97 se ubicaron en la cuenca del Rio Marreco y 24 en la cuenca del Río São Francisco Verdadeiro, este último incluido en la estimación en cuanto a la cercanía de una posible ruta de recogida de biogás, lo que contribuye a la reducción de los costes unitarios de la implementación de proyectos de energías renovables. Desde las ecuaciones 1 y 2 se utilizaron para estimar el potencial de generación de metano para cada propiedad rural y los datos obtenidos se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3 Estimación de la producción de metano en m³/día

PR	SC	PI	CH_4	PR	SC	PI	CH_4	PR	SC	PI	CH_4	PR	SC	PI	CH_4
1	UCT	1.280	172,8	32	UCT	600	81,0	63	UCT	490	66,2	94	UCT	360	48,6
2	UCT	310	41,9	33	UCT	1.600	216,0	64	UCT	980	132,3	95	UCT	1.025	138,4
3	UCT	1.800	243,0	34	UCT	550	74,3	65	UCT	800	108,0	96	UCT	600	81,0
4	UCT	540	72,9	35	UCT	1.500	202,5	66	UCT	380	51,3	97	UCT	870	117,5
5	UCT	980	132,3	36	UCT	915	123,5	67	UCT	630	85,1	98	UCT	890	120,2
6	UCT	970	131,0	37	UCT	735	99,2	68	UCT	600	81,0	99	UCT	1.360	183,6
7	UCT	300	40,5	38	UCT	610	82,4	69	UCT	1.360	183,6	100	UCT	1.000	135,0
8	UCT	530	71,6	39	UCT	1.020	137,7	70	UCT	500	67,5	101	UCT	1.000	135,0
9	UCT	1.060	143,1	40	UCT	780	105,3	71	UCT	430	58,1	102	UCT	910	122,9
10	UCT	610	82,4	41	UCT	1.120	151,2	72	UCT	860	116,1	103	UCT	620	83,7
11	UCT	270	36,5	42	UCT	1.930	260,6	73	UCT	865	116,8	104	UCT	950	128,3
12	UCT	380	51,3	43	UCT	980	132,3	74	UCT	1.120	151,2	105	UCT	1.440	194,4
13	UCT	1.400	189,0	44	UCT	520	70,2	75	UCT	400	54,0	106	UCT	1.000	135,0
14	UCT	600	81,0	45	UCT	1.520	205,2	76	UCT	940	126,9	107	UCT	1.010	136,4
15	UCT	800	108,0	46	UCT	315	42,5	77	UCT	840	113,4	108	UCT	940	126,9
16	UCT	540	72,9	47	UCT	1.100	148,5	78	UCT	390	52,7	109	UCT	1.130	152,6
17	UCT	1.400	189,0	48	UCT	580	78,3	79	UCT	800	108,0	110	UCT	450	60,8
18	UCT	500	67,5	49	UCT	1.010	136,4	80	UCT	800	108,0	111	UCT	1.460	197,1
19	UCT	500	67,5	50	UCT	450	60,8	81	UCT	1.610	217,4	112	UCT	280	37,8
20	UCT	390	52,7	51	UCT	430	58,1	82	UCT	980	132,3	113	UCT	900	121,5
21	UCT	840	113,4	52	UCT	660	89,1	83	UCT	1.000	135,0	114	UCT	620	83,7
22	UCT	580	78,3	53	UCT	630	85,1	84	UCT	1.430	193,1	115	UCT	1.050	141,8
23	UCT	380	51,3	54	UCT	550	74,3	85	UCT	520	70,2	116	UCT	1.430	193,1
24	UCT	650	87,8	55	UCT	340	45,9	86	UCT	460	62,1	117	UPL	109	22,6
25	UCT	700	94,5	56	UCT	1.100	148,5	87	UCT	480	64,8	118	UPL	211	43,7
26	UCT	1.300	175,5	57	UCT	980	132,3	88	UCT	1.500	202,5	119	UPL	231	47,8
27	UCT	460	62,1	58	UCT	290	39,2	89	UCT	580	78,3	120	UPL	136	28,2

Tabla 3 Estimación de la producción de metano en m³/día (continuación)

PR	SC	PI	CH_4	PR	SC	PI	CH_4	PR	SC	PI	CH_4	PR	SC	PI	CH_4
28	UCT	920	124,2	59	UCT	500	67,5	90	UCT	1.000	135,0	121	UPL	187	38,7
29	UCT	430	58,1	60	UCT	850	114,8	91	UCT	800	108,0	Leyenda			
30	UCT	620	83,7	61	UCT	1.020	137,7	92	UCT	450	60,8	PR – Propriedad Rural SC – Sistema de Creación PL – Piara			
31	UCT	680	91,8	62	UCT	630	85,1	93	UCT	430	58,1				

La encuesta indica un potencial de producción de 12.822,1 m³ / día de metano. Además de metano, el biogás producido por digestión anaerobia de residuos orgánicos tiene otros elementos en su composición, como se muestra en la Tabla 4. Este material, con valor económico, se puede utilizar como una fuente alternativa de energía en sustitución total o parcial de las fuentes convencionales y se puede utilizar directamente en calderas de calefacción y hornos industriales, convertida en energía eléctrica después del tratamiento para la eliminación de otros componentes y la combustión en un grupo generador de energía o comprimido y utilizado como el gas portador, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 4 Composición media del biogás

Conteúdo	**Concentração**
Metano (CH_4)	50% a 75%
Dióxido de Carbono (CO_2)	25% a 40%
Hidrógeno (H_2)	1% a 3%
Nitrógeno (N_2)	0.5% a 205%
Oxígeno (O_2)	0.1% a 1%
Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)	0.1% a 0.5%
Amonio (NH_3)	0.1% a 0.5%
Monóxido de carbón (CO)	0% a 0.1%
Agua (H_2O)	Variable

Fuente: Pires (2000 *apud* Cassini (2003).

Tabla 5 Equivalencia energética del biogás

Combustible	**Volumen equivalente a 1m³ de biogás**
Queroseno	0.342 L
Leña (10% de humedad)	1.1450 kg
Gas Licuado del Petróleo	0.396 L
Óleo Diesel	0.358 L
Gasolina	0.312 L

Fuente: Fundação Centro tecnológico de Minas Gerais (1981 *apud* Cassini (2003).

La distribución de las unidades productoras de metano a lo largo de la cuenca se muestra en la Figura 1. Esta producción es descentralizada y puede dificultar el logro de la viabilidad económica de la ejecución de los proyectos individuales del uso de energía del metano, como los costos de implementación que son significativos y la energía consumida, sobre todo en una zona rural, con sus costos subvencionados por el Gobierno Federal. Una alternativa a este escenario es la implementación de condominios de bioenergía, donde el transporte de gas metano se realiza a

través de tuberías, un conjunto de tubos enterrados a una profundidad media de 0,5 metros desde el suelo, lo que permite el envío de este gas a las unidades de consumo.

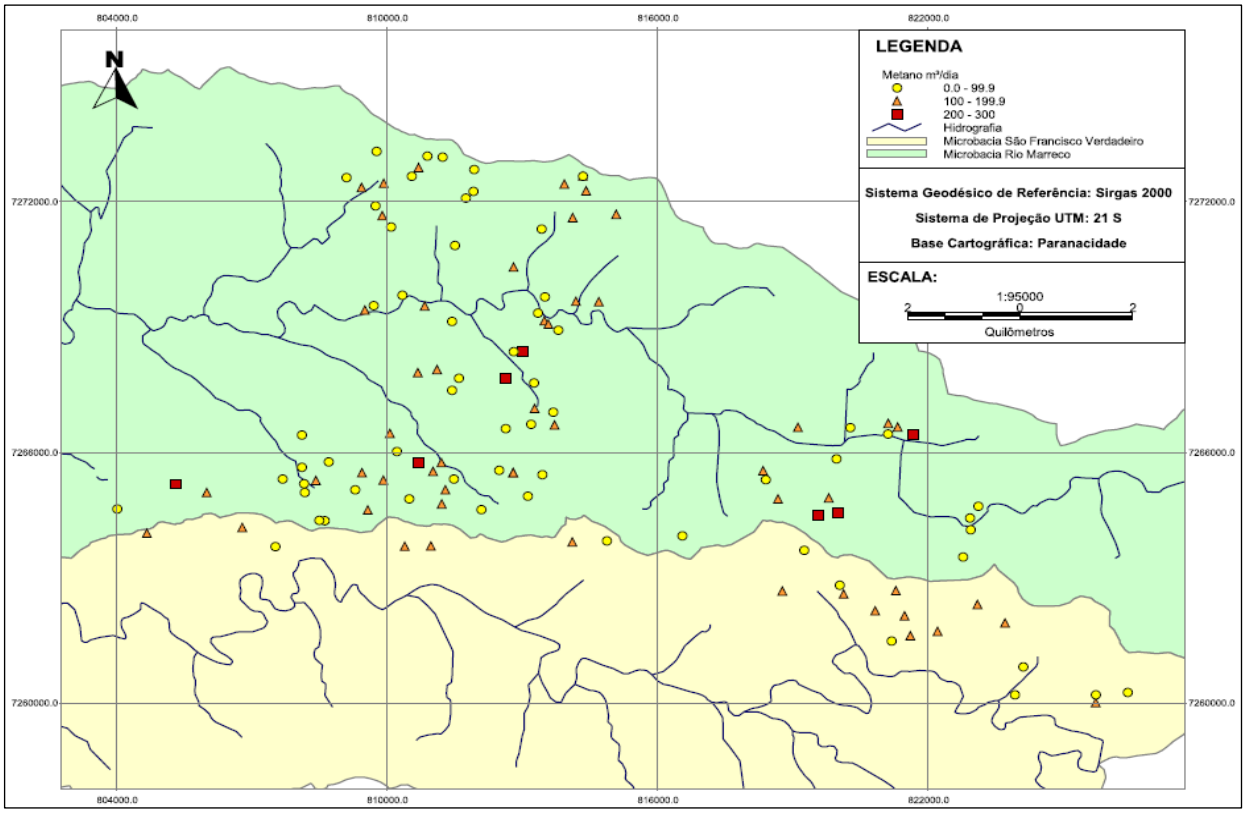


Figura 1 – Estimación da producción de metano.

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que hay una cantidad significativa de residuos que se producen diariamente en la cuenca, los cuales se tratados adecuadamente en digestores rurales pueden generar hasta 12.822 m³ / día de metano y este potencial puede permitir la implementación de proyectos de energía renovable. Es necesario tener en cuenta cómo se maneja el gas, considerando la cuenca hidrográfica en su totalidad o sólo parte de ella como una unidad de planificación, influye en la cantidad de metano producido y por lo tanto la identificación de los potenciales consumidores. Además de los beneficios económicos, esta práctica permite la generación de beneficios ambientales obtenidos con el tratamiento de los residuos, tales como la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la reducción de las fuentes de contaminación de los recursos suelo y agua, lo que permite mejores indicadores de salud región.

Se recomienda para futuros estudios evaluar la posibilidad de utilizar el metano como fuente de energía y la investigación de indicadores económicos generados por la sustitución de los principales costos de los insumos en el mercado.

REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE CARNE SUINA. **Produção Brasileira de Carne Suína. Disponível** em: <http://www.abipecs.org.br/> Acesso em: mai 2013.

CASSINI, S. T. Projeto PROSAB: **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás.** Rio de Janeiro: ABES, 2003.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from waste and renewable resources**. Wiley-VCH: Weinheim, 2008.

GERARDI, M. **The microbiology of anaerobic digesters**. New York: Wiley-Interscience, 2002.
SEGANFREDO, M. A. Gestão Ambiental na Suinocultura. Brasília, DF: Embrapa, 2007.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Paraná.** Disponível em: <http://www.iapar.br> Acesso em: mar 2013.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. Instrução Normativa IAP/DIRAM 105.006**: Licenciamento Ambiental de Empreendimentos de Suinocultura.** Curitiba, 2009.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4 – Agriculture, Forestry and Other Land Use.** Hayama: Institute for Global Environmental Strategies, 2006.

EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS FORESTALES DE LA ZONA CHAQUEÑA. DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DEL ASERRÍN DE QUEBRACHO COLORADO

Aeberhard, R. - Corace, J. - Martina, P.

G.I.D.E.R.- Grupo de Investigación y Desarrollo en Energías Renovables -
Departamento de Termodinámica y Máquinas Térmicas – Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional del Nordeste – Av. Las Heras 727 – 3500 – Resistencia - Chaco
Tel. 0362-4420076 – Email: raquelaeberhard@yahoo.com.ar

RESUMEN: Se presentan los primeros resultados obtenidos mediante una bomba calorimétrica de Mahler, utilizada para determinar el poder calorífico de muestras sólidas y líquidas. Para el montaje y calibración del dispositivo se tuvo en cuenta la Norma IRAM 17.016, ya que, previo a la utilización del equipamiento, se debió establecer la constante del aparato. Se ha determinado en forma experimental el poder calorífico del aserrín de madera de Quebracho Colorado (Schinopsis Balansae) y se comparó dicho valor con el poder calorífico obtenido en forma teórica a partir del análisis elemental y del análisis próximo o inmediato. Si bien existen discrepancias entre los resultados alcanzados, dichos valores se encuentran dentro de los intervalos de poder calorífico de materiales biomásicos que se encuentran en la bibliografía. La utilización del aserrín, como producto energético, constituye un recurso renovable y amigable con el medio ambiente que argumenta su estudio y desarrollo.

Palabras Clave: Poder Calorífico - Bomba calorimétrica - Biomasa - Combustibles Alternativos

Abstract: The aims of this paper is present the first results obtained using a Mahler bomb calorimeter, used to determine the calorific value of solid and liquid samples. For installation and calibration of the device was considered the IRAM 17016, since, prior to using the equipment, you should set the device constant. It has been experimentally determined the calorific value of wood sawdust Red Quebracho tree (Schinopsis Balansae) and compared this value with the calorific value theoretically obtained from elemental analysis and proximate or immediate analysis. Although there are discrepancies between the results obtained, these values are within the ranges of calorific value of biomass materials found in the literature. The use of sawdust, like energy product, is a renewable resource and environmentally friendly, they are basic elements which constitute their study and development.

Keywords: Calorific Power - Bomb Calorimeter – Biomass – Alternative Fuel

INTRODUCCIÓN

La Provincia del Chaco ha sido siempre una zona muy rica en recursos forestales. La gran mayoría de las maderas de la zona, se han utilizado desde el comienzo de la colonización

chaqueña para su uso en muebles, tirantes, durmientes (ferrocarril), pisos, machimbres, aberturas (puertas, portones y ventanas), madera para la construcción, etc.

Toda esta inmensa industria, que utiliza como materia prima la madera, es generadora de residuos como ser el aserrín, viruta, costaneros (pequeños trozos laterales que sobran luego de aserrar los troncos) o ramas de diferentes tamaños que quedan juntos a los árboles talados.

Estos amontonamientos de madera reseca, tienen el peligro permanente de producir incendios, así como también de ser refugio para pequeñas alimañas, roedores, depósitos de basuras y enfermedades.

Es por esta razón que el grupo GIDER (Grupo de Investigación y desarrollo en Energías Renovables) busca la forma de utilizar los residuos madereros de la región chaqueña, con la posibilidad de lograr a partir de ellos una fuente de energía barata, no contaminante, fácil de usar y que esté al alcance de todos.

Una forma de evaluar energéticamente un residuo es considerar, por una parte, su disponibilidad, que en el caso del aserrín es abundante en la zona chaqueña, y por otra conocer su poder calorífico.

Se puede estimar que la principal característica de un combustible es su poder calorífico, definido como la cantidad de calor que se obtiene mediante la combustión completa de la unidad de masa o volumen de un combustible, quedando los productos de la combustión a la temperatura a la que se encontraban inicialmente el combustible y el comburente, es decir que el poder calorífico es el calor de la reacción de combustión realizada a temperatura constante.

Al producirse la combustión se produce una transformación de energía química del combustible en energía térmica. Dicha energía térmica puede transferirse en forma de calor al medio si la combustión se realiza en un recinto no adiabático o bien puede incorporarse como energía interna térmica a los productos de la combustión si se realiza en un ambiente adiabático.

Los combustibles que se emplean en la práctica normalmente contienen hidrógeno combinado y muchas veces también humedad. El agua que produce el primero, más la que constituye la humedad pasan a formar parte de los productos de la combustión. Según las condiciones en que se realice la combustión, puede ocurrir que toda el agua que integra los productos de la combustión quede gaseosa, es decir en forma de vapor, o que toda el agua quede líquida o parcialmente líquida y parcialmente vaporizada (García, 2002). En cada uno de los casos la cantidad de calor que se obtendrá será diferente, se tendrá así una infinidad de poderes caloríficos, conjunto que tendrá dos valores extremos. Se define entonces como poder calorífico superior al correspondiente al caso en que toda el agua producto de la combustión queda líquida y como poder calorífico inferior al del caso en que toda el agua producto de la combustión queda gaseosa.

Los combustibles pueden ser quemados a presión o a volumen constante. El poder calorífico a presión constante de líquidos y gases se determina con el calorímetro de Junkers, dispositivo que fue diseñado y construido por el grupo GIDER, para determinar el poder calorífico del biogás (Martina et al., 2011).

En el presente trabajo se presentan los resultados obtenidos utilizando una bomba calorimétrica de Mahler, aparato utilizado para determinar el poder calorífico de sólidos y líquidos a volumen contaste.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Descripción del Equipamiento

La bomba calorimétrica de Mahler consiste básicamente en un recipiente o bomba donde se quema la muestra de combustible y una vasija calorimétrica que contiene una cantidad determinada de agua donde se sumerge la bomba, el termómetro y el agitador como se observa en las siguientes imágenes:

Foto 1: Vista exterior de la bomba calorimétrica

Foto 2: Vasija calorimétrica

La bomba se basa en un obús maquinado fabricado en acero inoxidable de 282ml de capacidad, con tapa roscada y cierre de 2 anillos tipo O'ring.

La bomba está diseñada para soportar ser llenada a presión con oxígeno puro mediante válvula reductora y manómetros de alta y baja presión. Además se tuvo en cuenta que su superficie interna no se vea afectada por los productos a ensayar ni por el proceso de combustión.

Para la corriente de encendido se contó con un dispositivo de ignición a batería de 12 voltios, pulsado manualmente, como se observa a continuación.

Foto 3: Batería y pulsador

Foto 4: Bomba calorimétrica y equipo de medición

Las temperaturas fueron obtenidas con sensores tipo Pt100 (resolución 0,01ºC).

Para realzar un ensayo se introduce en la bomba un peso conocido de combustible, luego se la carga con oxígeno a presión, se sumerge en el baño de agua y se cierra el circuito eléctrico de ignición que inflama el combustible. El calor liberado en la combustión eleva la temperatura de la bomba y del agua.

Conociendo la elevación de temperatura y los pesos y calores específicos de las distintas partes del dispositivo puede obtenerse el poder calorífico del material estudiado.

Ensayos y Cálculos Realizados

Determinación experimental del poder calorífico del aserrín

Previo a la realización de los ensayos se determinó el equivalente en agua E (capacidad calorífica de la bomba), utilizando una sustancia patrón, cuyo poder calorífico es conocido.

La sustancia utilizada para el cálculo de E fue ácido benzoico C_6H_5-COOH, cuyo poder calorífico es 26.550 joul/gr.

El valor calculado del equivalente en agua fue de: E = 1840,02 cal / ºC.

Una vez obtenido el equivalente en agua del calorímetro se procedió a determinar el poder calorífico del aserrín. Para ello se armó una pastilla, con el material a estudiar, sujetándola entre los 2 electrodos de platino mediante un alambre de Nicrome (80%Niquel-20%Cromo) de 0.35mm de diámetro. (Foto 5).

Foto 5: Cápsula de aserrín

Foto 6: Colocación de la cápsula en la bomba

Una vez introducida la cápsula en la bomba, (Foto 6) se cerró la tapa en forma manual y se ajustó mediante una llave de apriete. Se cargó el obús con oxígeno puro a presión = 20kg/cm2, venteando previamente el aire inicial para asegurarse que sólo quede oxígeno en el interior evitándose de esta manera la corrección por formación de ácido nítrico.

Para comprobar la hermeticidad del cierre del obús se lo sumergió en agua. Una vez preparada la bomba se la colocó en el recipiente calorimétrico rodeándolo con agua destilada hasta cubrirlo completamente. Se tapó el recipiente y se comenzó la agitación del agua para lograr una buena uniformidad de las temperaturas.

Foto 7: Inmersión de la bomba en agua destilada

Foto 8: Cierre del recipiente calorimétrico

Para finalizar se efectuó la conexión eléctrica (batería, amperímetro, pulsador). Se accionó el pulsador y se produjo la explosión del combustible dentro del obús, lo cual se observó, inmediatamente, con el aumento de la temperatura del agua que rodea a la bomba. Transcurrido un tiempo la temperatura comienza a descender levemente.

Se registraron los valores de temperatura cada minuto. Al finalizar el ensayo se destapó el obús y se midió el alambre de Nicrome que quedó sin quemar, para realizar la corrección del calor aportado por el alambre.

Por último se controló si la combustión fue completa, si quedaron cenizas y si se observaba agua líquida (microgotas, rocío) dentro de la bomba.

Con todas las lecturas realizadas se calculó el poder calorífico a través de la siguiente ecuación:

$$PCS = \frac{E.\Delta T - C_3}{m_c} \qquad (1)$$

Donde:

m_c = masa de combustible (aserrín) utilizado = 0.4537gr
Δt = variación de temperatura lograda en el ensayo = 1.10ºC
C_3 = corrección por el alambre de Nicrome utilizado = 36.8cal
E = equivalente en agua del calorímetro = 1840,02 cal / ºC

$$\Rightarrow PCS = \frac{E.\Delta T - C_3}{m_c} = 4380{,}03 Kcal / Kg$$

Dado que el valor obtenido en forma experimental mediante el calorímetro de Mahler es el poder calorífico superior en base húmeda (PCS_{bh}), se calculó el poder calorífico superior en base seca (PCS_{bs}) como:

$$PCS_{bs} = \frac{PCS_{bh}}{1 - \frac{H}{100}} = \frac{4380{,}03}{1 - \frac{11{,}82}{100}} = 4967{,}14 Kcal / kg \qquad (2)$$

Otra forma de estimar el poder calorífico de un combustible es utilizando fórmulas que lo expresan en función de las características físico-químicas del mismo.

Para poder corroborar los valores del poder calorífico se compararon los resultados obtenidos en forma experimental con los obtenidos a través de las ecuaciones de Dulong (Kollman, 1959) Francis y LLoyd (Díaz, 2008), Milne (Rabou et al.,2002) y Christensen (Rasmussen, 2004) en las que se calculó el poder calorífico en función del análisis elemental y el análisis inmediato. A continuación se expresan las ecuaciones utilizadas:

Ecuación de Dulong: $PCS = 8100.C + 34000(H - \frac{O}{8}) + 2500.S$ (3)

Ecuación de Francis y Lloyd: $PCS = 0{,}3578.C + 1{,}1356.H + 0{,}0594N - 0{,}0845.O - 0{,}974$ (4)

Ecuación de Milne: $PCS = 341.C + 1322.H - 120.O - 120.ON + 68{,}6.S - 15{,}3.CEN$ (5)

Ecuación de Christensen: $PCS = 348.C + 939.H + 105.S + 63.N - 108.O - 24{,}5.CH$ (6)

Donde: C, H, O, N, S, CEN, CH son los porcentajes de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno,azufre, cenizas y contenido de humedad, respectivamente.

En la tabla 1 se exponen los valores característicos del análisis elemental del aserrín de Quebracho colorado (Schinopsis Balansae):

Tabla 1: Análisis elemental. (Fuente: Ogara et al., 1987; Ernitz 1961)

Análisis Elemental (% p/p en base seca)			
C	H	O	N
52,7	5,8	40,2	0,2

Con los datos de la tabla 1 y las ecuaciones (3), (4), (5) y (6) se obtuvieron los siguientes resultados:

$PCS_{Dulong} \Rightarrow 4535 kcal/kg$

$PCS_{FrancisyLloyd} \Rightarrow 5037 kcal/kg$

$PCS_{Milne} \Rightarrow 4958{,}3 kcal/kg$

$PCS_{Christensen} \Rightarrow 4581{,}6 kcal/kg$

Análisis próximo o Inmediato del Aserrín de Quebracho colorado

El análisis próximo o inmediato, comprende la obtención del contenido de Humedad, Cenizas, Materia Volátil y Carbono Fijo, y depende de una serie de ensayos, tanto directos como indirectos, que permiten obtener sus valores.

Para obtener el contenido de humedad (**CH)** se depositó la muestra de aserrín en una estufa a 105 ºC hasta que su peso permaneció constante, es decir, libre de agua y se calculó mediante fórmula el valor buscado.

Para obtener las materias volátiles (**MV)**, compuestas por la combinación de hidrógeno, carbono, y otros gases, se colocó la muestra seca en la mufla eléctrica a 550 ºC hasta que no hubo diferencia de peso entre dos pesadas consecutivas. Finalmente se obtuvo las materias volátiles conociendo los pesos seco y secado a 550ºC.

Para obtener las cenizas (**CEN)**, residuo incombustible, se continuó la quema a una temperatura de 850 ºC hasta que su peso permaneció invariable y, con estos datos, se calculó el dato esperado.

Finalmente el porcentaje de carbono fijo (**CF**) se determinó restando a 100 la suma de los porcentajes de materias volátiles y cenizas,

$$\Rightarrow \quad CF = 100\% - (MV + CEN) \qquad (2)$$

Los resultados del análisis próximo o inmediato se exponen en la tabla 2:

Tabla 2: Análisis próximo o inmediatos

ANÁLISIS INMEDIATO	Base seca	Base húmeda
Humedad Total (%)	------	11,82
Materias Volátiles (%)	62,7	55,3
Carbono Fijo (%)	34,5	30,41
Cenizas (%)	2,8	2,47

Este estudio permitió deducir el porcentaje de biomasa en la que se encuentra almacenada su energía química, como la materia volátil y el carbono fijo, y la fracción inactiva en el caso de las cenizas.

CONCLUSIÓN

Se ha obtenido el poder calorífico del aserrín de madera de Quebracho Colorado (Schinopsis Balansae) utilizando una bomba calorimétrica de Mahler.

Para confirmar el valor del poder calorífico logrado en forma experimental, se lo comparó con el poder calorífico calculado en forma teórica a partir de ecuaciones empíricas expresadas en función del análisis elemental y del análisis próximo o inmediato.

Las diferencias entre los valores calculados y el obtenido calorimétricamente están dentro de los rangos aceptados, según la biliografía. Estas diferencias se deben principalmente al contenido de oxígeno que es además, en algunas especies, muy variable. Para algunas maderas las discrepancias llegan a ser del 10 al 15% (Kollman. 1959). Los datos alcanzados se consideran satisfactorios, teniendo en cuenta que son los primeros resultados logrados con la bomba calorimétrica de Mahler.

Se observó que el poder calorífico superior en base húmeda (PCS_{bh}), es menor que el poder calorífico superior en base seca (PCS_{bs}). Este comportamiento era de esperar, ya que parte del calor se pierde al evaporar el agua, por lo que cuanto más seca está la muestra, más energía se puede obtener de ella.

El aserrín es uno de los desechos originado en la industria maderera de mayor impacto ambiental. Generalmente este residuo no es utilizado en forma apropiada y su acumulación ocupa un espacio físico importante dentro de los lugares de trabajo, tornándose inclusive peligroso.

Los resultados alcanzados durante los ensayos con aserrín de madera de Quebracho Colorado (Schinopsis Balansae), permiten inferir que la utilización de este producto, como alternativa para la producción de energía, mejoraría no sólo las condiciones ambientales y de seguridad sino también aportaría una solución a la industria de la madera.

REFERENCIAS

Christensen, T. H., 1998 ed., Affaldsteknologi (in Danish), 2nd edition, Ingeniøren bøger, , ISBN 87-571-2148-6.

Díaz R., 2008. Caracterización energética del Bagazo de Caña de Azúcar del Ingenio Valdez. Ecuador. Curso Internacional "Producción y Aprovechamiento Energético de Biomasa". Septiembre de 2008. Riobamba – Ecuador.

Ernitz A. 1961. Manual de Maderas. Editorial Alsina. Buenos Aires. ISBN: 9789505530038. p.58.

García, C., (2002) Termodinámica Técnica, Editorial Alsina, pp. 336.

Kollmann F, 1959 Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Springer Verlag, Berlin,. Tecnología de la Madera y sus Aplicaciones. pp 260-281

Márquez F. Cordero T., Rodríguez J., Rodríguez J. 2001 Estudio Del Potencial Energético De Biomasa Pinus Caribaea Morelet Var. Caribaea (Pc) Y Pinus Tropicalis Morelet (Pt); Eucaliptus Saligna Smith (Es), Eucalyptus Citriodora Hook (Ec) Y Eucalytus Pellita F. Muell (Ep); De La Provincia De Pinar Del Río. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 7(1):pp: 83-89.

Martina P., Aeberhard R. Corace J., García Solá. E., (2011). Diseño y Construcción de un Calorímetro de Junkers para Determinación del Poder Calorífico del Biogás. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol 15, ISSN 0329-5184

Norma IRAM 17016, Método de Determinación del Poder Calorífico.

Ogara, M.R., Berset, A., Gronhut, E. 1987. La biomasa forestal como fuente de energía. Sistemas y posibilidades. 11 Jornadas Mes Forestal de Entre Ríos. Concordia. 4.1 - 4.34.

Rabou L., Van der Drift A., Van Doorn J., 2002. Analysis of biomass data in ECN database Phyllis, ECNRX- 02-014. June, Amsterdam, the Netherlands.

Rasmussen A., 2004. Final report Waste Incineration.Thesis to obtain the Master of Science. Deparment of Chemical Engineering of University of Denmark, 2004.

Relova I., Hernández E., García J., Cándano F., Coro R., Fernández L. 2000. Potencial de aserrín de la industria del aserrado de *Pinus Caribaea var. Caribaea* con fines energéticos Centro de Información y Gestión Tecnológica. CIGET Pinar del Río. Vol. 2, No.1 enero-marzo, 2000. ISSN 1562-3297

ANÁLISIS ENERGÉTICOS EN AGROECOSISTEMA LECHERO EN BRASIL Y NUEVA ZELANDIA: IMPORTANTE HERRAMIENTA PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS SUSTENTABLE

SILVA, MARÍSIA CRISTINA[1]; BUENO, OSMAR DE CARVALHO[1]; ROSIN, CHRISTOPHER[2]

1. Facultad de Ciencias Agronómicas – Unesp. Calle José Barbosa de Barros nº 1780 Jardín Paraíso Botucatu/SP, teléfono: (14) 38117193
2. Universidad del Otago. P.O Box 56, Dunedin 9054, New Zealand, teléfono: Tel. (64) 3 479 5220.
mcsilva@fca.unesp.br, osmar@fca.unesp.br, chris.rosin@otago.ac.nz

RESUMEN: La pecuaria lechera promueve considerables impactos en el medio ambiente. Con eso se hace necesario el desarrollo de tecnologías e investigaciones para promover la reducción de eses impactos. Una de las maneras de proporcionarse la gestión sustentable de la actividad lechera se efectiva en estudios de análisis energéticos. Esto se presenta como importante herramienta en la evaluación de los actuales itinerarios técnicos presentes en el agroecosistema lechero, siendo así un indicador de sustentabilidad. El objetivo del presente trabajo es presentar y discutir la importancia de estudios conjuntos entre Brasil y Nueva Zelandia, enfocando el análisis energético en sistemas de producción lechera como una herramienta capaz de destacar la dependencia de los agroecosistemas lecheros por la energía externa y de fuentes no renovables, particularmente de fuentes fósiles. Se ha realizado una práctica en la ciudad de Dunedin, Nueva Zelandia, en el Centre of Sustainability: Agriculture, Food, Energy and Environment (CSAFE)/University of Otago, para conocer el sistema de producción lechera del país. Con la realización de revisión de literatura y visitas a propiedades rurales, se conoció el sistema de producción lechera del país y el impacto ambiental que él proporciona al medio ambiente. Se puede afirmar que hay en Nueva Zelandia, así como en Brasil, la necesidad de la búsqueda de alternativas productivas más sustentables para los productores de leche bovino. La realización de estudios de análisis energético, como un indicador de sustentabilidad para el sistema de producción lechera, se hace necesaria. Así, con la utilización de esa herramienta, alternativas para una producción de leche con menos impacto ambiental pueden ser alcanzadas en los dos continentes, proporcionando la ampliación de posibilidades para una producción más sustentable.

Palabras clave: balanceo energético, fuentes alternativas de energía, ganado lechero

ABSTRACT: The dairy farming practice promotes considerable impacts on the environment. It makes necessary the development of new technologies and studies in order to decrease these impacts. Studies on energy analysis have been provided a sustainable management of dairy, thus, becoming more effective nowadays and, therefore an indicator of sustainability. The aim of this paper is to present and discuss the importance of studies in partnership between Brazil and New Zealand, focusing on energy analysis of milk production systems as a tool to highlight the dependence of external energy and non-renewable energy in dairy agro-ecosystems, especially fossil sources. A short-term internship was done at the Centre of Sustainability: Agriculture, Food, Energy and Environment (CSAFE) / University of Otago, located in Dunedin/New Zealand, in order to better understand the dairy

farming systems in the country. Literature review and field trips helped to trace the scenario and better understand the current condition of milk production in the country. Furthermore, it was visible the impact of this activity on the environment in New Zealand, as it occurs in Brazil. Thus, it can be inferred that there is a strong need for seeking for sustainable techniques in order to help dairy farmers to preserve the environment. Energetic analysis studies are necessary and can be used as a sustainability indicator for the dairy production, providing farmers from New Zealand and Brazil another tool for a “greener” milk production, that means, with less environmental impacts.

Keywords: balancing energy, alternative energy sources, dairy cattle

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos y materias primas es considerada uno de los mayores desafíos de la actualidad. De acuerdo con la FAO, se calcula para el año de 2050 una población mundial de 9 mil millones de personas. Para que el fornecimiento de alimentos sea eficiente y real, la producción de alimentos tendrá que crecer 70% y los impactos generados por la actividad agrícola serán todavía más intensos, provocando erosión del suelo, polución de aguas dulces y generación de residuos. Vale resaltar que la demanda global de energía irá aumentar 36% en 2035[1].

La pecuaria lechera promueve impactos considerables, tales como la degradación de áreas verdes provenida del superpasto; eliminación de estructuras ambientales que producen servicios esenciales; utilización no eficiente de recursos naturales y de insumos agrícolas; utilización poco eficiente del agua; emisión de gases de efecto invernadero y el uso no eficiente de energía. Con eso se hace necesario el desarrollo de tecnologías e investigaciones para promover la reducción de eses impactos.

De esa manera particular, se observa que en las actividades agropecuarias, bien como en la actividad lechera, fuentes energéticas de origen no renovable son utilizadas, destacándose por ejemplo, los fertilizantes industriales y el gasóleo. La utilización de esas fuentes tiene por objetivo alcanzar la producción de leche en cantidad y calidad suficiente para mantener altos índices de productividad, generando así renta al sector en ámbito mundial, nacional y regional (SILVA et al. 2011).

Una de las maneras de proporcionarse la gestión sustentable de la actividad lechera en los países productores, por cuenta de diversos aspectos, tales como, la utilización de insumos de origen fósil, por ejemplo, se efectiva en estudios de análisis energéticos. La realización de análisis energéticos referentes a la actividad lechera como un todo se presenta como importante herramienta en la evaluación de los actuales itinerarios técnicos para los fines de soporte en la evaluación de los sistemas de producción, siendo así un indicador de sustentabilidad. Además de eso, fornece subsidios para evaluar, de manera más profundizada, la actual perspectiva de utilización, de las entradas y salidas energéticas; inputs y outputs respectivamente; y el nivel de dependencia energética del agroecosistema lechero (SILVEIRA, 2010).

El objetivo del presente trabajo es presentar y discutir la importancia de estudios conjuntos entre Brasil y Nueva Zelandia, enfocando el análisis energético en sistemas de producción lechera como una herramienta capaz de destacar la dependencia de los agroecosistemas lecheros por la energía externa y de fuentes no renovables, particularmente de fuentes fósiles.

[1]Agricultura es la clave para tratar necesidades de agua y energía en el futuro. Disponible en: <https://www.fao.org.br/actnaef.asp>. Acceso en: 29 mayo 2013.

MATERIAL Y MÉTODOS

Fue realizado en el primero semestre de 2013, una práctica en el extranjero, en la ciudad de Dunedin, Nueva Zelandia, en el período de 02 de febrero hasta 31 de julio en el Centre of Sustainability: Agriculture, Food, Energy and Environment (CSAFE)/University of Otago, con el apoyo del ARGOS (Agriculture Research Group on Sustainability). La práctica tuvo como finalidad conocer el sistema de producción lechera de Nueva Zelandia, privilegiando el enfoque en la dependencia de la utilización de insumos externos, particularmente aquellos oriundos de energía no renovable, con destaque para los derivados del petróleo.

Se conoció el sistema de producción lechera del país y el impacto ambiental que ello proporciona al medio ambiente, mediante revisión de literatura y visitas a propiedades rurales. El enfoque en la dependencia de la utilización de insumos externos oriundos de energía no renovable fue presentado por intermedio tanto del conocimiento de diversas investigaciones, realizadas y en andamiento, junto al CSAFE, cuanto de la lectura y discusión de artículos científicos relacionados al tema, que fueron seleccionados a lo largo de la práctica. Así, se hizo posible iniciar una discusión sobre la dependencia energética de los agroecosistemas lecheros.

LA LECHE Y SU IMPORTANCIA EN LA ALIMENTACIÓN HUMANA

El ritmo intenso de la vida moderna es cada vez mayor y esto viene trayendo la drástica y acelerada modificación de los hábitos cotidianos mundiales. Este fenómeno ha sido observado particularmente en los patrones de alimentación humana y, como consecuencia, ha sido observado el surgimiento de nuevas enfermedades y la caída de la calidad de vida de la población en general. En la mayor parte de las veces, la solución para eses problemas ha sido encontrada en la adopción de una alimentación más natural y equilibrada.

Este nuevo referencial alimentar debe garantizar al organismo los nutrientes necesarios para soportar la carga de actividades diarias, reequilibrando el organismo. Dentro de este referencial puede ser destacado, como uno de los principales alimentos, la leche y sus productos derivados. La principal característica de la leche, como alimento humano, es su alto valor nutritivo. Además de eso, la producción lechera es históricamente considerada una de las principales actividades económicas de la agropecuaria. En términos de la producción lechera como actividad económica, mientras todo, aquí también se ha verificado los efectos del fenómeno de la globalización de la economía mundial.

Este fenómeno ha determinado significativos cambios estratégicos en las organizaciones, de manera especial, de las empresas agropecuarias productoras de leche, bien como en las respectivas estructuras de producción lechera (RANGEL, 2005).

La adecuación de estas estructuras a las nuevas exigencias del mercado constituye garantía de sobrevivencia en ambientes de competición elevada. Uno de los principales ejemplos de esta adecuación es el abordaje de las distintas actividades económicas por intermedio del concepto de “cadenas productivas”[2].

PRODUCCIÓN DE LECHE EN EL MUNDO, BRASIL Y NUEVA ZELANDIA

La producción mundial de leche de vaca aumentó significantemente en el período de 1990 hasta 2011, de acuerdo con la Food and Agriculture Organization of the United Nations/ FAOSTAT.

---

[2] Sistema de flujos de materiales, informaciones y capital, de transacciones, y de eslabón entre los diversos segmentos económicos relacionados a una determinada actividad económica en específico (Insumos↔Propiedad↔Indústria↔Venta por mayor↔Venta por menor↔Consumidores), cf. CASTRO (2010).

Tabla 1. Producción mundial de leche de vaca – 1990/2011

Años	Volumen producido (toneladas)
1990	479.064.477,10
1995	464.336.027,17
2000	490.145.940,46
2005	545.594.860,06
2010	597.608.883,10
2011	**606.660.838,70**

Fuente: FAO/Faostat (2013)

En el ranking mundial, Brasil está entre los diez mayores productores de leche de vaca. En 2003, la producción nacional de leche alcanzó el marco de 23,3 mil millones de litros, lo que representa aproximadamente 6% de la producción mundial, según dados de la FAO (2004). De acuerdo con la FAO, apud Embrapa Gado de Leite (2012), Brasil fue el quinto productor mundial en 2010, seguido de Alemania, Francia y Nueva Zelandia, este último país, a la vez, conquistó la octava posición.

Tabla 2. Principales países productores de leche en el mundo – 2010

	Países	Volumen producido (toneladas)	% del total
1º	**Estados Unidos de América**	87.461.300	14,6
2º	**India**	50.300.000	8,4
3º	**China**	36.022.650	6,0
4º	**Rusia**	31.895.100	5,3
5º	**Brasil**	31.667.600	5,3
6º	**Alemania**	29.628.900	4,9
7º	**Francia**	23.301.200	3,9
8º	**Nueva Zelandia**	17.010.500	2,8
9º	**Reino Unido**	13.960.000	2,3
10º	**Turquía**	12.480.100	2,1

Fuente: FAO/Faostat. Adaptado.
Elaboración: Embrapa Gado de Leite
Atualización: febrero/2012[3]

Entre los 10 mayores productores mundiales, los aumentos más considerables de la producción ocurrieron en China 9,1%, Brasil 8,0%, Índia 6,5% y Nuva Zelandia 5,6%. Según la FAO, en 2010 la producción brasileña fue de 29,8 millones de toneladas, lo equivalente a 4,2% de la producción mundial.

Es evidente la importancia de la participación de la pecuaria brasileña (total) en el PIB (Producto Interno Bruto) del país. Ese facto puede ser observado por intermedio del análisis de los diversos sectores de la economía: el mayor crecimiento en 2006 ocurrió en la agropecuaria (3,2%), seguido de la industria (3%) y de los servicios (2,4%). El consumo de las familias aumentó 3,8%, mientras el consumo del gobierno aumentó 2,1% en el año (JORNAL ESTADO DE SÃO PAULO, 2007) [4]

[3]Principales países productores de leche en el mundo – 2010. Disponible en: <http://www.cnpgl.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/producao/tabela0212.php>. Acceso en: 06 mayo. 2013.
[4] Periódico Estado de São Paulo. Disponible en: < http://www.estadao.com.br/busca/consumo>. Acceso en: 14 dic. 2012.

A respecto de la producción de leche de Nueva Zelandia, vale destacar que este país presenta alrededor de 4 millones de personas y 3,9 millones de vacas que alcanzan la producción de 14 millones de toneladas de leche a cada año (BASSET-MENS *et al.* 2009).

El Instituto de Investigación Económica de Nueva Zelandia, estima que el sector, incluyendo actividades como marketing, comercio y transportes, contribuya con alrededor de 2,8% para el PIB de Nueva Zelandia y 10,4 mil millones con exportación de leche. Vale resaltar que el mayor porcentaje de producción de leche para exportación en Nueva Zelandia es transformada en productos lácteos, siendo que alrededor de 5% restante es vendido en el mercado interno de leche líquido[5].

Actualmente el país está entre los mayores exportadores de leche del mundo, respondiendo por alrededor de 30% del comercio internacional de lácteos. La industria de lácteos neozelandesa procesó, en 1998, 10.651 mil millones de litros de leche. De este total, alrededor de 95% del volumen fue para el mercado externo. Nueva Zelandia presenta más de 3 millones de vacas en lactación, distribuidas en un espacio con 1,2 millones de hectáreas (NEIVA, 2005).

IMPACTOS AMBIENTALES PROVENIDOS DE LA ACTIVIDAD LECHERA

Los principales problemas ambientales asociados al agroecosistema de producción lechera, tanto en Brasil como en Nueva Zelandia, están relacionados con la polución de aguas, atmosférica y la biodiversidad. La polución de aguas resulta de la eliminación no apropiada del estiércol y del uso de fertilizantes para la producción de forraje para alimentación del rebaño. Los nutrimentos del estiércol, principalmente el nitrógeno y el fósforo, son componentes significativos en la polución por la agricultura de las aguas de superficie, aguas subterráneas y aguas marítimas, perjudicando los ecosistemas. Los cuerpos acuáticos también pueden ser afectados por los efluentes orgánicos y patógenos contenidos en el estiércol (OECD, 2004).

De acuerdo con Barbosa (2001), la cantidad de residuos generados en la producción lechera es bien relevante, destacándose las heces producidas por los animales, bien como el agua utilizada para limpieza de las instalaciones. Como la concentración de heces es alta, ella se configura como un serio problema ambiental, haya vista que casi siempre no reciben tratamiento adecuado en las propiedades. El autor resalta, incluso, que de acuerdo con datos de Embrapa/ Gado de Leite, las heces y la orina de los animales son la mayor fuente contaminante de los recursos hídricos, excediendo la deyección generada por las industrias.

Las cantidades de nutrientes, así como la carga orgánica de la deyección, cuando dispuestos de manera no adecuada pueden causar grande impacto por sobrecargar de nutrientes el suelo (principalmente N y P), que son lixiviados y pueden motivar la eutrofización de los cuerpos de agua (LUCAS JR., AMORIM, 2005).

Eses efluentes oriundos de la producción animal proporcionan perjuicios ambientales gravísimos por no recibir tratamiento y manejo adecuado. Pero, cuando manejados de manera correcta, pueden constituir importante herramienta para una producción más sustentable, convirtiéndose en insumos (CAMPOS A.T 2001).

Souza et al. (2012) apuntan la importancia de la construcción de nuevos esterqueros y la posibilidad de implantación de composteras o de biodigestores, siendo ellos una alternativa sustentable, presentando inúmeras ventajas al productor y al medio ambiente, como por ejemplo, la obtención de biofertilizante que actuará como correctivo y condicionador del suelo, así

[5]Ministry for Primary Industries. Dairy. Disponible en: <http://www.mpi.govt.nz/agriculture/pastoral/dairy.aspx> Acceso en: 16 mar. 2013.

reduciendo la demanda de fertilizantes derivados del petróleo. La utilización del biodigestor también se presenta como fuente alternativa de energía de bajo costo, reduciendo así los costos con energía eléctrica y mejorando la calidad de vida del productor, además de disminuir la emisión de gases contaminantes en la atmósfera.

INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

Un indicador es una herramienta que permite la obtención de informaciones sobre una determinada realidad (Mitchell, [1997?]).

De acuerdo con Hammond et al. (1995), los indicadores pueden comunicar, bien como, informar sobre el progreso rumbo a una determinada meta, como por ejemplo, el desarrollo sustentable. Los autores resaltan que los indicadores también pueden ser entendidos como un recurso que deja más perceptible una tendencia o fenómeno que no sea inmediatamente detectable.

Pero se puede decir que los indicadores son medidas de la condición, de los procesos, de la reacción o del comportamiento de los sistemas complejos que pueden fornecer una confiable síntesis. Las relaciones entre los indicadores (conjunto de indicadores) y el patrón de respuestas de los sistemas puede permitir la previsión de futuras condiciones (AUSTRALIAN DEPARTMENT OF PRIMARY INDUSTRIES AND ENERGY, 1995).

Para identificar la sustentabilidad de un sistema, se debe determinar un conjunto de factores (económicos, sociales, ambientales, entre otros). Mientras todo, para que la evaluación sea realizada, se debe utilizar siempre un conjunto de indicadores (BOUNI, 1996).

La cantidad de indicadores que formarán el conjunto y los factores a seren considerados como prioritarios son aspectos que deben ser determinados por los principios de sustentabilidad que están en la base del proceso (MARZALL, 1999).

Así, Camino; Muller (1993) afirman que un indicador de sustentabilidad debe inicialmente referirse a los elementos relativos de la sustentabilidad de un sistema.

De acuerdo con Silva; Bueno (2012), realizando el análisis energético como un esencial indicador de sustentabilidad, se puede identificar la dependencia energética de fuentes no renovables en el agroecosistema y así buscar alternativas productivas basadas en los conceptos de sustentabilidad, permitiendo que el uso racional de los recursos no renovables - que están cada vez más escasos en la naturaleza - sea realizado conscientemente.

DEPENDENCIA DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN INSUMOS EXTERNOS DE FUENTES NO RENOVABLES

De manera particular, Silveira (2010) comenta que tanto en la producción de leche, como en muchas de las actividades agropecuarias, fuentes energéticas de origen no renovable han sido frecuentemente utilizadas como, por ejemplo, fertilizantes, herbicidas y el o diesel.

Basso (2007) afirma que el agroecosistema lechero es altamente dependiente de la energía de origen industrial, debido a la utilización de energía eléctrica y de fertilizantes. La autora resalta, incluso, que para producir una unidad energética de leche es necesaria la entrada de 1,75 unidades calóricas, en media, y la producción de leche del punto de vista energético es dependiente, en 18,22%, de las fuentes no renovables de energía.

De acuerdo con Costa (2010), que estudió la eficiencia energética y económica de la producción de leche bovino, la disponibilidad futura de recursos es de creciente preocupación,

pues varía inversamente con el ritmo de explotación; luego, el ajuste de recursos como agotable, y muchas veces no renovables, presupone la posibilidad de una escasez futura.

Del punto de vista de la sustentabilidad, en los agroecosistemas las fuentes energéticas utilizadas pueden ser limitantes. Pueden ser renovables o no, y pueden ser contaminantes o no para el medio ambiente (BASSO, 2007).

Con la evaluación energética del agroecosistema lechero, se puede verificar el nivel de dependencia de ese sistema, bien como, las diferentes formas de energía, comprendiéndose mejor las necesarias adecuaciones en la conducción de la actividad en relación a los dispendios energéticos (SILVEIRA, 2010).

AGROECOSISTEMA Y ANÁLISIS ENERGÉTICO

Según Gliessman (2005), un agroecosistema es un área de producción agrícola, es decir, una propiedad y que es entendida como un ecosistema. Así, el concepto de agroecosistema para el autor está basado en principios ecológicos y en el entendimiento de los ecosistemas naturales, además de propiciar estructura con la cual, posteriormente, se puede analizar los sistemas de producción de alimentos como un todo, incluyendo sus conjuntos complejos de insumos y producción y las interconexiones entre las partes que lo componen.

De acuerdo con Altieri e Yurjevic (1991), en un agroecosistema, pueden estar envueltos los elementos y/o factores externos a las unidades de producción, que pueden influenciar y/o determinar su dinámica, como por ejemplo, las industrias de insumos.

De acuerdo con Bueno (2002), el análisis energético puede ser entendido como un proceso de evaluación de las “entradas” (inputs) y de las “salidas” (outputs) de energía de los agroecosistemas.

A su vez, Risoud (2000) afirma que el análisis energético es un método que puede evaluar la sustentabilidad de la agricultura además de presentar la complementación entre culturas agrícolas y producción animal.

Destacando la importancia del análisis energético, Risoud (1999) afirma que el análisis energético del sector agrícola puede ser presentado en diferentes escalas, desde países como un todo, pasando por cadenas agro-alimentares específicas de explotación agrícola, hasta por itinerario técnico por producto.

Delante de eso, el balance energético traduce en unidades o equivalentes energéticos los factores de producción, bien como los consumidores intermediarios, presentando indicadores comparables entre ellos, que potencialmente puede permitir la intervención en el sistema productivo visando mejorar la eficiencia de este (BUENO, CAMPOS, 2000).

La percepción de la importancia y utilidad del balance de energía ha hecho con que varios investigadores, en todo el mundo, utilicen de ese instrumento para evaluación de sistemas y actividades agrícolas en las más diversas proporciones, con distintas fronteras del sistema (CAMPOS, 2001).

El análisis energético en agroecosistemas se hace necesario para identificación de las fuentes energéticas y posteriormente dimensionar el impacto ambiental que esas fuentes pueden causar (Silva, Bueno, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Del punto de vista energético y socioeconómico, se puede afirmar que hay en Nueva Zelandia, así como en Brasil, la necesidad de la búsqueda de alternativas productivas más sustentables para los productores de leche bovino. La realización de estudios de análisis energético, como un indicador de sustentabilidad para el sistema de producción lechera, se hace necesaria tanto en Brasil, con sus sistemas y sus particularidades, cuanto en Nueva Zelandia. La dependencia de los agroecosistemas de energía externa y de fuentes no renovables, particularmente de fuentes fósiles, puede ser estudiada más profundamente, aprovechándose las sinergias entre los dos países y, así, podrán ser formuladas propuestas alternativas de producción de leche bovino con menor dependencia de insumos externos.

En Brasil, poca atención se ha dado a las formas y caminos con que los flujos energéticos se distribuyen en los sistemas productivos. En la agropecuaria, se ha dado atención a las nuevas fuentes de energía (biomasa) o a la tecnología alternativa, pretendiendo la racionalización del uso de energía fósil. Sin embargo, la agricultura se ha desenvuelto basada fuertemente en la utilización intensiva de fertilizantes derivados del petróleo en los agroecosistemas, bien como de combustibles fósiles para máquinas agrícolas (CAMPOS; CAMPOS, 2004).

Silva et al. (2011) apuntan que con la búsqueda por la obtención de esa maximización de la producción de leche hubo la generación de impactos ambientales. Así, hay la necesidad de desarrollar técnicas que favorezcan la realización de sistemas de producción lechera más sustentables, respetando los pilares de la sustentabilidad: económico, ambiental, social y cultural.

Los análisis energéticos referentes a la actividad lechera como un todo, se presentan para los fines de soporte a la evaluación de las formas de producción. Además de eso, fornecen subsidios para evaluar, de manera más profundizada, el actual nivel de utilización, de las entradas y salidas energéticas, inputs y outputs respectivamente, y el nivel de dependencia energética del agroecosistema lechero (SILVEIRA, 2010).

Parece evidente la importancia de la realización de estudios conjuntos con análisis energético de sistemas de producción de bovinos de leche entre Brasil y Nueva Zelandia para fines de evaluación y comparación de los sistemas presentes en ambos países. Llevando en consideración que Brasil presenta clima, suelo, pluviometría y principalmente “grados/día” en términos de temperatura, mejores si comparados con Nueva Zelandia, se sabe que los sistemas pueden presentarse diferentemente, pero proporcionando impactos ambientales semejantes oriundos de la actividad lechera.

De esa manera, la práctica de la agricultura sustentable puede, de verdad, contribuir para la minimización de los impactos al medio ambiente. Pero, todavía es evidente la dependencia de los agroecosistemas en energía externa no renovable, lo que muestra la necesidad de la realización de análisis energético, un indicador de sustentabilidad, con el objetivo de estimar esa dependencia a los productores y así reforzar la idea de adopción de tecnologías más sustentables del punto de vista ambiental, económico, social, bien como, cultural.

CONCLUSIÓN

Delante del expuesto se concluye que la intensidad de los impactos provocados por la agricultura moderna que busca siempre atingir la producción de alimentos en ancha escala, necesita difundir una agricultura más sustentable en el mundo, destacando Brasil y Nueva Zelandia como países que están entre los 10 mayores productores mundiales de leche, pudiendo presentar sistemas de producción más sustentables, a través de incentivos de políticas públicas, investigaciones desarrolladas en Universidades, Institutos de investigación, bien como, en

sociedades internacionales, estas pudiendo proporcionar soporte para una gestión ambiental eficiente en ambos países.

Con eses análisis es posible identificar la dependencia de fuentes energéticas que estes sistemas presentan y así buscar alternativas productivas que se basan en los conceptos de sustentabilidad y que posibiliten la utilización, de forma racional, de recursos en Brasil y Nueva Zelandia, pudiendo ser un ejemplo para os demás países productores de leche.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo por financiamiento del proyecto de investigación de doctorado en andamiento, así como por la práctica en el extranjero. “grant: 2011/02319-9”, São Paulo Research Foundation (FAPESP).

Al Centre of Sustainability: Agriculture, Food, Energy and Environment (CSAFE)/Otago University por la realización de la práctica en el extranjero y por la futura sociedad iniciada con esa oportunidad.

Al ARGOS (Agriculture Research Group on Sustainability) por la colaboración.

REFERENCIAS

ALTIERI, M. A., YURJEVIC, A. 1991. La agroecologia y el desarrollo rural sostenible en America Latina. agroecologia y desarrollo. Santiago, v.1. Disponível em: <http://www.google.com.br/search?sourceid=navclient&hl=pt-BR&ie=UTF-8&rlz=1T4RNTM_pt-BRBR368BR369&q=La+agroecologia+y+el+desarrollo+rural+sostenible+en+America+Latina.+Agroecologia+y+Desarrollo.+>. Acesso em: 10 jun. 2013.

AUSTRALIAN DEPARTMENT OF PRIMARY INDUSTRIES AND ENERGY. 2013. A Survey of work on sustainability indicators. Disponível em: <http://www.dpie.gov.au/dpie/cpd/survey_a. html>. Acesso em: 10 jun. 2013.

BARBOSA, P. F. (et. al). 2013. Importância econômica”. Embrapa Gado de Leite. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteSudeste/importancia.html>. Acesso em: 10 jun. 2013.

BASSET-MENS, C.; LEDGARD, S.; BOYES, M. 2009. Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. Ecological. v. 68, p. 1615-1625.

BASSO, Z. F. C. **2007.** Análise energética da produção de leite bovino em explorações familiares na região de Botucatu-SP. Botucatu, 108p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) – Universidade Estadual Paulista (UNESP).

BEBER, J. A. C. 1989. Eficiência energética e processos de produção em pequenas propriedades rurais. 295 f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Universidade Federal de Santa Maria (RS).

BUENO, O. C.; CAMPOS A. T. 2000. de. Balanço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo. In: AVANCES EN INGENIERÍA AGRÍCOLA, 2000, Buenos Aires. Anais... Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, p. 477- 482.

BUENO, O. C. 2002. Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural, Itaberá/SP. Botucatu, 146p. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) – Universidade Estadual Paulista (UNESP).

COMITRE, V. 1993. Avaliação energética e aspectos econômicos da filière soja na região de Ribeirão Preto - SP. 1993. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CAMINO, R.; MÜLLER, S. 1993. Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para estabelecer indicadores. San José: IICA, 134p. (Série Documentos de Programas IICA, 38).

CAMPOS, A. T; CAMPOS, A. T. 2004. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.6, p.1977-1985, nov-dez.

CAMPOS, A. T. et al. 2004. Balanço energético e sustentabilidade na produção de silagem de milho. In: 5º Encontro de Energia no Meio Rural, Campinas, SP, Brasil. Anais... Disponível: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022004000100030&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 08 jun. 2013.
CAMPOS, A. T. Tratamento e Manejo de Dejetos Bovinos. Embrapa Gado de Leite. Disponível em: <http://redeagroecologia.cnptia.embrapa.br/boletins/criacoes-animais/tratamento%20e%20manejo%20de%20dejetos%20de%20bovinos.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2013.

COSTA, Z. DA F. 2010. Eficiência energética e econômica da produção de leite bovino em explorações familiares no município de Pardinho, região de Botucatu-SP. Botucatu, 132p. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) – Universidade Estadual Paulista (UNESP).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS/ FAOSTAT. Disponível em: < http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>. Acesso em: 6 mai. 2013.
GLIESSMAN, S. R. 2005. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. Editora da UFRRGS Porto Alegre – RS. 653p.
HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. 1995. Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. Washington: WRI, 53p.

LUCAS JR. J.; AMORIM, A. C. 2005. MANEJO DE DEJETOS: FUNDAMENTOS PARA A INTEGRAÇÃO E AGREGAÇÃO DE VALOR. Anais do *ZOOTEC*. Campo Grande-MS. Disponível em: < http://www.google.com.br/url?sa=f&rct=j&url=http://www.abz.org.br/files.php%3Ffile%3Ddocumentos/Jorge_978987058.pdf&q=MANEJO+DE+DEJETOS:+FUNDAMENTOS+PARA+A+INTEGRA%C3%87%C3%83O+E+AGREGA%C3%87%C3%83O+DE+VALOR&ei=VY-1UY_WLOTJiAefoIGADQ&usg=AFQjCNF4It70vHw-rzN21EsAPh1du9HIyw>. Acesso em: 10 jun. 2013.

MARZALL, K. 1999. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de mestrado.

MITCHELL, G. Problems and fundamentals of sustainable development indicators. Disponível em: <http://www.lec.leeds.ac.uk/people/gordon.html>. Acesso em 10 jun. 2013.

NEIVA, R. 2005. Leite a pasto: razões e critérios que valorizam o sistema. Disponível em: < http://www.bichoonline.com.br/artigos/bb0013.htm>. Acesso em: 15 abr 2013.

OECD. 2004. Multilingual Summaries. Agriculture, Trade and the Environment. The Dairy Sector. Agriculture, Trade and the Environment the Dairy Sector – ISBN-92-64- 015884 © OECD. Disponível em: <http://www.oecd.org/tad/sustainable-agriculture/33799209.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2013.

RISOUD, B. 1999.Développement durable et analyse énergétique d'exploitations agricoles. Économie Rurale, n. 252, p.16-27, juillet-août.

RISOUD, B. 2000. Energy efficiency of various French farming systems: questions to sustainability. The Netherlands: Wageningen University, p.18-20. Communication au colloque international "Sustainable energy : new challenges for agriculture and implications for land use".

SILVA, M.C.; BUENO, O.C. 2011. Análise energética na agricultura: Ferramenta importante para uma produção agrícola mais sustentável. VI Fórum Ambiental da Alta Paulista.
V. 07, N. 07.

SILVA, M. C; BUENO, O. C; RIBAS, L. C. 2011. Redução da poluição de águas subterrâneas em área de proteção ambiental: uma análise energética da pecuária leiteira. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Disponível em CD ROOM.

SILVA, M.C.; BUENO, O.C. 2012. Análises energéticas da produção de leite bovino em área de proteção ambiental: Um indicador de sustentabilidade. VII Fórum Ambiental da Alta Paulista. V. 08, N. 08.

SILVEIRA, J. T. **2010.** Análise energética da produção de leite bovino na fazenda experimental professor Hamilton de Abreu Navarro – ICA/UFMG, em Montes Claros. Montes Claros, 132p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Minas Gerais.

SOUZA, P. M.; ALDA, P. C.; BANKUTI, F. I.Análise de aspecto ambiental: um estudo de caso em sistema de produção leiteiro. III SIMPÓSIO DE GESTÃO DO AGRONEGÓCIO E III MOSTRA DE TRABALHOS CIENTÍFICOS - Universidade Estadual de Maringá. Disponível em: <http://www.dzo.uem.br/pet/docs/docs/anais08.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2013.

RANGEL, A. H. N. 2005. Cana de açúcar na alimentação de vacas novilhas leiteiras em crescimento. Viçosa, 84p. Tese (Programa de pós-graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

ZIMMERMANN. C. L. 2009. Monocultura e transgenia: impactos ambientais e insegurança alimentar. Veredas do Direito, Belo Horizonte, MG, v.6, n.12, p. 79-100, jul./dez.

CULTIVO DE *SCENEDESMUS QUADRICAUDA* EN EFLUENTES URBANOS DE LA CIUDAD DE TRELEW, CHUBUT, ARGENTINA: OBTENCIÓN DE BIOMASA A PARTIR DE CULTIVOS EN 20 LITROS Y COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE CUANTIFICACIÓN DE LÍPIDOS

Salomón R[1], Cravero M A[1] , Parra A[1], Quintero R[1], García D[1], Albarracín I[1,2]

1. Laboratorio de Microalgas. Facultad de Ciencias Naturales. UNPSJB. Trelew. Chubut. Argentina.
2. Estación de Fotobiología. CONICET. Playa Unión, Chubut, Argentina.
Salomón R: MM Güemes 115, Gaiman, Chubut. 0280-4491705. ruthsalomon@yahoo.com
Cravero M A: acravero@ar.inter.net
Albarracín I: fames@ar.inter.net

RESUMEN

La producción sostenible de fuentes de energías renovables es firmemente debatida a nivel mundial, pues se ha tomado conciencia de que los biocombustibles obtenidos de plantas oleaginosas, no alcanzan para obtener bioenergía, mitigar el cambio climático y lograr crecimiento económico. Estas preocupaciones han acentuado el interés en obtener nuevos insumos a partir de organismos como las microalgas, que son valoradas como un excelente recurso medioambiental y biotecnológico, por su alta productividad, alto contenido de aceite, alta capacidad de secuestro de CO_2 e impacto nulo en la calidad del suelo. Por sus características estructurales y funcionales, una variedad de especies admiten ser cultivadas en un amplio espectro de condiciones ambientales inclusive en aguas residuales, no aptas para la irrigación o consumo humano y animal, y su biomasa aporta diversos productos ricos en energía. Este trabajo presenta los resultados obtenidos en la determinación de lípidos totales presentes en la biomasa seca de *Scenedesmus quadricauda*, utilizando el método de extracción y cuantificación de Zollner y Kirsch y de Bligh y Dyer, cuantificando a su vez los ésteres metílicos de los ácidos grasos (FAMEs) por metanólisis basada en el método de Lepage. *S. quadricauda,* especie citada en bibliografía como buena productora de lípidos, se cultivó en 20L de efluente urbano de la ciudad de Trelew en cámara de cultivo bajo condiciones controladas: 23 ± 1°C, 2500 lux, fotoperíodo 12:12 y con agitación mediante burbujeo de aire. Se calcularon parámetros de crecimiento, productividad volumétrica (0,022 $gL^{-1}d^{-1}$), de superficie de apoyo (7,875 $gm^{-2}d^{-1}$) y de superficie iluminada (1,476 $gm^{-2}\ d^{-1}$). El contenido de lípidos totales fue de 10,70% usando el método de Zollner y Kirsch y 2,89% con el método de Bligh y Dyer. Los ésteres metílicos de los ácidos grasos presentes en la biomasa seca fueron de 7,89 %. Se concluyó que *S. quadricauda,* para este volumen de trabajo, alcanzó una densidad algal aceptable separándose la biomasa por autofloculación, el método de extracción de Zollner y Kirsch es una herramienta eficaz, rápida y simple para evaluar el contenido lipídico total de la microalga y el valor obtenido por el método de Lepage es indicativo del porcentaje de la microalga efectivamente utilizable como biodiesel.

Palabras clave: *Scenedesmus quadricauda,* efluentes domiciliarios, determinación de lípidos

ABSTRACT

Sustainable production of renewable energy sources is strongly debated worldwide, as it has been realized that biofuels obtained from oilseed plants are not enough for obtaining bioenergy, mitigating climate change and achieving economic growth. These concerns have increased the interest in obtaining new inputs from organisms such as microalgae, which are valued as an excellent environmental and biotechnologic resource because of its high productivity, high oil content, high CO_2 sequestration capacity and zero impact on the soil quality. According to its structural and functional characteristics, a variety of species can be grown in a wide range of environmental conditions including waste water unfit for irrigation or human and animal consumption, and their biomass provides various energy-rich products. This paper presents the results of the determination of total lipid present in the dry biomass of *Scenedesmus quadricauda*, using the methods of extraction and quantification of Zollner - Kirsch and Bligh - Dyer, quantifying fatty acid methyl esters (FAMEs) by methanolysis based on Lepage method. *S. quadricauda*, cited in literature as good producing lipids, was grown in 20L urban effluent from the city of Trelew in a growth chamber under controlled conditions: 23 ± 1 °C, 2500 lux , 12:12 photoperiod and stirred by bubbling air. Growth parameters, volumetric (0.022 $gL^{-1}d^{-1}$), support surface (7.875 $gm^{-2}d^{-1}$) and illuminated surface (1.476 gm^{-2} d^{-1}) productivity were calculated. The total lipid content was 10.70% using the Kirsch - Zollner method and 2.89% with Bligh - Dyer's. Fatty acid Methyl esters in the dry biomass was 7.89%. It was concluded that *S. quadricauda* , for this volume, reached a acceptable algal biomass density separating the biomas by autofloculation, the extraction method of Zollner - Kirsch is effective, fast and simple to evaluate the total lipid content of the microalgae and the value obtained by the Lepage method is indicative of the percentage of the microalga effectively usable as biodiesel.

Keywords: *Scenedesmus quadricauda*, municipal effluents, lipid determination

INTRODUCCION

El mundo se ha enfrentado en las últimas décadas a una progresiva crisis energética, asociada con el agotamiento irreversible de las tradicionales fuentes de combustibles fósiles; a la vez que su uso como principal forma de energía se ha tornado insostenible, como consecuencia de la excesiva acumulación en la atmósfera, de gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global. Con la necesidad de reducir las emisiones de carbono y la disminución de las reservas de petróleo crudo, los combustibles líquidos derivados del material vegetal (también llamados biocombustibles) resultan una atractiva fuente de energía alternativa. (Amaro et al 2010).

Uno de los combustibles procedentes de la biomasa es el biodiesel, un conjunto de ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga que se derivan principalmente de los acilgliceroles de aceites vegetales. Los triglicéridos (TG) son los componentes de almacenamiento primario como reservas de energía (Rawat et al 2013). Además de renovable, el biodiesel es también no tóxico y biodegradable (Singh y Gu 2010, Meher et al 2006).

El aceite de origen vegetal usado como materia prima se obtiene normalmente de aceite de soja, girasol y otras oleaginosas. Pero estos cultivos tienen varias desventajas: requieren tierras fértiles y la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes para aumentar la productividad. Más preocupante aún, es que la utilización de alimentos en la producción de biocombustibles podría resultar en la escasez de los mismos y aumento de los precios hasta niveles inalcanzables para la mayoría de la población. Debido a todo esto, se están desarrollando otras especies como productoras de biomasa a las que se denominan de segunda y tercera generación. Algunas de ellas son plantas que crecen en tierras semi-áridas, como colza y jatropha. Otras son organismos que se cultivan en medios líquidos, como bacterias, levaduras y microalgas (Lospennato et al 2012).

Se ha demostrado que las microalgas pueden proporcionar diversos productos ricos en energía como metano obtenido por digestión anaeróbica de la biomasa, biodiesel derivado de aceite microalgal y biohidrógeno producido fotobiológicamente (Cohen 1986, Benemann et al 1998, Melis 2005, Rawat et al 2011). Su gran eficiencia fotosintética las constituye en protagonistas de la producción inicial de materia viva, siendo valoradas como un excelente recurso medioambiental y biotecnológico (Zeng et al 2011).

Hay una variedad de especies que crecen en ambientes salinos e hipersalinos, por lo que en un mundo con recursos naturales limitados, su cultivo se presenta como una oportunidad para utilizar agua y suelos inadecuados para otros usos. (Albarracín 2007, Jiang et al 2011). De esta manera, la tecnología de combustibles basada en la biomasa, puede considerar a estos microorganismos como un complemento, ya que no compiten con la agricultura tradicional por el uso de superficies destinadas a la producción de alimentos (Chisti 2007, Ahmad et al 2011).

Los principales procesos que intervienen en la producción de biodiesel a partir de microalgas son: cultivo, recolección, extracción y transesterificación de los lípidos (Lee et al 2010). Aunque todos estos pasos son esenciales, la extracción del aceite de las microalgas para su posterior transformación en biodiesel es fundamental debido a la importancia de esta etapa en la eficiencia y los costos globales del proceso (Chisti 2007, 2008). Se ha observado a partir de la bibliografía que existe la necesidad de nuevas tecnologías para este proceso a gran escala (Govindarajan et al 2009). A nivel de laboratorio se han ensayado varios métodos tales como extracción con solventes químicos, shock osmótico, extracción con fluidos supercríticos, autoclavado, extracción con ultrasonido, extracción asistida con microondas, extracción mediante destrucción mecánica y extracción enzimática (González et al 2009).

Por otra parte, es necesario disponer de métodos de análisis fiables, sencillos y rápidos para la cuantificación de los lípidos presentes (García Sánchez et al 1993). Los métodos convencionales implican extracciones con solventes y posterior determinación gravimétrica (Folch et al 1956, Bligh y Dyer 1959). Requieren grandes cantidades de muestras de algas, y deben garantizar una extracción completa, evitando la descomposición y/o la oxidación de los compuestos lipídicos. Otra desventaja importante es que consumen mucho tiempo y mucha mano de obra, lo que hace difícil analizar un gran número de muestras (Chen et al 2011).

En el marco del proyecto: “Cultivo de microalgas en efluentes y su caracterización como potenciales productoras de aceites para la obtención de biodiesel”, se seleccionaron especies factibles de ser cultivadas en residuales urbanos de la ciudad de Trelew, Chubut, Argentina, las cuales fueron gradualmente aclimatadas en los mismos y permitieron el escalado hasta 20 L. En este trabajo se determinaron los lípidos totales en *S. quadricauda*, especie citada en bibliografía como buena productora de lípidos (Chisti 2007, Rodolfi et al 2009) y capaz de crecer en efluentes de distinta naturaleza (Kim et al 2007, Andrade et al 2009, Albarracín et al 2011). Se comparó el método tradicional de Bligh y Dyer (Bligh y Dyer,1959) y el método colorimétrico de Zollner y Kirsch (Zollner y Kirsch 1962, Knotz et al 2006) que se basa en la propiedad que poseen los lípidos de formar un complejo coloreado al hacerlos reaccionar con una mezcla de ácido fosfórico, ácido sulfúrico y Fenil Vainilina, produciendo un complejo de color violeta cuya intensidad se mide colorimétricamente, ya que su valor máximo de absorbancia se puede detectar en el espectro electromagnético dentro de la zona visible (λ_{max}=530nm). Este método es muy utilizado para determinar el contenido de lípidos totales en muestras de tejido biológico (Maza, 1991). Gómez Luna et al. (2011) utiliza este método para la cuantificación espectrofotométrica luego de una extracción lipídica con Bligh and Dyer para la microalga *Chlorella vulgaris*. Posteriormente se determinó el porcentaje de metil ésteres obtenidos por derivatización en medio ácido (Lepage et al 1986).

MATERIALES Y MÉTODOS

S. quadricauda LMPA41, pertenece al cepario del Laboratorio de Microalgas de la Facultad de Ciencias Naturales de la sede Trelew de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB). Se utilizó efluente cloacal de la ciudad de Trelew como medio de cultivo, previamente filtrado con algodón y gasa, bajo condiciones controladas: 23±1°C, 2500 lux y fotoperíodo 12:12. El pH fue medido en distintos momentos del ensayo.

Un cultivo de 2 L en fase exponencial se transfirió a otro recipiente completando con el efluente un volumen de 20 L, aplicando burbujeo por medio de un aireador. (Figura 1)

(a) Cultivo en 2 L (b) Cultivo en 20 L

Figura 1: Escalado del cultivo.

El control de crecimiento se realizó por recuento celular en cámara de Neubauer, calculándose la constante de velocidad de crecimiento (K_{10}) por correlación lineal y el tiempo de duplicación celular (T_2) (Michelle Wood et al., 2005). Después de 20 días se procedió a la separación de la biomasa algal mediante las operaciones: decantación (autofloculación), extracción del sobrenadante por sifonado y centrifugación (Fig.2a). Se determinó la masa seca y la masa seca libre de cenizas (APHA, 1992) y se calculó la productividad volumétrica (PV), productividad de superficie de apoyo (PS) y productividad de superficie iluminada (PSI) (Tredici, 2004).

La biomasa húmeda resultante se secó a 50°C hasta peso constante y se mantuvo a -18°C hasta su procesamiento (Fig.2b).

(a) Sifonado (b) Biomasa seca

Figura 2. Separación de la biomasa por sifonado y obtención de la biomasa seca.

La extracción y cuantificación lipídica se realizó utilizando el método de extracción de lípidos totales con cloroformo-metanol-agua 1:2:0,8 basada en Bligh y Dyer (Bligh y Dyer, 1959) y el método destructivo, colorimétrico, de cuantificación de lípidos totales basada en Zollner y Kirsch (Zollner y Kirsch, 1962; Knotz et al., 2006) utilizando como reactivos vainillina, ácido fosfórico, ácido sulfúrico y como estándar, colesterol. Se cuantificaron a su vez los ésteres metílicos de los ácidos grasos, FAMEs (Fatty Acid Methyl Esther), por metanólisis ácida basada

en el método de Lepage y Roy. Este método consiste en la hidrólisis ácida de los lípidos con cloruro de acetilo/metanol (1:20 v/v), liberando los ácidos grasos convenientemente derivatizados como ésteres metílicos (Lepage y Roy, 1986).

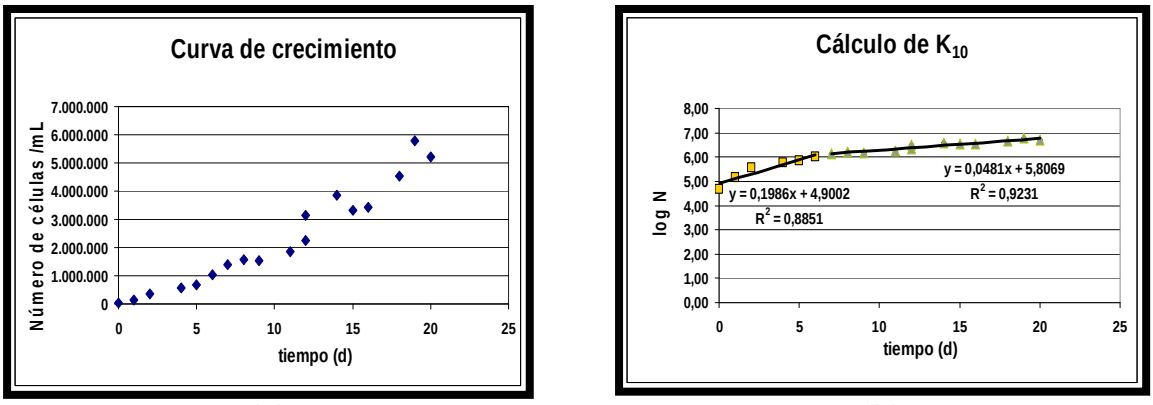
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento algal

La densidad inicial fue de $5{,}0x10^4$ cél/mL alcanzando una densidad final de $5{,}8x10^6$ cél/mL (Fig. 3a) sin llegar a la fase estacionaria. La constante de velocidad de crecimiento (K_{10}=0,1986 d^{-1}) y el tiempo de duplicación (T_2=1,51d) de *S. quadricauda* hasta el día 6 son similares a lo informado en volúmenes de cultivo de 100 mL, manteniéndose hasta el día 12 (Albarracín et al., 2011). A partir del día 7, en 20 L, la constante baja a la cuarta parte (K_{10}=0,0481 d^{-1}) y por consiguiente el T_2 se cuadruplica (T_2=6,27d) (Fig. 3b). Al elevar el nivel de escalado disminuye la constante de velocidad de crecimiento al llegar a $1{,}0x10^6$ cel/mL (6to. día) coincidente con valores de pH 10. En la literatura se reporta que este aumento de pH está en correspondencia con la disminución de CO_2 que a su vez actúa como limitante en la tasa de crecimiento algal (Grobbelaar, 2004). Es de destacar que a este pH, se produjo la autofloculación del cultivo al detener el burbujeo, luego de 20 días, lo que facilitó la cosecha de la biomasa algal. Este aspecto es muy importante para disminuir costos de operación en un proceso industrial (Griffiths et al., 2009).

La concentración algal resultó de 0,450 gL^{-1} y la concentración algal basada en masa seca libre de ceniza, 0,392 gL^{-1} (12,8 % de cenizas). Estos valores son coincidentes con lo reportado por Lee et al. (2010) que obtuvieron una concentración algal de 0,5 gL^{-1} para *Scenedesmus* sp en medio BG11 utilizando sistema batch de 9 L.

La PV fue de 0,022 $gL^{-1}d^{-1}$, la PS, de 7,875 $gm^{-2}d^{-1}$y la PSI, de 1,476 $gm^{-2}d^{-1}$. Estos resultados son comparables con los obtenidos por Benemann (1992) y Park et al., (2011) quienes reportan una PV de 0,02 y 0,033 $gL^{-1}d^{-1}$ respectivamente.



(a) (b)

Figura 3: (a) Curva de crecimiento y (b) cálculo de la constante de velocidad específica

Cuantificación lipídica

El contenido de lípidos totales fue de 2,89% en peso seco utilizando el método de Bligh y Dyer (Fig. 4 a). Lee et al (2010) encuentran diferentes valores en porcentaje de lípidos para *Scenedesmus* sp al emplear distintos métodos de disrupción celular utilizando como método de extracción una mezcla cloroformo-metanol (1:1): autoclavado, molino de bolas, microondas, sonicado, shock osmótico y reporta los siguientes valores: 5,5-8,5-10,5-7,5 y 7 % respectivamente

y 2% sin disrupción. Estas diferencias fueron posiblemente debidas a que *S. quadricauda* presenta una pared celular gruesa y rígida lo que dificultaría que los solventes penetren y finalmente disuelvan los lípidos neutros y polares intracelulares. Chen et al (2009) mencionan que esas características de la pared celular en las algas verdes dificultaba la cuantificación de los lípidos con la técnica del Rojo Nilo ya que esta impedía el pasaje del colorante a través de la misma.

Usando el método de Zollner y Kirsch el contenido de lípidos totales fue de 10,70% en peso seco (Fig. 4 b), siendo éste un método destructivo que estaría dando el valor máximo que puede ser extraído.

Se ha reportado un contenido lipídico para *Scenedesmus* entre un 1,9 y 55% en peso seco, siendo específicamente para *S. quadricauda* entre un 1,9 y 18,4% sin restricciones de nutrientes (Mata et al 2010). Este amplio espectro, puede deberse a que en su revisión no están indicados los pretratamientos, ni las técnicas de extracción y/o cuantificación empleadas en las citas bibliográficas examinadas.

El porcentaje de lípidos que se obtuvo en nuestro ensayo si bien es bajo, se encuentra dentro del rango reportado por Mata et al (2010). Se estima que limitando los nutrientes, se puede elevar el contenido de lípidos para esta especie. Jayashree et al (2012) observaron que cuando el crecimiento se ve limitado por falta de algún nutriente (N y/o P) se genera la acumulación de lípidos como productos de almacenamiento. En el caso de crecimiento en los efluentes, es posible llegar a una disminución de nitrógeno cuando el cultivo alcanza su fase estacionaria a fin de aumentar el contenido lipídico.

Se obtuvo un 7,89 % de ésteres metílicos de los ácidos grasos (FAMEs) presentes en la biomasa seca utilizando el método de Lepage y Roy, valor muy superior al reportado por Lee et al (2010) que fue de 1,88 % para *S. quadricauda.* (Fig. 4 c). Este valor proporciona una señal clara de la cantidad de sustrato para la producción de biodiesel por transesterificación (Chisti 2007, Popovich et al 2012).

(a) Bligh y Dyer (b) Zollner y Kirsch. (c) Lepage

Figura 4: Métodos de extracción de lípidos

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten inferir que:

- *S. quadricauda,* en un volumen de trabajo de 20 L, alcanzó una concentración algal aceptable en el efluente cloacal.
- La productividad volumétrica obtenida es similar a la encontrada en bibliografía para sistemas batch.

- El método de Zollner y Kirsch es una herramienta eficaz, rápida y simple para evaluar el contenido lipídico total de la microalga.
- El valor obtenido de FAMEs por el método de Lepage y Roy es indicativo y útil ya que proporciona el porcentaje de la microalga efectivamente utilizable como biodiesel.
- Los FAMEs obtenidos son adecuados para obtener el perfil de ácidos grasos utilizando cromatografía gaseosa.
- Se prevé continuar con los ensayos realizando experimentos de enriquecimiento con CO_2 llevando al cultivo a su fase estacionaria tardía a efectos de incrementar su productividad algal y contenido lipídico y así cumplir la doble función de generar biomasa para la producción de biodiesel con secuestro de dióxido de carbono y la biorremediación de aguas residuales.

AGRADECIMIENTO

El financiamiento económico de ese proyecto fue provisto por el Consejo Federal de Ciencia y Tecnología dependiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, mediante convocatoria a Proyectos Federales de Innovación Productiva (PFIP2007).

BIBLIOGRAFÍA

Ahmad A L, Mat Yasin N H, Derek C J C, Lim J K. 2011. Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15: 584–593.

Albarracín I, Cravero M A, Salomón R, Parra A, Quintero R, García D. 2011. Ensayo de diferentes condiciones de cultivo para optimizar el crecimiento de *Scenedesmus quadricauda y Dunaliella salina* en efluentes urbanos de la ciudad de Trelew. Chubut. Argentina. Publicado en el II Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables. Universidad Nacional de Villa María. Córdoba. Argentina.

Albarracín I. 2007. Microalgas: potenciales productoras de biodiesel. http:// www.ceid.edu.ar / cursos.

Amaro, H M, Guedes, A C, Malcata, **F**.2011. Advances and perspectives in using microalgae to produce biodiesel. Applied Energy 88:3402–3410.

Andrade R C, Vera B A, Cárdenas L C, Morales A E. 2009. Biomass production of microalga *Scenedesmus* sp.with wastewater from fishery. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia. 32 (2):126 – 134.

APHA, AWWA, WPCF. 1992. Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. pp: 10-44 y 10-59.

Benemann J R. 1992. Microalgae aquaculture feeds. J.Appl Phycology 4:233-245.

Benemann J R, Dunahay T, Roessler P, Sheehan J. 1998. A look back at the U.S Department of Energy's Aquatic Species Program-Biodiesel from Algae. National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, U.S.

Bligh E G, Dyer W J A.1959. Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification. Can. J. Biochem and Phys. 37(4): 911-917.

Chen W, Zhang, C W, Song L R, Sommerfeld M, Hu Q. 2009. A high throughput Nile red method for quantitative measurement of neutral lipids in microalgae. J. Microbiol. Meth. 77, 41–47.

Chen W, Sommerfeld M, Hu Q. 2011**.** Microwave-assisted Nile red method for in vivo quantification of neutral lipids in microalgae. Bioresource Technology 102: 135–141.

Chisti Y. 2007. Biodiesel from microalgae Biotechnology Advances 25: 294–306.

Chisti Y. 2008. Biodiesel from microalgae beats bioethanol. Trends Biotechnol 126–31**.**

Cohen Z M. 1986. Products from microalgae. En: Richmond, A (Ed) Handbook of microalgal mass culture. CRC Press Boca Raton Florida p. 421-54.

Folch J, Lees M, Sloane Stanley G. 1956. A Simple Methods for the Isolation and Purification of Total Lipides from Animal Tissues. J. Biol. Chem. 226: 497-509.

García Sánchez J L, Molina Grima E, García Camacho F, Sánchez Pérez J A, Giménez Giménez A. 1993. Cuantificación de ácidos grasos a partir de biomasa microalgal Grasas y Aceites 44 (6): 348-353.

Gómez Luna L, Álvarez I, Rivero R. 2011. Cultivo de *Chlorella vulgaris* sobre residual de soja con la aplicación de un campo magnético. Rev. Colomb. Biotecnol. 13 (2): 27-38.

González A D, Kafarov V, Guzmán Monsalve A. 2009. Desarrollo de métodos de extracción de aceite en la cadena de producción de biodiesel a partir de microalgas. Prospect. 7(2): 53-60.

Govindarajan L, Raut N, Alsaeed A. 2009 Novel solvent extraction for extraction of oil from algae biomass grown in desalination reject stream. J. Algal Biomass Utln. 1 (1): 18 – 28.

Griffiths M J, Harrison S T L. 2009. Lipid productivity as a key characteristic for choosing algal species for biodiesel production. J. Appl. Phycol. 21(5): 493-507.

Grobbelaar JU. 2004. Algal nutrition. En: Richmond, A (Ed) Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology. Blackwell Publishing Ltd. p. 115.

Jayashree J, Nayak M, Panda H S, Pradhan N, Sarika C, Panda P K, Rao B V S K, Prasad R B N, Sukla L B. 2012. Microalgae of Odisha Coast as a Potential Source for Biodiesel Production. World Environment. 2(1): 11-16.

Jiang L, Luo S, Fan X, Yang Z, Guo R. 2011. Biomass and lipid production of marine microalgae using municipal wastewater and high concentration of CO_2 Applied Energy 88: 3336–3341.

Kim M K, Park J W, Park C S, Kim S J, Jeune K H, Chang M U, Acreman, J. 2007. Enhanced production of *Scenedesmus* sp. (green microalgae) using a new medium containing fermented swine wastewater. Bioresource Technology. 98: 2220–2228.

Knotz S, Boersma M, Saborowski R. 2006. Microassays for a set of enzymes in individual small marine copepods-Biologische Anstalt Helgoland, Fundation Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Germany.

Lee J, Yoo C, Jun S, Ahn C, Oh H. 2010. Comparison of several methods for effective lipid extraction from microalgae. Bioresource Technology 101: S75–S77.

Lepage G, Roy C. 1986. Direct transesterification of all classes of lipids in a one-step reaction. Journal of Lipids Research. Notes on Methodology. 27:114-120.

Lospennato A, Sequeira M V, Beligni, Chamorro, E. 2012. *Nannochloropsis oculata*: evaluación de métodos de extracción de triglicéridos saponificables para la apropiación industrial. II Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y Países Limítrofes. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional. Resistencia

Mata T M, Antonio A M, Nidia S C. 2010. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, 217-232.

Maza A. 1991. Caracterización de lípidos en el tejido muscular de diferentes especies de peces de origen marino en el oriente del país. Trabajo de posgrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná. Venezuela.

Melis T. 2005. Integrated Biological Hydrogen Production Proceedings International Hydrogen Energy Congress and Exhibition IHEC .Istanbul, Turkey, 13-15 July 2005

Michelle Wood A, Everroad R C, Wingard L M. 2005. Measuring growth rates in microalgal cultures, In: Andersen, RA Algal culturing techniques, Academic Press, pp: 269 – 285.

Meher L C, Vidya S D, Naik S N. 2006. Technical aspects of biodiesel production by transesterification – a review. Renew Sustain Energy Rev 10:248–68.

Park K C, Whitney C, Mc Nichol J C, Dickinson KE, Mac Quarrie S, Skrupski B P, Zou J, Wilson KE, O'Leary S J B, Mc Ginn P J. 2011. Mixotrophic and photoautotrophic cultivation of 4 microalgae isolates from Saskatchewan, Canada: potential applications for wastewater remediation for biofuel production. J Appl Phycol DOI 10.1007/s10811-011-9772-2.

Popovich C, Damiani C, Constenla D, Leonardi P. 2012. Lipid quality of the diatoms Skeletonema costatum and Navicula gregaria from the South Atlantic Coast (Argentina): evaluation of its suitability as biodiesel feedstock. J Appl Phycol. 24:1–10.

Rawat I, Kumar R, Mutanda T, Bux F. 2011. Dual role of microalgae: Phycoremediation of domestic wastewater and biomass production for sustainable biofuels production. Applied Energy 88: 3411–3424.

Rawat I, Kumar R, Mutanda T, Bux F. 2013. Biodiesel from microalgae: a critical evaluation from laboratory to large scale production. Applied Energy 103: 444–467

Rodolfi L, Chini Zittelli G, Bassi N, Padovani G, Biondi N, Bonini G, Tredici M. 2009. Microalgae for oil: Strain selection, induction of lipid synthesis and outdoor mass cultivation in a low-cost photobioreactor. Biotechnology and Bioengineering. 102 (1): 100 - 112.

Singh J, Gu S. 2010.Commercialization potential of microalgae for biofuels production. Renew Sustain Energy Rev 14:2596–2610.

Tredici M R. 2004. Mass Production of Microalgae: Photobioreactors. In Richmond A.(Ed) Handbook of Microalgae Culture, Blackwell Science Ltd, Bodmin, Cornwall.

Zeng X, Danquah M K, Chen X D, Lu Y. 2011. Microalgae bioengineering: From CO_2 fixation to biofuel production. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15: 3252– 3260.

Zollner N, Kirsch K. 1962. Uber die quantitative bestimmung von Lipoiden (Mikromethode) mittels der vielen naturlichen Lipoiden (allen bekannten Plasmalipoiden) gemeinsamen Sulfophosphovanioin-Reaktion. Z. Ges. Exp. Med. 135: 545-561.

EL CULTIVO DE CÁRTAMO (*CARTHAMUS TINCTORIUS* L.) EN EL OASIS NORTE DE MENDOZA

Federico José Ossa Basañes y Cecilia Rebora

Cátedra de Agricultura Especial. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo
Almirante Brown 500, Chacras de Coria, Mendoza
Email: fedeossa@gmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento agronómico y fenológico de dos cultivares de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en el oasis norte de Mendoza. El ensayo se realizó en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina durante la campaña 2012/2013. Los tratamientos fueron 2 cultivares comerciales (CW 88 OL y CW 99 OL), dispuestos en un diseño de parcelas al azar con tres repeticiones. Las parcelas experimentales constaron de 7 surcos distanciados a 0,20 m entre sí y de 6 m de longitud. La siembra se realizó en labranza convencional, el 25/09/2012 manualmente y la cosecha el 16/02/2013 manualmente. Los resultados se analizaron mediante ANOVA al 5 %. No hubo diferencias importantes entre cultivares en la fecha de ocurrencia de los estadios fenológicos registrados durante el ciclo del cultivo. No se evidenciaron diferencias significativas en el rendimiento promedio de los 2 cultivares evaluados de cártamo (4942 y 4323 kg/ha). Tampoco se encontró diferencia en el porcentaje de materia grasa (38,59 y 37,07 %).

Palabras clave: cártamo, estadios fenológicos, rendimiento, materia grasa.

Abstract

Safflower crop (*Carthamus tinctorius* L) **in Mendoza north oasis**

The objective of this work was to evaluate the agronomical and phenological performance of two safflower cultivars *(Carthamus tinctorius L.)* in the oasis north of Mendoza. The trial was carried out at the Faculty of Agricultural Sciences, National University of Cuyo, Mendoza, Argentina during the period 2012/2013. The treatments were 2 commercial cultivars (CW 88 OL and CW 99 OL), arranged in a design of random plot with 3 repetitions. The experimental plots consisted of 7 furrows at distance of 0.20 m between them with a length of 6 m. A conventional tillage was applied to the manual sowing 25/09/2012. The harvest took place on the 16/02/13, manually. Results were analyzed by ANOVA test at 5 %. There were not important

differences among cultivars concerning the occurrence of phenological stages recorded during the crop cycle. Considerable differences on the average yield of the 2 evaluated safflower cultivars were not found (4942 y 4323 kg/ha). There was also no difference in the percentage of oil content (38.59 y 37.07 %).

Keywords: safflower, phenological stages, yield, oil content.

Introducción

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), también conocido como alazor o falso azafrán, es una planta anual, de la familia Asteraceae. Está adaptado a climas cálidos y secos, se lo considera un cultivo xerófito, es originario del mediterráneo oriental (**9**). Sus usos más importantes son como aceite comestible y alimento para pájaros. Las cabezuelas florales, capítulos, se encuentran en la parte terminal de tallos ramificados, espinosos; su color es rojo, naranja, amarillo o blanco. Cada capítulo puede tener entre 15 a 30 semillas. Estas son similares al girasol pero algo mas cortas, su color normalmente es blanco pero también puede ser grisáceo (**4**). El cultivo puede ser sembrado y cosechado con los mismos equipos usados para los cereales de cosecha fina. El aceite vegetal extraído de la semilla, puede ser utilizado para la obtención de biodiesel. Actualmente ha tomado relevancia por ser considerado uno de los cultivos oleaginosos anuales más resistente a sequía. Los principales países donde se cultiva el cártamo son la India, EE.UU., México, y en menor medida Kazajistán, Etiopia, China, Uzbekistán, Australia, Rusia, Pakistán, España y Argentina que participa con el 1,8 % en el ranking de países productores. Este cultivo fue promovido en el país por el Ing. Agr. Guillermo Covas, ex Director del INTA de Anguil, La Pampa en la década del `60 (6). Existen antecedentes de buen comportamiento en la región semiárida pampeana; sin embargo el cártamo encontró en la región del Noroeste del país un área importante y más o menos estable, en está región su ciclo es invernal con siembra en el mes mayo y cosecha en noviembre. La productividad allí es baja, pero es prácticamente el único cultivo extensivo que puede realizarse con tan bajas precipitaciones durante el invierno. En la actualidad se lo cultiva en Salta, Santiago del Estero y Chaco. Los rendimientos promedio nacionales de los últimos quince años oscilan entre 570 y 1060 kg/ha con una producción media de 744 kg/ha (**3**). Actualmente, se puede afirmar que la mayoría de los materiales genéticos, híbridos y variedades de uso actual en el país son de origen estadounidense y más específicamente del estado de California. En la provincia de Mendoza no existen antecedentes registrados del cultivo de cártamo. Desde hace algunos años, y en forma conjunta con el Instituto de Energía de la Universidad Nacional de Cuyo, se viene investigando sobre distintos cultivos energéticos como proveedores de aceite para fabricar biodiesel. En Cuyo, una de las limitantes para la producción agrícola es la disponibilidad de agua, fundamentalmente en verano, cuando demandan este recurso los cultivos tradicionales de la región. Uno de los cultivos estudiados fue la colza, un cultivo invernal, que tiene la ventaja de que la demanda de agua no coincide con la de los cultivos tradicionales (**5**). En este sentido, el cártamo resulta especialmente interesante por sus bajos requerimientos hídricos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento agronómico y fenológico de dos cultivares de cártamo en el oasis norte de Mendoza.

Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo en la parcela de la cátedra de Agricultura Especial, Mendoza, Argentina (33º 00’ 30’’ S y 68º 52’ 32’’ O) durante la campaña 2012/2013. La parcela experimental, se encuentra en la localidad de Chacras de

Coria, departamento de Luján de Cuyo, Mendoza, a 980 m sobre el nivel del mar. Presenta una temperatura media anual de 16,5 ºC, humedad relativa media de 50 % y precipitación promedio de 225 mm anuales. Los suelos son aluviales, de escaso desarrollo del perfil, de textura franco limosa, limosa o limo-arcillosa. Los tratamientos fueron 2 cultivares comerciales de cártamo, CW 88 OL y CW 99 OL, dispuestos en un diseño de parcelas al azar con tres repeticiones. Las parcelas experimentales constaron de 7 hileras distanciadas a 0,20 m entre sí y de 6 m de longitud. La siembra se realizó en labranza convencional, el 25 de septiembre de 2012, manualmente. Se hizo un riego presiembra y 9 riegos de 30 mm cada 15 días, dando una lámina aplicada de 300 mm, la precipitación efectiva durante el período de crecimiento del cultivo fueron 59,3 mm, dando una lámina total de agua de 359,3 mm. Se realizaron 3 controles de malezas manuales, a los 30, 45 y 60 días después de de haber realizado la siembra. La cosecha se realizó en forma manual el 16 de febrero de 2013; se cosecharon las 5 hileras centrales dejando 1 de bordura de cada lado y desechando los primeros 0,50 m de la cabecera y del pie de las parcelas.
Se registraron las fechas de inicio de las siguientes etapas fenológicas: emergencia, roseta, elongación, ramificación, inicio de floración y madurez fisiológica. Las fechas en cada etapa eran registradas cuando el 50 % de las plantas alcanzaban dicho estado (Figura 1). Se midió la altura final del cártamo al inicio de la floración. Los componentes de rendimiento evaluados fueron: número de plantas por m^2 (NP) a cosecha, número de capítulos por m^2 (NC) a cosecha, números de grano por capítulo (NGC), peso de 1.000 frutos (PMG) en gramos, rendimiento estimado en kilogramos por hectárea (RG) y porcentaje de materia grasa (MG) Método: AOAC 945.38 16º Edición (Extracto etéreo por Twisselman).

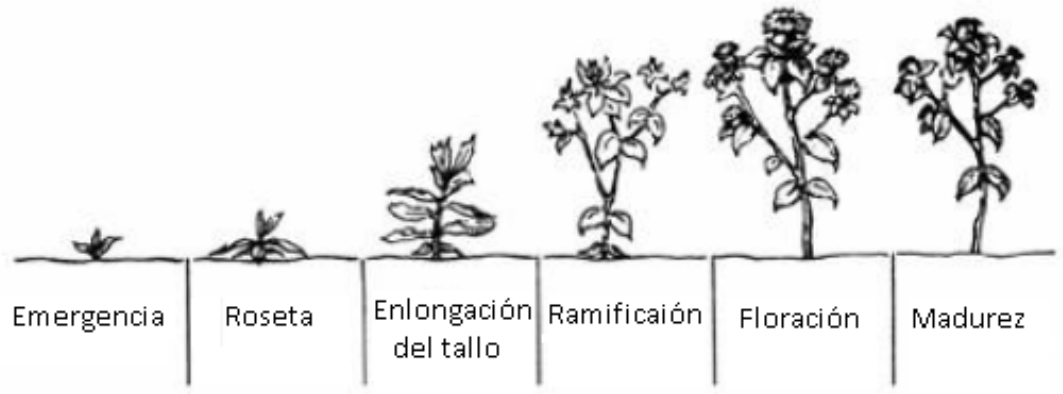


Figura 1: Estadios fenológicos del cultivo de cártamo.
Figure 1: Safflower phenological stages.

Resultados y discusión

El control de malezas no fue suficiente. El cártamo es muy mal competidor con las malezas y aquellas que germinaron una vez que no se pudo entrar más al cultivo terminaron por sobrepasarlo.
Para ambos cultivares la duración del cultivo desde siembra a madurez fue de 123 días. Las fechas de ocurrencia de los estadios fenológicos durante el ciclo de cultivo fueron similares para los 2 cultivares (Tabla 1). La cantidad de días desde siembra a madurez fue algo menor que la registrada en La Pampa para estas cultivares durante la campaña 2009-2010, de 130 días (**2**). En siembras de fines de agosto de 2010, en EEA INTA Hilario Ascasubi, la duración del ciclo de ambas variedades ascendió a 137 días y fue de 118 días para siembras de fin de septiembre de 2010 (**7**). También se encuentra dentro del rango de 119 a 147 días que demora el ciclo hasta madurez en Canadá (**4**).

No se encontró diferencia en la altura final de las plantas (Tabla 2). La altura final se encuentra entre las mediciones de 2 campañas en Río Cuarto, Córdoba (**1**).
Los componentes del rendimiento evaluados no mostraron diferencias significativas. La densidad del cultivo varió entre 40 y 50 plantas por m^2. El resultado del resto de los componentes del rendimiento puede apreciarse en la tabla 3. Los rendimientos obtenidos superan el promedio nacional de las últimas 15 campañas que es de 743,66 kg/ha.

Tabla 1: Fecha y duración de los estadios fenológicos.
Table 1: Date and duration of phenological stages.

Variedad / Estadios Fenológicos	CW 88 OL		CW 99 OL	
	Fecha	Duración (días)	Fecha	Duración (días)
Emergencia	12/10/2012	17	12/10/2012	17
Estado de roseta	25/10/2012	13	25/10/2012	13
Elongación del tallo	11/11/2012	16	11/11/2012	16
Ramificación	01/12/2012	20	01/12/2012	20
Floración	23/12/2012	22	26/12/2012	24
Madurez	27/01/2013	35	27/01/2013	33
Total Ciclo		123		123

Tabla 2: Altura final de las variedades de cártamo.
Table 2: Safflower cultivars final height.

Variedad	CW 88 OL	CW 99 OL	Valor de p
Altura (cm)	82,33 ± 4,73	85,33 ± 5,13	0,4977

Tabla 3: Componentes del rendimiento de dos variedades de cártamo.
Table 3: Yield components of two safflower cultivars.

Variedad	CW 88 OL	CW 99 OL	Valor de p
Número de plantas (m^2)	50 ± 8,66	40 ± 5,00	0,1583
Número de capítulos/planta	7,62 ± 1,33	8,79 ± 1,20	0,3209
Número de granos por capítulo	36,38 ± 3,93	31,29 ± 1,41	0,1022
Peso de 1000 granos (g)	34,86 ± 2,87	40,61 ± 3,21	0,0820
Rendimiento de granos (kg/ha)	4942 ± 1845	4323 ± 299	0,5968
Materia grasa (%)	38,59	37,07	-

Conclusiones

Es factible el cultivo de cártamo en el oasis norte de Mendoza, y los rendimientos son mayores al promedio nacional de las últimas campañas.
La duración del cultivo desde siembra a madurez, para ambos cultivares, fue de 4 meses (fin de septiembre a fin de enero). Para la cosecha debieron transcurrir 20 días más para lograr el secado de los capítulos, el desgrane fue nulo o despreciable.

El rendimiento de granos fue de 4632,4 kg/ha; el contenido de aceite de 37,83 %, lo que representa un potencial de 1752 litros de aceite por ha. Por trans-esterificación se obtienen 1700 litros de biodiesel (8).
Consideramos que sería conveniente, en futuras investigaciones, probar con siembras más tempranas, mejorar las estrategias de control de malezas y hacer una fertilización, para establecer las mejores condiciones de cultivo a nivel comercial. Los rendimientos obtenidos son altos para el nivel nacional por las condiciones de cultivo bajo riego, pero comparables con los obtenidos en otros ensayos similares.

Bibliografía

1. Giayetto, O.; Cerioni, G. A.; Asnal, W. E.; Fernández, E. M.; Cholaki, L. 1999. Comportamiento de cultivares de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en la región de Río Cuarto, Córdoba (Argentina). Investigación agraria. Producción y protección vegetales, Vol. 14:1-2 203-216.

2. Lang, M. 2011. El cultivo del cártamo *(Carthamus tinctorius* L.) en la región semiárida pampeana: Ensayo comparativo de rendimiento. Revista de la facultad de Agronomía - UNLPam – Vol:22 32-36.

3. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina. Sistema integrado de información Agropecuaria. 2013. En: http://www.siia.gob.ar/index.php/servicios/series-y-estadisticas. Consultado el 03/04/2013

4. Mündel, H. H.; Blackshaw, R. E.; Byers, J. R.; Huang, H. C.; Johnson, D. L.; Keon, R.; Kubik, J.; Mckenzie, R.; Otto, B.; Coth, B. and Stanford, K. 2004. Safflower Production on the Canadian Prairies. http://safflower.wsu.edu/SafflowerProduction_Canada.pdf.

5. Rebora, C; Lelio, H; Gómez, L; Barros, A. 2007. Rendimiento de aceite de colza cultivada bajo riego. Mendoza (Argentina) Rev. FCA UNCUYO. 39(2): 101-108.

6. Rivas, J.; Matarazzo, R. 2009. Producción de cártamo: consideraciones generales. Boletín de Divulgación Nº 20 INTA.

7. Rivas, J. 2011. Convenio Oleaginosas Moreno SA-EEA INTA Hilario Ascasubi. Resultados de la actividad con el cultivo de cártamoen 2010-2011. En: http://inta.gob.ar/documentos/resultados-de-cartamo.-campana-2010-11/, consultado el 11 de marzo de 2013.

8. Şensöz, S.; Angın, D. 2008. Pyrolysis of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed press cake: Part 1. The effects of pyrolysis parameters on the product yields. Bioresource Technology, Volume 99:13 5492-5497.

9. Zahir Duz, M.; Saydut, A.; Ozturk, G. 2011. Alkali catalyzed transesterification of safflower seed oil assisted by microwave irradiation. Fuel Processing Technology, Volume 92:3 308-313.

Agradecimientos

Se agradece al IDE (Instituto de Energía, UNCuyo) el apoyo económico para poder realizar la investigación. Al Ing. Agr. Julio Rivas (INTA Hilario Ascasubi) por entregarnos el material genético. A la Cátedra de Meteorología de la FCA, UNCuyo por la provisión de datos meteorológicos.

Tema 4: Aplicaciones de Energía Solar

- DISMINUCIÓN EN LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS CON EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN EN SANTIAGO DEL ESTERO
- MONITOREO DE UN SISTEMA DE CONCENTRADORES SOLARES MEDIANTE UNA RED DE SENSORES Y PROCESAMIENTO EMBEBIDO
- UN NUEVO DESTILADOR SOLAR QUE OPERA EN CUATRO ETAPAS RECUPERANDO EL CALOR DE CONDENSACIÓN DE CADA UNA (Segunda parte experimental: Producción y Temperatura en las Bateas)
- ESTUDIO SOBRE LA FACTIBILIDAD DE REEMPLAZO DE DESTILADORES ELÉCTRICOS POR DESTILADORES SOLARES EN LA U.N.R.C.
- EVOLUCIÓN TÉRMICA DE UN HORNO SOLAR CON Y SIN MATERIAL DE CAMBIO DE FASE
- TECNOLOGÍAS RENOVABLES APLICADAS A LAS ESCUELAS RURALES

DISMINUCIÓN EN LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS CON EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN EN SANTIAGO DEL ESTERO

Juárez C.R.[1], Fernández R. A.[2], Rodríguez R.[3], Fernández F.[4], Vera L.[5]

1. Laboratorio de Física – Centro de Sistemas de Potencia y Energías Renovables (CESPER) - cesper@unse.edu.ar.
2. Laboratorio de Electrónica – Centro de Sistemas de Control y Electrónica de Potencia (CESCyEP) – raf@unse.edu.ar
1234. Instituto de Tecnologías Aplicadas (ITA) – Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías.
Univ. Nac. de Santiago del Estero. Av Belgrano (s) 1912 – CP 4200 – Santiago del Estero. – Argentina.-
5. GER – FACENA – Univ. Nac. del Nordeste (UNNE) – lh_vera@yahoo.com.ar

RESUMEN: El presente trabajo tiene como objetivo evaluar las características eléctricas y térmicas de módulos fotovoltaicos con el fin de determinar la variación en la capacidad de generación de energía como consecuencia del tiempo de exposición en un clima semiárido. Se determinaron, con un equipo comercial (HT I-V 400), las características eléctricas de módulos, con nueve y catorce años de operación. Dichos dispositivos fotovoltaicos se encontraban instalados en dependencias de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la UNSE. Los módulos se ensayaron expuestos a sol natural , temperaturas nominales de trabajo y superficie de captación limpia. Durante los ensayos, se realizaron imágenes termográficas con el fin de registrar el comportamiento térmico de las celdas. Se buscó cuantificar la potencia nominal de los módulos, para luego comparar los valores obtenidos con los ofrecidos por el fabricante (comparación solo utilizada como referencia ya que no se tienen las curvas exactas de los módulos antes de la instalación) y determinar una tendencia. Así también se analizó si el módulo fotovoltaico tuviera algún tipo de falla en particular. Los resultados obtenidos son consistentes con los publicados por otros autores que trabajaron en el tema. La experiencia realizada muestra la necesidad de evaluar los dispositivos con años de operación, y a su vez da cuenta de la capacidad técnica y humana del Instituto de Tecnologías Aplicadas de la FCEyT - UNSE para realizarla.
Palabras clave: módulos fotovoltaicos, Energía Solar, Curva I-V.

Abstract:
The present study aims to evaluate the electrical characteristics also considering the thermal behavior of photovoltaic cells polycrystalline silicon material, in order to determine the change in generation capacity as a result of the natural course of the exposure time in semiarid climate. The electrical characteristics of modules were determined with the instrument HT IV 400, with nine and fourteen years of operation. These photovoltaic devices were installed in dependencies of the Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías of the UNSE. The modules were tested in the sun at ambient temperature and with its active area cleaned. During the tests, thermal images were performed in order to register the thermal behavior of the cells. We sought to quantify the power rating of the modules and compare the values obtained with those offered by the manufacturer (comparison used for reference only in absence of the exact curves of the modules before installation) and determine a trend. It was also analyzed whether the PV module had some kind of failure in particular. The results are consistent with those published by other authors who worked on the topic. Experience shows on the need to evaluate devices with years of operation, and also

realizes the technical and human capacity of the Instituto de Tecnologías Aplicadas FCEyT - UNSE to do it.

Keywords: photovoltaic modules, performance, lifetime.

INTRODUCCIÓN

La disminución de capacidad de generación de los módulos fotovoltaicos, y de su comportamiento general con el transcurso del tiempo de exposición (envejecimiento), es importante evaluarlo para el diseño de plantas generadoras. La certeza, a largo plazo, del comportamiento de los módulos fotovoltaicos es importante para asegurar el éxito futuro de esta tecnología y su implementación como fuente de energía eléctrica. Los periodos de mantenimiento y garantía deben ser fijados conociendo la fiabilidad de los módulos y las condiciones de instalación, de la misma manera que los cálculos de la energía producida al cabo de su vida útil deben hacerse teniendo en cuenta esta información.

Para estudiar el envejecimiento de módulos fotovoltaicos se deben hacer ensayos simulando un envejecimiento prematuro en cámaras especialmente diseñadas, o bien se realizan mediciones sobre módulos expuestos al sol por largos periodos de tiempo.

En el primer caso un ensayo típico de módulos comprende una secuencia, a lo largo de 12 meses, en los cuales éstos son sometidos a condiciones de radiación ultravioleta, corrosión por sprays salinos, ciclos de radiación térmica, humedad, congelamiento y exposición en campo en temporada pico de verano, para finalmente realizar las inspecciones visuales, obtener las curvas I-V, y hacer un registro fotográfico y termográfico (Atlas – M.T.T. 2009).

La información publicada y disponible en la actualidad sobre este tema está referida a las tecnologías de silicio monocristalino y policristalino. Aun no se cuenta con suficientes estudios teóricos o reales de otras tecnologías debido a que su aplicación comercila es reciente (menos de 20 años).

Existen artículos científicos cuyos resultados presentan una disminución de la potencia de salida en un rango que va desde 1,8% a 11,8% en un período de 6 años (Vera L. et al., 2006) y otros realizados en periodos de tiempo más amplios con pérdidas de potencia total de similares porcentajes (Sidrach de Cardona M. et al, 2010).

Por otro lado, cuando se estudia el envejecimiento de módulos expuestos naturalmente al sol, una condición que puede resultar determinante de la vida útil de los mismos es la rigurosidad del clima en el cual estos están instalados. Estas condiciones pueden generar mecanismos de degradación que no son identificados durante los procedimientos de prueba acelerados, como erosión del vidrio, oxidación de la capa antirreflectiva y de la grilla de metalización, generación de hongos por humedad, perdida de transparencia óptica, etc. En relación con la rigurosidad del clima, la zona en la que se encuentran las ciudades de Santiago del Estero y La Banda se caracterizan por un clima semiárido. Los registros correspondientes al periodo 1991-2002 dan cuenta de un régimen anual de lluvias promedio de 560 mm, lo cual es relativamente bajo (Galván L. et al., 2003), con una irradiación solar media diaria a lo largo del año de 4 KWh/m^2 (Grossi G., Righini, 2007). Esta característica climática, puede considerarse un atenuante al momento de considerar las filtraciones de humedad como causa posible de envejecimiento. Sin embargo, el clima seco propicia la presencia de polvo en el aire que se deposita sobre la superficie de los módulos. Para evitar la pérdida de rendimiento por este motivo es necesario programar limpiezas frecuentes según sea necesario.

Los mecanismos de envejecimiento o degradación puede deberse a cinco razones principales (Vera L.et al, 2006):

1. Degradación de la cubierta de Etileno Vinil Acetato (EVA)
2. Acumulación de polvo sobre el plano activo.
3. Degradación de la conexión entre las células.
4. Ingreso de humedad y aire.
5. Degradación del semiconductor.

El estudio permite observar que existe una disminución de la capacidad de generación, con el tiempo de exposición, no uniforme, entre módulos de igual y distinto fabricante. Estos ensayos tienen actualmente un relevancia importante ya que a través de iniciativas de programas de electrificación rural se buscar recuperar o repotenciar sistemas fotovoltaicos autónomos que fueron instalados años atrás. Por lo tanto, se reafirma la necesidad de evaluar correctamente los parámetros eléctricos de dispositivos fotovoltaicos antes de ser reutilizados, con el fin de evitar que se presenten pérdidas por desacoplamiento cuando estos dispositivos sean instalados nuevamente.

Para su correcta re-utilización, es necesario recurrir a la caracterización individual de cada dispositivo. El instrumento HT IV-400, perteneciente al laboratorio de electrónica de la FCEyT UNSE, integrado a su vez al Instituto de Tecnologías Aplicadas (ITA) tiene la capacidad de realizar dichos ensayos.

Se realizó un análisis de la influencia de los factores mencionados operando conjuntamente ya que no se pretende individualizar en este trabajo el efecto de cada uno de ellos sobre el rendimiento del panel fotovoltaico por separado. Se buscaron variaciones que puedan detectarse por inspección visual, por medición de parámetros eléctricos, por modificación de la curva característica o debido a la aparición de puntos calientes. Los resultados obtenidos permiten conocer la capacidad real de generación.

METODOS Y ENSAYOS.

El generador fotovoltaico objeto de estudio está compuesto de 6 módulos de la misma marca y modelo (Solarex VLX-53), de silicio policristalino de 53 Wp y estuvieron instalados en dependencias de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (FCEyT – UNSE).

Este tipo de módulo está constituido por 36 céldas de silicio policristalino, de 96 mm x 112 mm, conectadas en serie. Las celdas están encapsuladas con acetato de etileno-vinilo (EVA) entre un vidrio templado de alta transmitancia, una lámina trasera compuesta de Tedlar® (PVF) y poliéster (PET) con una configuración PVF/PET/PVF. Cada módulo tiene caja de conexión tipo II clase B y marco de aluminio anodizado. Las medidas del módulo son 500 mm x 937 mm y fueron limpiados por su lado activo antes de los ensayos de caracterización eléctrica.

De los 4 módulos ensayados dos (2) fueron expuestos durante 9 años (a los que en adelante se denominaran módulo 9-1 y módulo 9-2), y otros dos expuestos durante 14 años (módulo 14-1 y módulo 14-2).

Los datos del fabricante de dichos módulos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Datos de placa de los módulos ensayados.
Corresponden a Tcel = 25 °C, y 1000 W/m^2.

Pmax	53.0 W
Voc	21.3 V
Isc	3.33 A
Vpmax	17.2 V
Ipmax	3.08
α	2.5 mA/°C o
β	-73mV/°C o -
γ	-0.38%/°C

En la Tabla 1, los parámetros de la primera columna representan:

Pmax:	Potencia entregada en el punto de máxima potencia.
Voc:	Voltaje de circuito abierto.
Isc:	Corriente de cortocircuito.
Vpmax:	Voltaje en el punto de máxima potencia.
Ipmax:	Corriente en el punto de máxima potencia.
α:	Coeficiente de temperatura de corriente de cortocircuito
β:	Coeficiente de temperatura de voltaje de circuito abierto.
γ:	Coeficiente de temperatura de potencia máxima.

Los parámetros eléctricos se identifican en la gráfica de la figura 1.

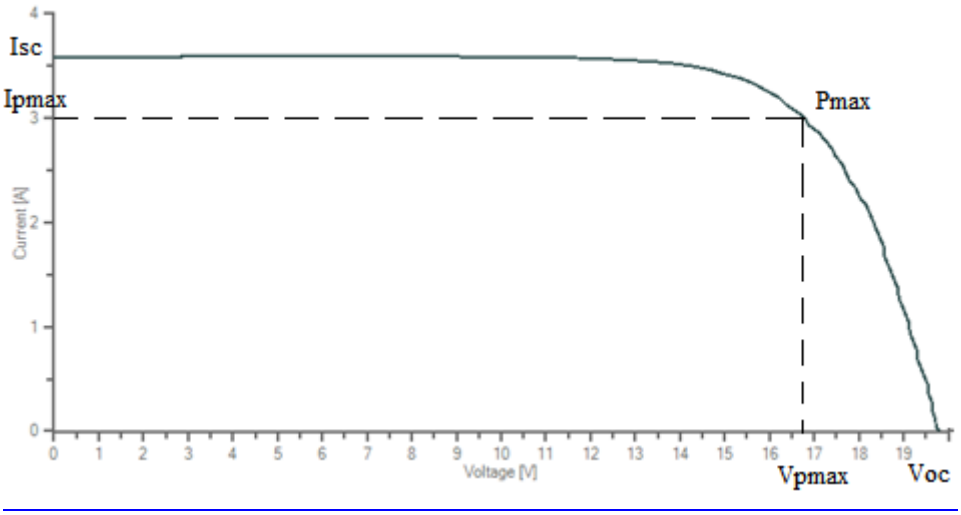


Figura 1.- Representación de los parámetros característicos en la curva IV.

Equipo para medir las características eléctricas de los módulos fotovoltaicos.

La caracterización eléctrica se realizó en condiciones de radiación solar en días de cielo claro, en horario próximo al mediodía solar, en dependencias de la UNSE. Siguiendo las recomendaciones del estándar IEC 60904-2006, IEC/EN 60891 e IRAM 210013-2. Para la

verificación de la característica I-V fue empleado un instrumento comercial denominado HT I-V400 (Figura 2), proyectado en conformidad a las directivas IEC/EN 61010-1 relativas a los instrumentos de medida electrónicos. El mismo cuenta con una celda de referencia para cristal mono o poli cristalino y con sensor PT300N para registrar temperatura de celda (con un acoplamiento térmico apropiado en la parte posterior de los módulos) y otro para medir temperatura ambiente.

El HT I-V400 cuenta con una base de datos de módulos de marcas comerciales que constituyen la referencia para las curvas nominales. En caso de no disponer de los datos del módulo que se desea ensayar, pueden agregarse los de placa y grabarse en la memoria para posteriores usos. El instrumento puede mostrar las curvas I-V en las condiciones de operación al momento del ensayo, corregidas a condiciones estándar como así también a partir de los datos ofrecidos por el fabricante para realizar la curva nominal.

Para minimizar los errores de cada medida y los de conversión a situación estándar, se han impuesto las siguientes condiciones: irradiancia global en el plano de paneles mayor que 800 W/m^2, variación máxima de la misma al momento de la medición < 1%, variación máxima de la temperatura de celda durante el tiempo de medición < 1 °C y velocidad de viento < 1m/s.

Al tiempo que se hicieron las mediciones antes mencionadas, se tomaron imágenes termográficas haciendo uso de la cámara infrarroja Fluke TI-25, la cual cumple las normas de seguridad indicadas en la directiva IEC 61010-1 2° Ed.

a) b)

Figura 2.- a) Analizador de curvas I-V, marca HT modelo IV-400. b) Cámara termográfica Fluke TI 25.

Análisis y Resultados.

A través de una inspección visual se constató que al momento del ensayo los módulos no presentan evidencias de impactos o roturas, ni de penetración de humedad en el encapsulado como así tampoco signos de sobrecalentamiento. Se encontró evidencia de un deterioro normal debido a los años de exposición a la intemperie (cambio en la textura del marco de aluminio, deterioro del plástico de la caja de conexiones, etc.).

Debido a que no se cuenta con curvas de ensayo de los módulos sin uso, se efectúa la comparación en relación a la curva nominal solo a los efectos de tener una referencia. Las curvas fueron trasladadas a condiciones estándar (STC), por el mismo instrumento, HT I-V 400 que sigue el procedimiento descripto en la IEC 60891-2009, con los parámetros de traslación dados por el fabricante que fueron grabados oportunamente. Esto nos permitiría determinar los parámetros característicos: corriente de cortocircuito, tensión de circuito abierto, factor de llenado, corriente de punto de máxima potencia, tensión de dicho punto y potencia eléctrica máxima.

Los valores de los puntos característicos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 2. Parámetros característicos obtenidos para cada módulo en relación a los valores nominales que publicó el fabricante.

	Pmax [W]	Voc [V]	Vmpp [V]	Impp [A]	Isc [A]	FF
Nominal	53.00	21.30	17.20	3.08	3.33	75
9-1	42.35	20.28	15.75	2.69	2.89	72
9-2	45.42	21.27	16.95	2.68	2.95	72
14-1	44.09	21.05	16.57	2.66	2.91	72
14-2	44.95	21.20	16.77	2.68	2.96	72

A continuación se muestran las características eléctricas representativas de una serie de mediciones obtenidas para los dos módulos expuestos durante 9 años (9-1 y 9-2).

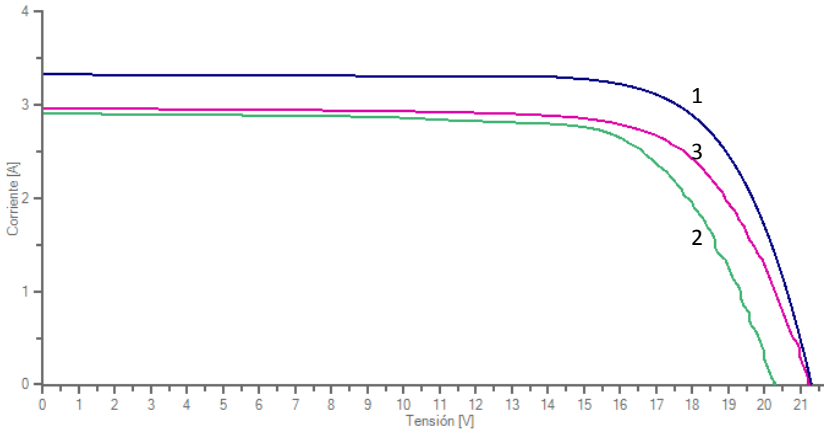


Figura 3. (1): I-V Nominal, (2): I-V en condición estándar de módulo 9-1, (3): Característica I-V en condición estándar de módulo 9-2.

Se observa en la curva 2 una significativa disminución en la tensión de circuito abierto indicando una degradación mayor o defectos de fabricación o acoplamiento de celdas en el módulo 9-1 respecto del módulo 9-2.

Si comparamos entre sí los módulos expuestos durante 14 años obtenemos lo siguiente:

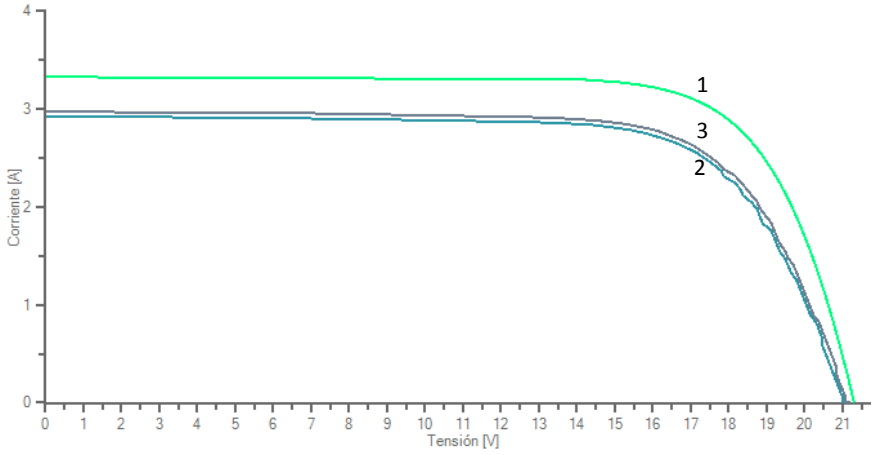


Figura 4. (1): I-V Nominal, (2): I-V en condición estándar de módulo 14-1,(3): Característica I-V en condición estándar de módulo 14-2.

En este caso puede observarse que si bien uno de los módulos (el 14-1) muestra mayor degradación (respecto al módulo 14-2) la diferencia es pequeña en relación al caso de los módulos expuestos durante 9 años.

Si comparamos ahora las características entre 9 años y 14 años obtenemos lo siguiente:

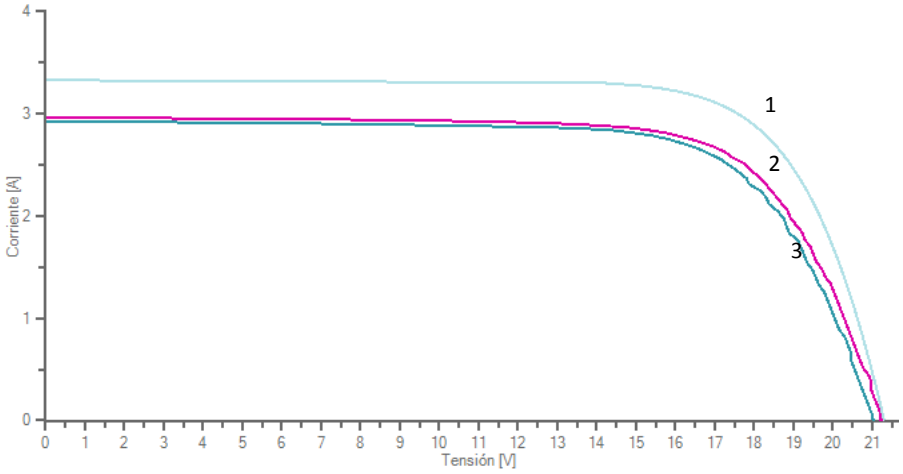


Figura 5. Curva 1: I-V Nominal, Curva 2: I-V en condición estándar de módulo con 9 años de exposición (9-2), Curva 3: Característica I-V en condición estándar de módulo con 14 años de exposición (14-1).

Esta figura muestra el caso más desfavorable para la comparación entre la curva nominal y las de los módulos expuestos durante 9 y 14 años.

En la Tabla 4 se presentan las diferencias porcentuales relativas a los valores nominales.

Tabla 4. Diferencias porcentuales relativas .

Designación	ε%(Pmax)	ε%(Voc)	ε%(Vmpp)	ε%(Impp)	ε%(Isc)	ε%(FF)
9-1	-20.09	-4.79	-8.43	-12.66	-13.21	-4.00
9-2	-14.30	-0.14	-1.45	-12.99	-11.41	-4.00
14-1	-16.81	-1.17	-3.66	-13.64	-12.61	-4.00
14-2	-15.19	-0.47	-2.50	-12.99	-11.11	-4.00

Si se considera en esta tabla la columna correspondiente a las diferencias porcentuales en la potencia máxima se evidencia el significativo deterioro del módulo 9-1 en relación a los demás.

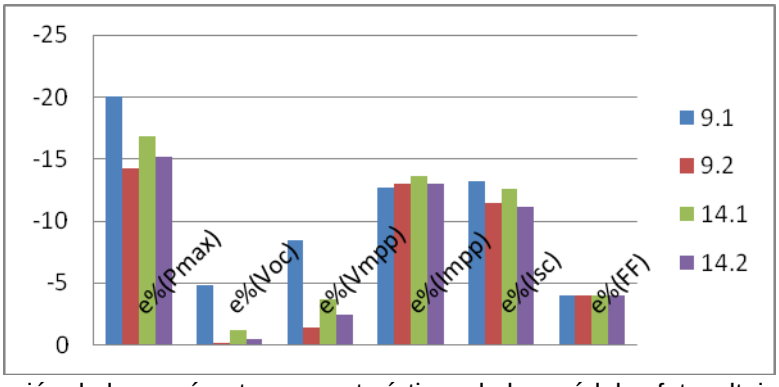


Figura 6. Variación de los parámetros característicos de los módulos fotovoltaicos

En la figura 6 se muestra la diferencia porcentual relativa en cada uno de los parámetros característicos para los módulos ensayados. Si observamos la columna correspondiente a las diferencias porcentuales en la potencia máxima se pone nuevamente de manifiesto la significativa degradación del módulo 9-1 en relación a los demás, así como también se observa la disminución en la tensión de cortocircuito (Voc) del mismo módulo.

De las imágenes termográficas tomadas hacemos referencia a la de la figura 7, en la que se observa una desigualdad apreciable en la temperatura de celdas. Esta imagen fue tomada del lado activo del módulo 9-2 (representado en la curva 2 de la figura 4) después de 10 minutos de exposición al sol en condición de corto circuito. Si bien la escala a la izquierda de la imagen no puede ser considerada confiable, consideramos que sí es válida para indicar una diferencia relativa de temperatura entre celdas en un rango que podría estar entre 13° C y 15° C. A pesar de ello, esta diferencia no es significativa como para indicar la presencia de puntos calientes en condiciones de operación.

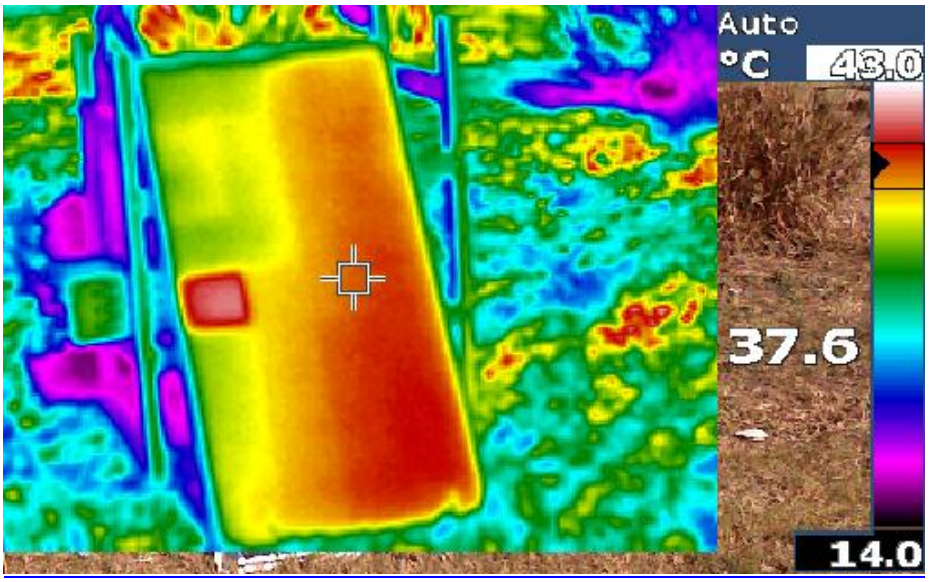


Figura 7. Imagen termográfica de módulo 9-1. Vista del lado activo después de 10 minutos en cortocircuito.

CONCLUSIONES

Con el trabajo efectuado verificamos, salvo en el caso de uno de los módulos (el 9-1), la tendencia a la disminución de la potencia máxima capaz de ser producida por módulos fotovoltaicos como consecuencia del tiempo de exposición a la radiación solar, debida fundamentalmente a la disminución en la capacidad del módulo de producir corriente.

De las mediciones realizadas se observa que los valores de Pm e Isc son los que experimentaron una mayor variación respecto de los demás parámetros. Los resultados sugieren que la disminución porcentual en la potencia máxima con 9 años de exposición puede estar alrededor del 14,5%, y con 14 años de exposición entre 15 y 17 % (16% en promedio), lo cual es consistente con lo esperado a partir de los resultados publicados en trabajos de referencia. Por otro lado, el deterioro prematuro del módulo 9-1 y la disminución de voltaje de circuito abierto podría estar indicando la degradación del material semiconductor. Esto muestra la necesidad de caracterizar los dispositivos antes de su re-instalación.

Se considera como una opción interesante estudiar, en un trabajo futuro, las curvas de acoplamiento en serie y paralelo de los módulos con 9 años de exposición mostrando lo que sucede cuando se conectan dispositivos iguales que variaron su característica eléctrica con el tiempo y como esto afecta a la potencia que pueden entregar.

Esta experiencia permitió afianzar las destrezas del grupo investigador para la caracterización de módulos fotovoltaicos.

REFERENCIAS

Alcor E. (2008) – Instalaciones Solares Fotovoltaicas – Edit. Progensa – ISBN 9788495693457 – pag. 46.

Atlas (2009) - Material Testing Technology - #1 Solar Brochure - http://pdf.directindustry.com/pdf/atlas-material-testing-technology/solar-brochure/27780-169327.html

Duffie J. A., Beckman W. A. (1991). Solar Engineering of Thermal Processes, 2nd edition, Chapter 23, pg. 768-794. Wiley Interscience, New York.

Dunlop Ewan D., Halton D. (2006) - The Performance of crystalline Silicon Photovoltaic Solar Modules after 22 years of continuous Outdoor Exposure.- Progress in Photovoltaics Research and Applications. 14: 53-64.

Galván L, Infante C., Acuña L. R., Angueira C. (2003) - Análisis Espacial de Precipitaciones en la Provincia de Santiago del Estero a escalas temporales mensual y Anual. – Congreso Regional de Ciencia y Tecnología NOA 2003 – Secretaría de Ciencia y Tecnología – Universidad Nacional de Catamarca – Sección Ciencias de la Tierra – Pag. 1-17.

Grossi G. H., **Righini R.** (2007) – Atlas de energía solar de la república argentina.- Univ. Nac. de Luján – Secretaría de Ciencia y Tecnología – Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-987-9285-36-7.

IEC 60904-1. 2006. Photovoltaic devices - Part 1: Measurement of photovoltaic current voltage characteristics, Second edition, International Electrotechnical Commission, Geneva (Switzerland).

IEC 60891 ed2.0 (2009) Photovoltaic devices – Procedures for temperatura and irradiance correction to measured I-V characteristics. 2009-12-14

IRAM 210 013-2 (1998) – Módulos Fotovoltaicos – Características eléctricas en condiciones normalizadas.- Photovoltaic modules. Method for determining current voltajes characteristics. 1998-12-18.

Montero, M; Acosta, D; Fernández, G; Cadena C (2002).- Deterioro del Eva de Paneles Fotovoltaicos.- Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 6, 1, 4.43 – 4.48

Sidrach de Cardona M, Sanchez Friera P, Piliougine M, Pelaez J, Carretero J, Mora Lopez L. (2010) – Degradación de módulos fotovoltaicos de silicio cristalino tras 12 años de operación en España – IV Conferencia Latinoamericana de Energía Solar y XVII Simposio Peruano de Energía Solar. Cusco. Perú.

Vera L.H., Prieb C. W. M., Krenzinger A. (2006) – Variación del desempeño de Módulos Fotovoltaicos después de 6 años de operación – Resumen T-039 – Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2006 – Universidad Nacional del Nordeste.

MONITOREO DE UN SISTEMA DE CONCENTRADORES SOLARES MEDIANTE UNA RED DE SENSORES Y PROCESAMIENTO EMBEBIDO

Villena, Maiver; Hoyos, Daniel; Serrano, Victor

Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO-CONICET) Consejo de Investigación - Universidad Nacional de Salta Av. Bolivia 5150 - A4408FVY Salta, República Argentina
FAX 54 387 4255489 e-mail: maiver@inenco.net

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo construir un sistema de monitoreo de parámetros meteorológicos y de posición para sistemas de generación de vapor que utilizan espejos del tipo fresnel. Esta información será utilizada in situ o en la red.

Palabras clave: Energías Renovables, electrónica de control, redes de sensores, procesamiento embebido.

Abstract

This paper aims to build a monitoring system for meteorological and positional parameters for steam generation systems using linear fresnel solar concentrators. This information will be used on site or online.

Keywords: Renewable Energy, control electronics, sensor networks, embedded processing.

Introducción

La adquisición de datos para el monitoreo en sistemas de generación de vapor mediante concentradores solares lineales del tipo fresnel, requiere la distribución de sensores en un área extensa y en general se suelen utilizar dispositivos muy heterogéneos, que pueden incluir dispositivos para la captura de imágenes que permitan monitorear las condiciones climáticas del lugar de la instalación, así se pueden instalar cámaras para observar el cielo y detectar la presencia de nubes que eventualmente podrían representar una amenaza para la instalación, principalmente de los elementos más delicados como son los espejos que integran los concentradores solares de tipo fresnel.

A los fines de monitorear este tipo de instalaciones, muchas veces se ha utilizado módulos de adquisición independientes, de un solo canal, con acumulación de datos en memorias del tipo flash (Flores Larsen, 2010). En este caso particular no se requiere del cableado de la instalación, pero deben disponerse de muchos dispositivos y no es posible realizar un monitoreo automático e instantáneo de todo el conjunto de datos. Los dataloggers independientes (del tipo stand-alone) HOBO son un ejemplo de este tipo de equipos. A pesar que la tecnología ha evolucionado hasta proveer dataloggers individuales con varios canales, dataloggers inalámbricos y dataloggers que proveen interfaces para su conexión en red, el coste de estos equipos comerciales dificulta su empleo. La figura 1 muestra el prototipo de una instalación de generación de vapor para la generación eléctrica mediante concentradores solares del tipo fresnel en el campus experimental del INENCO, esta instalación es el objeto de monitoreo del presente trabajo.

Fig. 1: Concentrador solar lineal de tipo fresnel

En la última década han aparecido nuevos circuitos electrónicos que han posibilitado a su vez el desarrollo y la ubicuidad de las redes de sensores. En este trabajo se muestra el desarrollo de un sistema de adquisición y control que utiliza distintas tecnologías de conectividad.

Las redes de sensores tienen aplicación en numerosos campos de la actividad en donde se requiere la toma de datos en sitios dispersos. En el campo de la agricultura se puede citar el monitoreo de la vitivinicultura de precisión (Matese et al., 2009). Se desarrollaron también para aplicaciones en el campo de la ingeniería ambiental, (Capella et al., 2011), de las acuacultura, (Crowley et al., 2005), y de las ciencias del deporte (Qia et al., 2012).

En este trabajo se describe una red de sensores diseñada para el monitoreo y control de un sistema de espejos del tipo fresnel que permite medir diversas variables: temperatura, humedad, angulo, e imágenes. Estos nodos se conectan sobre un sistema central de procesamiento y control.

Sistema general

La arquitectura del sistema desarrollado es una red de sensores con tres tipos de nodos:

- Los nodos de adquisición de datos propiamente dichos, enlazado con una red inalámbrica bluetooth.
- El nodo de adquisición de imágenes sobre una red de área local
- El nodo central de control

El nodo de adquisición de datos se implementó a partir de un microcontrolador PIC18F4550 con un módulo bluetooth shield V2.2 para la arquitectura de red. El microcontrolador permite utilizar 12 canales analógicos, dos módulos PWM y 32 canales digitales. El módulo bluetooth permite configurar como esclavo y ser accedido mediante una interfaz RS-232.

El nodo de adquisición de datos se implementa sobre una red de área local, aprovechando las facilidades de conexión ethernet del sistema embebido. Mediante una cámara IP utilizada como dispositivo de captura de imágenes, y transporte de datos al nodo central.

El nodo central está compuesto por un sistema embebido que utiliza un sistema operativo linux. El mismo puede realizar adquisición de datos en forma directa en conexión con el nodo de adquisición de imágenes, las procesa y permite la conexión con el exterior mediante una red de área amplia.

Sistemas embebidos

En los últimos años surgieron muchas opciones de diversos fabricantes destinados a sistemas de control con sistemas embebidos, como también se ofrecen dispositivos con funcionalidades similares a una computadora personal con un equipamiento mínimo y de costo reducido. En este tipo de dispositivos podemos encontrar procesadores dimensionados cuidadosamente para realizar determinadas tareas con el menor consumo posible. Son dispositivos diseñados con una cantidad de memoria razonable, un circuito del tipo System On Chip (SoC) que concentran el procesamiento gráfico compartiendo la memoria con el procesador principal de sistema. Así podemos encontrar en el país equipos de este tipo: BeagleBone, Raspberry Pi y otros, gobernados con procesadores ARM similares a los que operan los smart phones y tablets. Generalmente incluyen entre 256 y 512 MB de memoria principal (compartida entre memoria de uso general y GPU para el video) el almacenamiento principal se realiza en memorias del tipo SD (similares a las utilizadas en las cámaras fotográficas) y puertos de entrada/salida de uso general.
En lo referente al software, debido a las limitantes de la memoria y capacidad de procesamiento, generalmente se opta por el uso de distribuciones linux adaptadas a la familia ARM, de este modo se puede operar con estos sistemas con toda la potencia de un sistema operativo linux y el dimensionamiento adecuado a las necesidad del diseño.

El nodo de adquisición de datos

Está compuesto por un microcontrolador PIC18F4550 el cual fue programado utilizando C18. El funcionamiento del mismo consiste en esperar que el módulo RS-232 reciba una orden según el protocolo que se muestra en la figura 3 y realiza esas acciones. Las cuales se pueden dividir en:

1. Control de motor paso a paso
2. Control de servomotor
3. Control de puertos digitales
4. Medición de canales anlógicos
5. Medición de temperatura
6. Control de módulo PWM

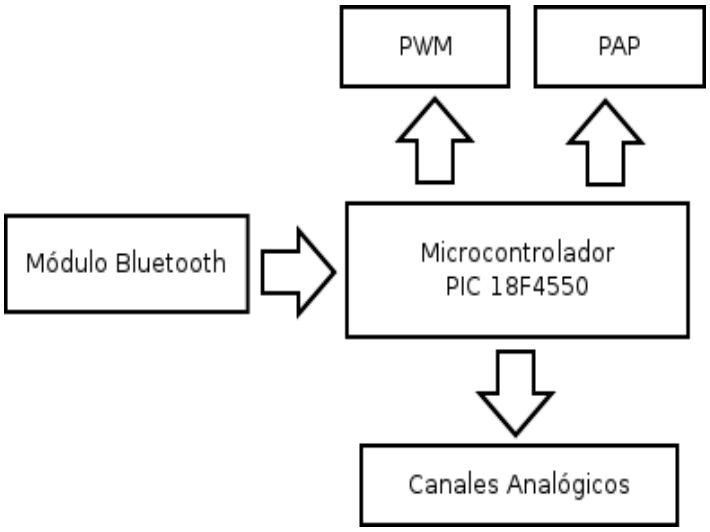


Fig 2: Diagrama de bloque de nodos sensores

Para la interoperabilidad de los distintos nodos que componen la red de sensores, se tuvo que implementar un protocolo propio para definir y codificar las distintas operaciones que involucran a los componentes electrónicos de cada nodo y su inclusión en la red.
Los campos del protocolo desarrollado se muestran en la tabla 1.

Encabezado	Número	Función	Numérico	Terminador

Tab. 1: Campos del protocolo incorporado

En donde el campo Encabezado está compuesto de tres variables identificados con los caracteres “abc”. Número es el campo que identifica al dispositivo. En el campo Función se codifican las acciones que puede realizar el sistema, está dividida en dos sub-campos: en el primero se elige, motor paso a paso, servomotor, salida digital, AD PWM, temperatura; mientras que en el segundo las acciones ya sea para activar o desactivar un puerto. Numérico es el campo donde se ubican los datos numéricos que necesitan algunas instrucciones. Terminador es una bandera especificada por el carácter “t” que se utiliza para indicar que se terminó de enviar la información.
La conexión RS-232 se conecta al módulo bluetooth el cual brinda una conexión transparente con el sistema central.
La figura 3 muestra la implementación del protocolo para la red de sensores, con sus correspondientes campos y operadores.

	Encabezado			Numero		Funcion	Funcion	Numerico					Terminador	Funciones
Motor paso a paso	a	b	c	0	1	p	p	1	2	3	4	5	t	Prender motor paso a paso
	a	b	c	0	1	p	a	1	2	3	4	5	t	Apagar motor paso a paso
	a	b	c	0	1	p	i	1	2	3	4	5	t	Girar sentido horario
	a	b	c	0	1	p	d	1	2	3	4	5	t	Girar en sentido antihorario
	a	b	c	0	1	p	v	1	2	3	4	5	t	Tiempo entre pasos del motor
	a	b	c	0	1	p	r	1	2	3	4	5	t	Velocidad rapida
	a	b	c	0	1	p	n	1	2	3	4	5	t	Velocidad lenta
Servomotor	a	b	c	0	1	e	p	1	2	3	4	5	t	Prender servomotor
	a	b	c	0	1	e	a	1	2	3	4	5	t	Apagar servomotor
	a	b	c	0	1	e	v	1	2	3	4	5	t	Periodo total
	a	b	c	0	1	e	e	1	2	3	4	5	t	Tiempo Alto
Puertos Digitales	a	b	c	0	1	u	0	1	2	3	4	5	t	Apagar puerto D0
	a	b	c	0	1	u	1	1	2	3	4	5	t	Prender puerto D0
	a	b	c	0	1	u	2	1	2	3	4	5	t	Apagar puerto D1
	a	b	c	0	1	u	3	1	2	3	4	5	t	Prender puerto D1
	a	b	c	0	1	u	4	1	2	3	4	5	t	Apagar puerto D2
	a	b	c	0	1	u	5	1	2	3	4	5	t	Prender puerto D2
	a	b	c	0	1	u	6	1	2	3	4	5	t	Apagar puerto D3
	a	b	c	0	1	u	7	1	2	3	4	5	t	Prender puerto D3
	a	b	c	0	1	u	a	1	2	3	4	5	t	Apagar puerto D4
	a	b	c	0	1	u	b	1	2	3	4	5	t	Prender puerto D4
	a	b	c	0	1	u	c	1	2	3	4	5	t	Apagar puerto D5
	a	b	c	0	1	u	d	1	2	3	4	5	t	Prender puerto D5
	a	b	c	0	1	u	e	1	2	3	4	5	t	Apagar puerto D6
	a	b	c	0	1	u	f	1	2	3	4	5	t	Prender puerto D7
	a	b	c	0	1	u	g	1	2	3	4	5	t	Apagar puerto D7
	a	b	c	0	1	u	h	1	2	3	4	5	t	Prender puerto D3
	a	b	c	0	1	u	8	1	2	3	4	5	t	Leer puerto B
Conversor AD	a	b	c	0	1	a	a	a	2	3	4	5	t	Leer Conversor AD0
	a	b	c	0	1	a	a	b	2	3	4	5	t	Leer Conversor AD1
Temperatura	a	b	c	0	1	t	0	1	2	3	4	5	t	Leer Temperatura
pwm	a	b	c	0	1	w	n	1	2	3	4	5	t	Escribir pwm

Fig 3: Protocolo definido

Nodo de Control

En el nodo de control se utilizó un sistema embebido que empezó a comercializarse en 2.012, se trata de un dispositivo que tiene una excelente relación costo/beneficio conocido comercialmente como Raspberry Pi; se puede utilizar para diversas aplicaciones, que van desde la domótica y control hasta para ser utilizado como un pequeño entorno de escritorio para desarrollo de aplicaciones embebidas. Este dispositivo cuenta con un procesador ARM. El equipo utilizado para este trabajo es la versión B de la Raspberry Pi y viene equipado con un microprocesador ARM1176JZF-S de 700 Mhz, cuenta con 512MB de RAM, memoria compartida con la GPU en un Broadcom BCM2835 SoC, en la práctica se obtienen unos 384MB de RAM para el usuario. Este sistema incluye Salida de Video Compuesto con un típico conector RCA, también incorpora un conector High Definition Multi-media Interface (HDMI) que permite conectar con un televisor o monitor de alta definición. El dispositivo cuenta con dos conectores USB 2.0, una interfaz de red Ethernet de 10/100 Mbps. Para nuestras pruebas utilizamos como almacenamiento una memoria SD de 8GB en la cual se instaló el sistema operativo para operar el dispositivo. La Raspberry Pi incluye un puerto con entradas/salidas de propósito general (General Purpose Input/Output: GPIO) que fueron utilizadas para el control propiamente dicho. Los pines GPIO permiten interactuar con diversos componentes electrónicos. La figura 4 muestra un sistema embebido Raspberry Pi conectado a una red ethernet mediante un conector RJ45 y alimentado mediante un conector microUSB.

Fig. 4: Raspberry Pi

El sistema operativo que comanda la Raspberry Pi es una distribución linux, la misma es sugerida por el fabricante con una adaptación a la Raspberry llamada Raspbian, la misma está basada en Debian 7.1 (wheezy) en incluye las utilidades básicas del sistema operativo, un escritorio gráfico de usuario LXDE con muy pocos requerimientos de hardware y algunas utilidades para la programación: un entorno de desarrollo para Python (IDLE) y el compilador GCC para el lenguaje C. Al tratarse de una distribución derivada de Debian, con sus correspondientes repositorios accesibles en internet se puede obtener más de 30.000 paquetes de software de la distribución. La figura 5 muestra el escritorio gráfico LXDE ejecutándose en Raspberry Pi y visualizado mediante un cliente VNC, desde la red de área local.

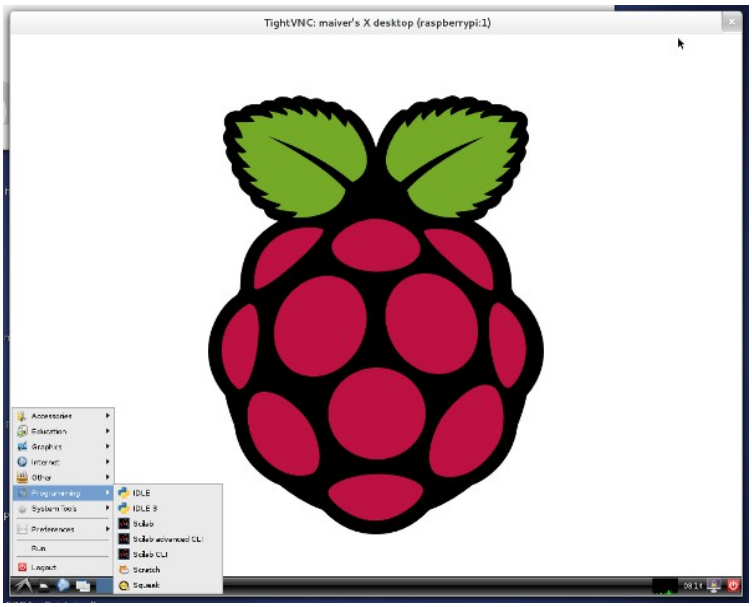


Fig 5: Escritorio LXDE en Raspberry Pi

Scilab

Para el control general del sistema se deben escribir un conjunto de programas con distintos módulos de aplicación, para ello se utilizó Scilab, un metapaquete de software libre que incluye un lenguaje de programación propio y un conjunto de potentes sentencias de procesamiento

matemático. Scilab provee una rica colección de algoritmos numéricos que cubren muchos aspectos de la programación científica. Al tratarse de software libre Scilab permite el agregado de módulos programados por la comunidad de usuarios en el mundo (ATOMS) para sumar funcionalidades no incluidas originalmente por los desarrolladores. Así podemos acceder a distintas toolboxs para tratamiento de señales o por ejemplo (como en nuestro caso) un módulo avanzado de procesamiento gráficos y video.
A pesar de las limitaciones del procesamiento en la Raspberry Pi, Scilab se ejecutó adecuadamente con las exigencias de los programas elaborados para las tareas específicas, como se puede apreciar en la figura 5.

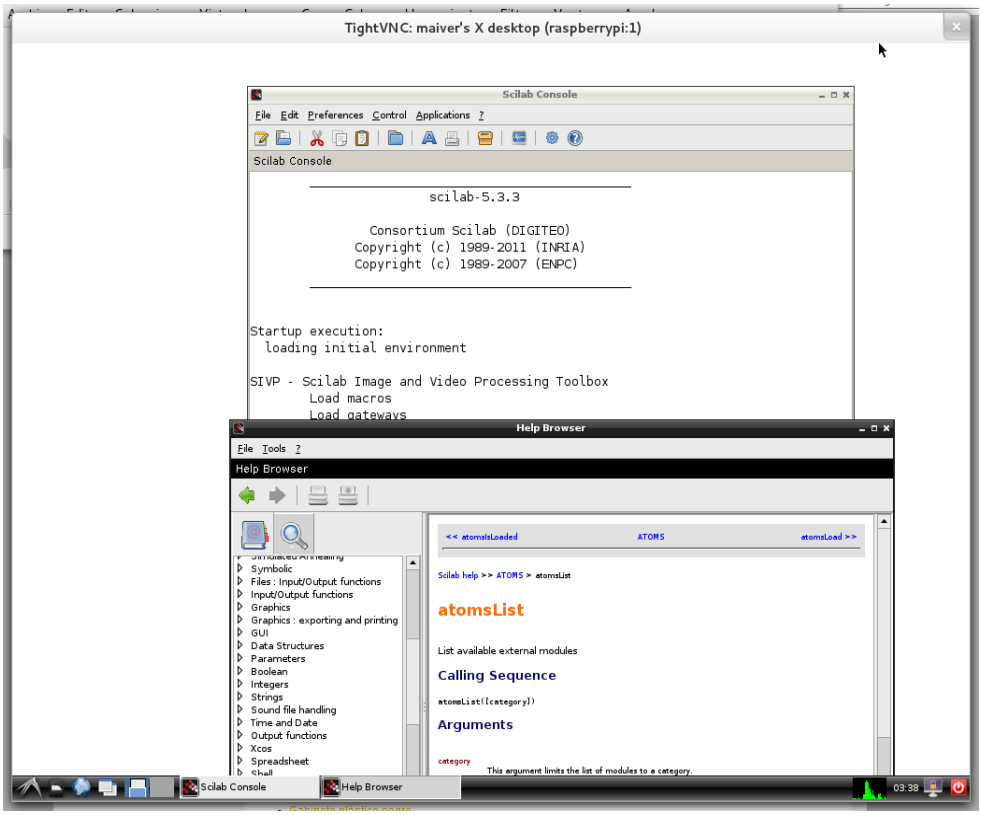


Fig 5: Raspberry Pi ejecutando Scilab

Procesamiento de imágenes con Scilab

Las contribuciones de la comunidad de software libre posibilitan el acceso a múltiples herramientas desarrolladas para tareas específicas. Uno de los atoms para Scilab utilizado en este trabajo es el SIVP (Scilab Image and Video Processing Toolbox) Esta librería de funciones para Scilab incluyen utilidades para el procesamiento de imágenes y video. Así rápidamente se pueden incluir porciones de código que se encargan de procesar imágenes digitales, aplicar filtros, buscar bordes, etc. De este modo nuestra aplicación puede trabajar con el conjunto de imágenes capturadas con la cámara que envía los archivos gráficos digitalizados a la Raspberry Pi para su análisis.

Comunicación Serie con Scilab

Una de las limitantes de Scilab es el hecho de no poder comunicarse directamente con dispositivos externos, sin embargo se puede utilizar el lenguaje intermediario Tcl/Tk soportado por Scilab de manera nativa, para acceder al puerto serie. En este trabajo se desarrolló una serie de

funciones en Lenguaje Scilab y sus correspondientes comandos Tcl/Tk a modo de librería (scidat) que se encarga de comunicarse con la interfaz RS-232. Esta librería puede ser invocada desde el entorno de Scilab a los fines de ejecutar las acciones de control en los correspondientes puertos para la medición de los canales.

Nodo de captura de imágenes: Cámara IP

En este trabajo se optó por trabajar con una cámara IP y no con una webcam (cuya conexión y uso con la Raspberry Pi sería más simple) porque las imágenes que se desean analizar deben tener una resolución aceptable para poder aplicar los algoritmos adecuados a los fines de determinar posibles tormentas y otros fenómenos meteorológicos que pongan en riesgo a la instalación que se encuentra bajo monitoreo.

La conexión Ethernet que incluye la Raspberry Pi hace mucho más simple la incorporación de una cámara IP en este sistema de monitoreo. El firmware y la configuración de la cámara IP permite enviar (mediante la red de área local) una serie de fotografías digitalizadas en formato JPG a la Raspberry Pi en intervalos de tiempo predeterminados para que el software desarrollado realice el análisis de estas imágenes.

Programa de control

En Scilab se ejecuta el programa principal de control, cuya primera etapa de desarrollo coordina con cada uno de los microcontroladores conectados en los nodos sensores para medir en cada uno de los canales de datos. Las imágenes procedentes de la cámara IP son recepcionadas a través de la red local y procesadas por la aplicación construida en lenguaje Scilab; la información es guardada en archivos de datos. Un sistema embebido de este tipo posibilita el envío de estos archivos mediante internet. También se probó un acelerómetro de tres ejes (MMA7361) observándose un comportamiento aceptable. En otra parte de los ensayos se midió temperatura ambiente utilizando un circuito integrado LM35. Paralelamente se está desarrollando el análisis de las imágenes adquiridas.

Resultados y discusión

Se ha ensayado un equipo de adquisición de datos consistente en una red de nodos de adquisición comunicados con un nodo central de manera inalámbrica utilizando Bluetooth y rasberrypi. El propósito de su desarrollo fue contar con un equipo de adquisición de datos confiable, fácil de montar, con posibilidad de despliegue en un área extensa, fácil de conectar, de bajo consumo y poco cableado, preferentemente de bajo costo.

Referencias y Bibliografía:

Flores Larsen, S., et al., (2008). An experience on integrating monitoring and simulation tools in the design of energy-saving buildings. Energy and Building, Vol 40, Nro. 6, páginas 987–997

Villena, M., et al., (2009) Análisis de sistemas con inteligencia distribuida para el control de concentradores solares. Avances en Energía Solar y Medio Ambiente, Vol. 13.9-37 a 9-44.

Moya, T., et al., (2010). Red de sensores y control inalámbrica para un sistema de generación de vapor solar térmico. Avances en Energía Solar y Medio Ambiente, Vol. 14, páginas, .8-151 a 8-156.

Moya, T. y D. Hoyos, (2012). Implementación de módulos MODBAS inalámbricos para control e instrumentacion de sistemas solares. Avances en Energía Solar y Medio Ambiente, Vol. 16, páginas, .8-199 a 8-206.

Microchip Tecnology Inc., (2010). PIC 18F/LF1XK50 Data Sheet.

Capella, J.V. tt al., (2013). In line river monitoring of nitrate concentration by means of a Wireless Sensor Network with energy harvesting. Sensors and Actuators B: Chemical 177, paginas 419–427.

Crowley, K., et al., (2005). Web-based real-time temperature monitoring of shellfish catches using a wireless sensor network. Sensors and Actuators A: Physical 122,páginas 222–230.

Matese, A., et al., (2009). A wireless sensor network for precision viticulture: The NAV system. Computers and Electronics in Agriculture 69, páginas 51–58.

Qia, C., et al., (2012) Development of Wireless Sensor Network for Data Collection and Footwork Training. Procedia Engineering. Vol 34, 2012, páginas 520–525

http://www.raspberrypi.org/

http://www.scilab.org/

UN NUEVO DESTILADOR SOLAR QUE OPERA EN CUATRO ETAPAS RECUPERANDO EL CALOR DE CONDENSACIÓN DE CADA UNA (Segunda parte experimental: Producción y Temperatura en las Bateas)

Fasulo A[1]., Marchesi J[2]., Odicino L[1]. y Zizzias J[2].

1. Universidad Nacional de San Luis, Chacabuco y Pedernera
(5700) San Luis Tel. 2652 424689 int. 103
2. Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nac. 36 Km 601
(5800) Río Cuarto, Tel. 0358 467688/259
afasulo@unsl.edu.ar, jzizzias@ing.unrc.edu.ar, odicino@unsl.edu.ar

RESUMEN

Este trabajo muestra los resultados experimentales del destilador solar multi-etapas cuyo diseño fue presentado en la CAyER de 2011. Este diseño que permite un apilamiento de destiladores con sus respectivas bateas, cubiertas condensadoras y atmósferas internas independientes. Se muestra el procedimiento y los materiales empleados en la construcción de las primeras cuatro etapas. Las experiencias efectuadas durante el periodo verano 2013 permitieron obtener hasta cerca de 150 kg-día de agua destilada de óptima calidad. Por otra parte, se obtuvieron valores del factor de eficiencia de hasta 2,3. Si bien se encontraron algunos defectos en el diseño, los resultados satisfactorios obtenidos, generan buenas expectativas tanto para completar su construcción con más etapas, como para introducir reformas para obtener un mayor rendimiento. Una primera aproximación para el análisis del flujo de energía en el dispositivo, su producción, temperaturas de las bateas y el efecto de la radiación solar, se muestran mediante gráficas y tablas.

Palabras Claves: Destilación solar, flujo de calor, pérdidas térmicas.

ABSTRACT

This work shows the experimental results over a multi-step solar still, whose design was presented in CAyER 2011. This design allows the arrangement of a pile composed by many stills, each of them with its corresponding independent basin, condenser cover and inner atmosphere. The procedure and materials used for the four first stages are shown. The experiments performed during the 2013 summer allow the acquirement of almost 150 kilogram per day of optimum quality distilled water. On the other hand, efficiency factor values of 2,3 were obtained. Although some faults were found on the design, the satisfactory results generate good expectations not only to complete the construction using more stages, but also to introduce improvements looking for better performance. A first approximation for analyzing the energy balances in the prototype, its production, the basin temperatures and the solar radiation effect, are shown by means of plots and tables.

Keywords: Solar still, flux of heat, thermal losses

Introducción:

El agua dulce es un recurso indispensable para la vida y necesaria para las actividades humanas. En las últimas décadas, debido tanto al aumento de la población como al desarrollo industrial y agrícola se ha incrementado su demanda para diferentes usos. Se contamina la misma a partir de la modificación de sus características físicas, químicas y biológicas, tanto por las actividades naturales como humanas.

Si bien la contaminación de las aguas puede provenir de forma natural, por ejemplo el agua subterránea, que al circular por los sedimentos (o rocas) y dependiendo de factores tales como los minerales con los que entra en contacto, las condiciones de presión, temperatura y el tiempo disponible para que los mismos y el agua reaccionen, al encontrarse por encima de los límites de aptitud establecidos, resultan tóxicos para la salud. Las aguas superficiales son en general más vulnerables a la contaminación de origen antropogénico que las aguas subterráneas, por su exposición directa a la actividad humana. El desarrollo y la industrialización creciente suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos, muchos de los cuales van a parar a la misma. Además en los últimos años se han intensificado las prácticas agrícolas, particularmente en nuestro país, llevando a una aplicación creciente de pesticidas. Estos compuestos no se encuentran naturalmente en el ambiente. En resumen la mayor parte de la contaminación actual proviene de actividades humanas. Blarasin y Cabrera (2003).

La destilación solar aparece como una de las soluciones más recomendables para abordar el problema de la escasez de agua potable, sobre todo en lugares en que el agua disponible es de baja calidad y el acceso a otros métodos de purificación es muy oneroso. Los destiladores solares no requieren energías convencionales, pueden producir agua destilada de alta calidad y no requieren más agua que la que van a procesar, pues el medio ambiente cumple la función de refrigerar el condensador. Son de bajo costo de instalación. Sin embargo los dispositivos existentes poseen limitaciones, principalmente en sus bajos niveles de producción, que se deben superar para posibilitar su uso intensivo. Se ha verificado para nuestra región que un destilador de batea simple tiene una producción de aproximadamente 4 litros por metro cuadrado de batea, durante el período de verano, y menos de un litro durante el invierno. Fasulo et al. (2004).

El interés en destiladores solares de batea es debido a su diseño simple, su baja productividad estimuló el desarrollo de métodos para aumentar su eficacia. (Voropoulos et al., 2003). En este caso nos ocuparemos de los destiladores multi-etapas o multi-efecto que son los dispositivos diseñados para recuperar parte de la energía disipada por la cubierta del condensador. Una de las características de estos dispositivos, que lo diferencia de los destiladores comunes (una sola etapa o efecto) yace en que con el gasto de una unidad de energía se puede producir varias veces el mismo efecto, esto es varias veces la cantidad de evaporación que la que se obtiene en un destilador común. Los diseños más conocidos se basan en un despliegue de superficies inclinadas encontradas, Las placas se encuentran apiladas en zigzag de forma tal que un flujo de agua salobre se deslice sobre cada una de ellas por gravedad. Dichas placas están dentro de una cubierta vidriada (cúpula) que las encierra en una atmósfera saturada de vapor producido en la batea con agua salobre que recibe calor desde el exterior. Por la cara superior de estas superficies desliza agua cruda refrigerante que enfría la superficie caliente, por la condensación del vapor presente en la atmósfera del destilador. A su vez esta agua refrigerante adquiere calor y genera nuevo vapor. Se obtuvieron producciones de hasta 1,8 Kg/h al colocarles placas de aluminio precalentadas mediante energía solar en la bandeja inferior. Franco et al. (1999). Estos tipos de destiladores tienen la desventaja de que ocupan mucho espacio, principalmente por que las superficies deben tener una inclinación mínima (no menos de 20 º) para que el

condensado deslice, sin producir goteo, hacia los canales colectores y en consecuencia el número de etapas que se pueden disponer está limitado.

Muchos sistemas de destilación activos se han desarrollado para superar el problema de la menor producción de destilado en sistemas solares pasivos. SampathKumar et al. (2010), ofreció una revisión detallada de los diferentes estudios sobre el sistema de destilación solar activa en los últimos años. Se ha diseñado, fabricado y probado el destilador solar multietapa de tres etapas apiladas en la parte superior uno del otro, y aislados cuidadosamente desde el exterior Ahmed et al.(2009), en el cual un colector solar se utiliza para suministrar calor al sistema a través de la etapa inferior. Los resultados muestran que, la producción máxima del destilador solar se encuentra en la primera etapa y es 6 kg / m^2/ día. Una cantidad de 4,3 kg / m^2/ día en la segunda etapa y 2 kg / m^2/ día en la tercera etapa. Mahmud et al. (2010) investigaron experimentalmente el rendimiento de un destilador de múltiples etapas conectado a un colector solar, los resultados de las pruebas demuestran que el sistema produce aproximadamente 9 kg-día de agua dulce. Schwarzer et al. (2009) ha desarrollado el sistema de desalinización solar de múltiples etapas con recuperación de calor. Los resultados muestran que, el sistema produce cerca de 15 - 18 kg-m2-día, que es 5-6 veces mayor que la de un destilador de batea simple.

El la reunión de la CAyER 2011 se presentó el diseño de un nuevo destilador multi-etapa que está constituido por una pila de destiladores cuyas bateas, atmósferas y cúpulas condensadoras solo se relacionan entre si por el flujo de energía térmica que surge desde la primera batea. En esta concepción no exista más limitación al número de etapas que la que imponen las pérdidas térmicas laterales y que agotan el flujo vertical de energía (Fasulo et al. 2011). En ésta presentación se efectuó una simulación sobre como se desempeñaría una pila con cinco etapas. Se parte de suponer que el sistema opera con una temperatura ambiente media de 10 ºC, con una entrada de 90 MJ con lo cual la temperatura del agua en el tanque permanecerá a 60 ºC. Bajo estas condiciones y de acuerdo a las determinaciones efectuadas sobre el acumulador (Fasulo et 2009) este tendrá una perdida térmica de 6,6 MJ. Suponiendo una eficiencia similar a la de los destiladores simples del 22%, se obtendría una producción de unos 8 kg de agua destilada. Bajo estas condiciones emergerán desde la cubierta de la primera batea 83 MJ (téngase en cuenta que los 20 MJ que se requiere para evaporar los 8 kg de agua producida son también entregados a la cubierta en la condensación). Se postularon tres escenarios para las perdidas térmicas laterales 1) 20 % en cada una de las etapas resultando una producción de 29 Kg-día con un GOR de 0,81 2) 10 % en cada una de las etapas, resultando una producción de 31,2 kg-día con un GOR de 0,87 y 3) 0 % en cada una de las etapas, resultando una producción de 37,2 kg-día con un GOR de 1.03. Resultados muy pobres, en lo que respecta al GOR, teniendo en cuenta los antecedentes sobre el tema.

En esta presentación se muestran los resultados obtenidos operando el dispositivo con cuatro etapas. Se desarrollaron cuatro series de experiencia operadas con un ingreso constante de energía eléctrica de unos 120 MJ-día más la radiación solar que llegue cada día, alcanzándose valores para el GOR de 2,3. Una quinta etapa operada con el doble de ingreso de energía eléctrica permitió alcanzar valores de producción próximos a 150 kg-día.

Impacto ambiental de la propuesta

Si bien esta propuesta se encuentra en un estado de desarrollo preliminar, que busca mostrar su factibilidad técnica, se puede afirmar que de resultar exitoso su impacto ambiental, económico social será altamente positivo. Es así por que se enmarca dentro de un proyecto más amplio que busca remediar situaciones ambientales desfavorables para la salud y la habitabilidad de vastos sectores aislados del centro del país: sur de Córdoba, San Luís, La Pampa y Mendoza (véase la introducción al tema del trabajo presentado en la CAyER 2011, Fasulo et al).

El producto que se obtiene es agua destilada de alta calidad, 1 microsiemens de conductancia. Requiere en consecuencia tratamiento mediante el agregado de sales para que sea apta para el consumo. Las aguas empleadas en esta etapa son las provistas por el sistema de aguas de la Ciudad, sin embargo el dispositivo admite cualquier tipo de aguas, salobres y/o contaminadas. Como el sistema opera a temperaturas, en la base, por encima de los 80º C. se asegura la eliminación de bacterias.

Nuevo destilador multi-etapa

Se parte de una cúpula condensadora a dos aguas a la cual se le modifica el marco de acero inoxidable, de forma tal que las terminación externa del marco diseñado para destiladores simples (Fasulo et al 2008) que poseen una pendiente para que deslice el agua de lluvia. Se transforma en una cavidad colectora, como se puede ver en, 2 de, la figura 1.

El marco modificado posee tres canales: uno interior (3), otro exterior (mas amplio, (2) que tienen por función colectar el agua que desliza por el interior (5), y por el exterior (6), de las cubiertas de vidrio respectivamente. El segundo (2), acumula el agua cruda hasta un nivel de desborde, un conducto la trasportará por gravedad hacia el tubo de la lluvia (8) sobre la cúpula inferior. El marco se completa con un canal invertido (1) que está entre los dos anteriores y que tiene por finalidad alojar una placa de material aislante (4) que cumple la función de sostener el marco (con la cúpula de vidrio) sobre la superficie de la batea, sellando la atmósfera interior mediante el agua contenida en la batea. Las placas de vidrio se ligan entre si y con el marco mediante resinas flexibles (7). El dispositivo lleva centrado en la parte superior un tubo perforado (8) de forma tal que produzca una fina lluvia de agua sobre la cubierta de vidrio. Adicionalmente sobre cada cubierta de vidrio se despliega una fina membrana semitransparente que tiene por finalidad retener para del agua que cae sobre la cúpula, acentuando de esta forma su función de batea.

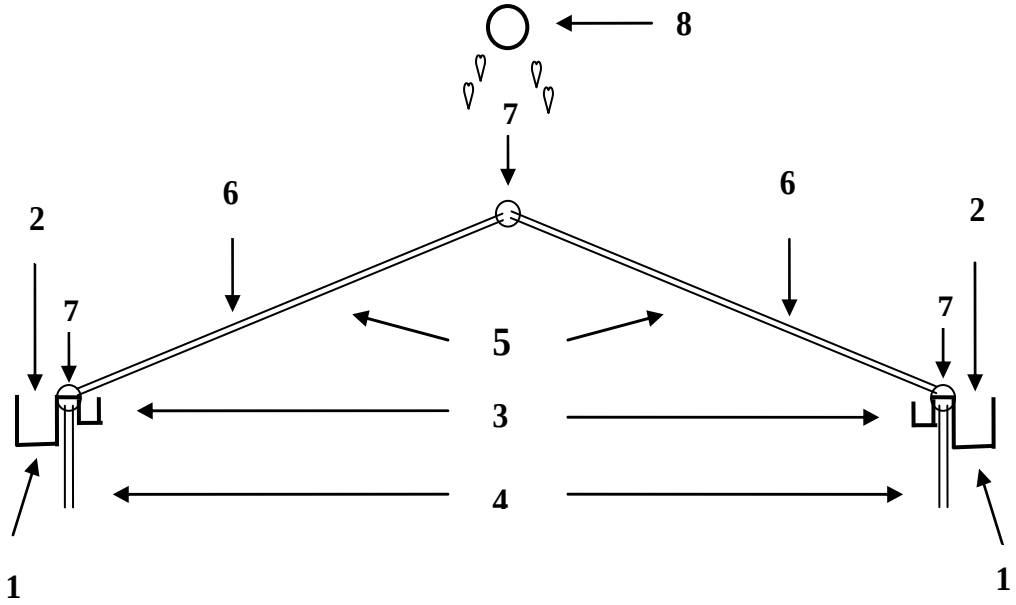


Figura 1 Elemento de la pila de cúpulas-bateas.

El nuevo dispositivo consiste simplemente en la superposición de tantos elementos como el mostrado en la figura 1. Cada marco siguiente en la pila debe tener unos 0,03m más en cada uno de sus laterales de manera que las paredes laterales (soporte del elemento siguiente en la pila) encastren en la mini batea del marco que se encuentra abajo.

En esta experiencia se trabajó con cuatro cúpulas superpuestas, formando parte de un proyecto que prevé la superposición de seis.

Experiencias

Se instalaron termocuplas: a) Cuatro a lo largo del eje del tanque de acumulación, b) Una Sobre el centro de cada cubierta de cada una de las cúpulas. Se pusieron cubiertas aislantes térmicas sobre todas las cara laterales de las bateas, en cada serie. Se reguló el flujo de agua que (se extrae desde la base del acumulador) llueve sobre las cúpulas-bateas.

Se efectuaron cinco series de experiencias. Cada experiencia consiste en la lectura de todas las variables del sistema. Se efectúan dos veces por día, en horarios fijos: uno por la mañana y otro por la tarde, dentro de los intervalos en que sale y se pone el sol. Los datos de producción y de energía que ingresa se suman y los otros se promedian para obtener valores diarios. Las cuatro primeras series se efectuaron durante la construcción del dispositivo. Así la primera con una cúpula, la segunda con dos y la última con las cuatro cúpulas. En todas ellas se mantuvo aproximadamente la misma cantidad de alimentación de energía eléctrica, unos 140 MJ-día más la radiación solar de cada día. En la quinta serie se opero con cuatro etapas y el doble de energía eléctrica, unos 240 MJ-día. Para disponer de un seguimiento detallado del comportamiento del sistema, en determinados días que presentaron condiciones ambientales óptimas, esto es sin nubes ni viento, la recolección de datos se efectuaron cada dos horas.

En la figura 2 se puede ver un esquema del dispositivo con sus cuatro etapas, indicándose las variables que se analizaran. En la tabla 1 los datos numéricos, son promedios de los valores medios diarios obtenidos en las cuatro series. Cada serie se presenta en columnas coloreadas. Se presentan en filas: A) En la primera los promedios para cada serie de la energía media diaria entrante <Energía> (MJ). B) En la segunda el promedio para cada serie de la temperatura media ambiente diaria <Ta> (ºC). En el cuadro siguiente (cuatro líneas) los datos de cada serie correspondiente al acumulador. En los tres cuadros que siguen hacia abajo (con cinco líneas cada unos) los datos correspondientes a las bateas 1 a 4 y en el cuadro final los datos del sistema: producción, Prod. (kg) y GOR. En las evaluaciones de la eficiencia por batea usamos el término eficiencia, para evaluar cada batea por separado y GOR para la evaluación del sistema, en cada serie.

La figura 2 ayuda a interpretar y seguir las cuentas de la tabla 1. Se parte del acumulador, en donde se supone que ingresa toda la energía que alimenta al sistema (MJ). Restamos las pérdidas térmicas del acumulador, Lac. (MJ). Estas dependen de la temperatura media del agua contenida por el acumulador <Tw> (ºC) y la temperatura media ambiente <Ta> (ºC), de acuerdo a la ecuación (1) presentada en el trabajo anterior.

$$Lac. = 0{,}14\ (<Tw> - <Ta>) - 0{,}34 \qquad (1)$$

La energía restante fluye desde la batea base, b1 hacia la atmósfera encerrada por la primera cúpula, indicada con Fb1 (MJ), en la figura 2 y en la tabla 1. Fb1 = Energía – Lac. La energía que ingresa a la atmósfera de la batea 1, Fb1, se reparte en forma proporcional a las superficies que encierran dicha atmósfera. Así se obtienen las perdidas térmicas laterales de la batea 1, Lb1 (MJ) y el flujo de energía hacia la batea 2 Fb2 (MJ). Siguiendo el mismo procedimiento se obtienen para las atmósferas siguientes: Fb3, Fb4 y Fat todas en (MJ) e indicadas con flechas rojas en la figura 2. También las correspondientes perdidas térmicas laterales Lbn, indicadas con flechas azules en la figura 2.

En la tabla 1 vemos los resultados numéricos obtenidos para cada una de las series que difieren entre sí por la cantidad de etapas incorporadas en cada una y por la forma en que fueron operadas, particularmente en el flujo de agua de las lluvias. Este se fue

modificando continuamente buscando la cantidad óptima que asegure mayor producción. En todos los casos el agua es extraída desde el fondo del acumulador.

Esta forma diferente de operar el sistema se pone en evidencia al examinar el gradiente térmico con que opera el acumulador. <Tw> es la temperatura media obtenida del promedio de la cuatro termocuplas instaladas a lo largo del eje del acumulador y <Tb1> es una de ella, la que está a 2 cm debajo de la superficie de la batea 1. En la segunda serie la diferencia entre ambas es de 16,4 ºC. Es de 32,6 ºC para la tercera y de solo 1,0 ºC para la cuarta. Visto los resultados en forma global, al pie de la tabla, esto es producción total y GOR, resulta claramente que la operación de la serie 3 es la más apropiada. Pues en esta serie con tres destiladores se obtiene un promedio de 70,2 kg-día, con un GOR de 1,28. En cambio en la serie 4, esto es con 4 destiladores, se obtiene una producción media de 72,4 kg-día y un GOR de 1,29. Estas diferencias tienen relación, como era de esperar con las diferencias de temperaturas entre la batea y su cúpula condensadora Δ(b- cúp.). Así comparando la producción y eficiencias de la primera batea, que es la que mantiene la mayor producción, entre las primeras tres series se ve que en la Serie 1 es Δ(b1- cúp.) = 41 ºC , la prod.= 36 kg-día con una efic. =0.64. Para la serie 2 es Δ(b1- b2) = 30.5 ºC, la prod.= 32 kg-día, con una efic.= 0.57 y para la serie 3 es Δ(b1- b2)= 14.7 ºC la prod.= 25 kg-día con una efic.= 0.46.

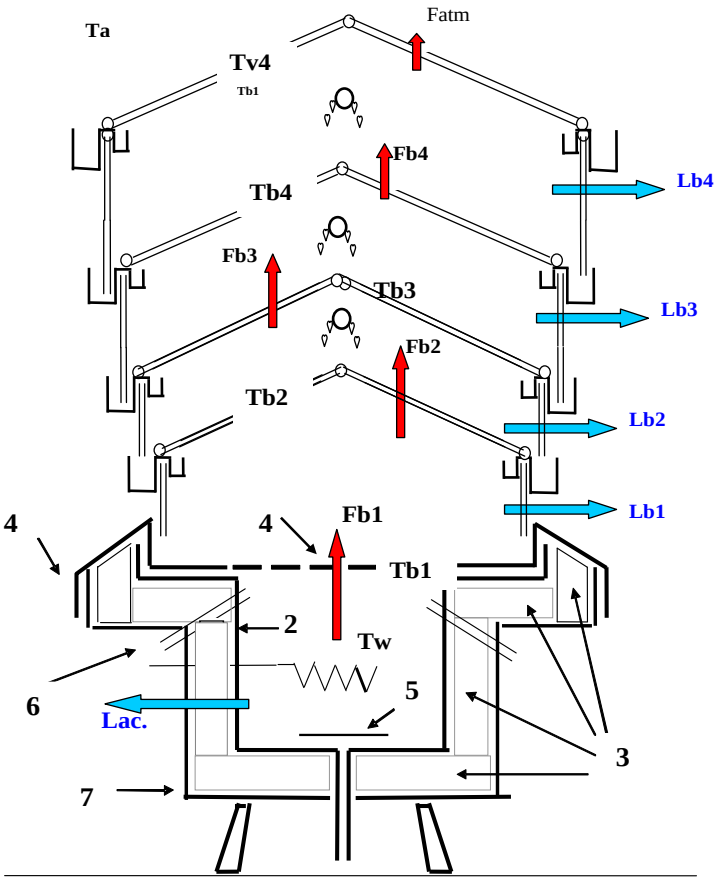


Figura 2 diagrama del DSME con cuatro etapas en el que se indican con flechas rojas los flujos de energía desde cada una de las bateas: Fb1, Fb2, Fb3, Fb4 y la última Fat flujo hacia la atmósfera. Con flechas azules las pérdidas térmicas: Lac. La pérdida térmica del acumulador y con Lbn la de cada una de las atmósferas interiores del dispositivo. Sobre las cubiertas vidriadas (bateas) se indican con Tbn las temperaturas del agua de cada una de las bateas.

A partir de estos resultados se concluye que para obtener mayor producción y en consecuencia mayor eficiencia del sistema no basta con incorporar nuevas etapas, sino que habrá que encontrar la forma optima de operación. Por los resultados obtenidos en ésta presentación la forma óptima de operación habrá que buscarla en la temperatura y flujo de la lluvia sobre cada cúpula del sistema.

	EXPERIENCIAS	1ra	2da	3ra	4ta
	PERIODO	11-20/08	23-31/08	01-14/09	05-28/02
	<Energía> (MJ)	141,0	139,3	136,9	140,0
	<Ta> (ºC)	12,1	10,5	16,2	23,9
ACULA	<Tw> (ºC)	61,0	75,1	59,4	84,3
DOR	Lac. (MJ)	10,3	10,3	8,2	8,1
BA	<Tb1> (ºC)	73,0	91,5	92,0	85,3
T	Fb1 (MJ)	130,0	129	128,7	132,5
E	Lb1 (MJ)	28,70	30,6	30,1	30,9
A	Prod. (kg)	36,00	32	25,0	27,4
1	Efic.b1	0,64	0,57	0,46	0,49
BA	<Tb2> (ºC)	32,0	73,3	77,3	76,2
T	Fb2 (MJ)	101,60	109,7	106,8	109,7
E	Lb2 (MJ)		27,2	26,7	31,3
A	Prod. (kg)		20,6	27,2	13,8
2	Efic.b2		0,47	0,64	0,31
BA	<Tb3> (ºC)		51,3	60,9	59,9
T	Fb3 (MJ)		81,5	80,1	82,3
E	Lb3 (MJ)			30,4	31,3
A	Prod. (kg)			18,0	13,8
3	Efic.b3			0,56	0,42
BA	<Tb4> (ºC)			43,0	52,6
T	Fb4 (MJ)			49,7	51,0
E	Lb4 (MJ)				17,3
A	Prod. (kg)				6,8
4	Efic.b4				0,21
	<Tcup4> (ºC)				51,7
	Fb5 (MJ)				33,7
TO	**Prod. (kg)**	**36**	**53**	**70,2**	**72,4**
TAL	**GOR**	**0,64**	**1**	**1,28**	**1,29**

Tabla 1 Resultados de las cuatro series de experiencias efectuadas con el DSME. En filas los datos generales de cada serie: Energía ingresada en MJ-día y temperatura media ambiente diaria. En el cuadro siguiente datos del acumulador: Temperatura media, <Tw> en º C y pérdidas térmicas Lac. En MJ-día. En los cuatro cuadros siguiente los datos correspondientes a cada batea: Temperatura de la batea <Tbn> ºC., Flujo de energía que ingresa desde la cúpula inferior, Fbn en MJ-día, la pérdida térmica lateral Lbn en MJ-día, la producción Prod. En kg-día y la eficiencia de esa batea Efic. En las mismas columnas al pie de cada una sin color la temperatura de la cúpula y el flujo de energía a hacia la atmósfera. En el último cuadro los resultados globales del equipo, Producción en kg-día y GOR.

Los mejores resultados de la serie 4

En la Tabla 2 se presentan los mejores resultados obtenidos en la serie 4, estos corresponden a los días 19 y 27 de febrero. En la tabla se presentan por separado los datos correspondientes al periodo diurno y los nocturnos. Podemos ver que 1) La producción nocturna de b1 y b2 son mayores que las correspondiente a los periodos diurnos.2) La producción de b3 en los periodos diurnos y nocturnos son próximas entre si y 3) La producción diurna supera a la nocturna para b4. Estos resultados son consecuencia de la presencia de la radiación solar, que actúa sobre la batea 4 y en menor grado sobre la batea 3. A la vez incrementa la temperatura de todas las cúpulas reduciendo la diferencia térmica entre batea y cúpula, en particular sobre las dos primeras, (b1 y b2) sin recibir los efectos del ingreso de la radiación, que es fuertemente atenuada en las cúpulas superiores. En todos los casos los factores de eficiencia son más altos (1,7 y 1,8 para las 24 hs) que los valores medios de la serie completa de tabla1. Para el periodo nocturno del día 19 se obtiene 2,3 que es el valor máximo alcanzado.

	Producción en kg					H	ee	Total	Total	º C
2013	b1	b2	b3	b4	Total	Mj	Mj	Mj	GOR	<Ta>
19-Feb	13,7	10,2	9,2	10,1	43,2	20,2	58,3	78,5	1,4	22,7
19-Feb	21	20,9	8,4	3,4	53,7	0,0	58,9	58,9	2,3	16,5
24 hs	34,7	31,1	17,6	13,5	96,9	20,2	117,3	137,5	1,8	19,6
27-Feb	12,8	8,6	7,6	13,3	42,3	23,6	57,8	81,4	1,3	27,2
27-Feb	17,1	12,9	9,6	10,5	50,1	0,0	58,5	58,5	2,1	9,3
24 hs	29,9	21,5	17,2	23,8	92,4	23,6	116,3	139,9	1,7	18,3

Tabla 2 Los mejores resultados obtenidos en la serie 4. Dos días separados en periodos diurnos, nocturnos de 12 hs cada uno y total (24 hs). Producción (kg.) para cada una de las bateas b1 a b4 y total. Energías ingresadas: solar H (MJ), eléctrica, ee (MJ) y total en (MJ) por periodo. GOR y temperatura ambiente media, <Ta> (ºC.).

Quinta serie

En esta serie se opera el DSME el doble de ee que en las series anteriores, como resultado se obtienen mayor producción, mayor pérdidas térmicas, algo de pérdidas de vapor y en consecuencia menor GOR. En la tabla 3 se presentan los resultados de los dos mejores días obtenidos.

Marzo	Producción en kg					H	ee	Total	Total	º C
Fecha	b1	b2	b3	b4	Total	MJ	Mj	Mj	PR	<Ta>
03-Mar	26,9	19,5	13,8	12,9	73,1	22,3	123,5	145,8	1,3	19,5
03-Mar	29,5	21,6	14,6	9,9	75,6	0	124,8	124,8	1,5	14,4
24 hs	56,4	41,1	28,4	22,8	148,7	22,3	248,3	270,6	1,4	17,0
04-Mar	24,0	19,6	13,0	12,9	69,5	22,7	125,7	148,4	1,2	18,9
04-Mar	29,2	23,2	13,9	8,9	75,2	0	124,3	124,3	1,5	16,6
24 hs	53,2	42,8	26,9	21,8	144,7	22,7	250,0	272,7	1,3	17,7

Tabla 3 Los mejores resultados obtenidos en la serie 5. Dos días separados en periodos diurnos, nocturnos de 12 hs cada uno y total (24 hs). Producción (kg.) para cada una de las bateas b1 a b4 y total. Energías ingresadas: solar H (MJ), eléctrica, ee (MJ) y total en (MJ) por periodo. GOR y temperatura ambiente media, <Ta> (ºC.).

Discusión

En las tablas 2 y 3 se observa que la producción nocturna supera la diurna: En 10,5 kg-día para el 19/02, en 7.8 kg-día para el 27/02 ingresando el DSME unos 140 Mj-día. Cuando se lo opera con el doble de energía entrante también se observa esta situación, aunque más atenuada: 2,5 kg-día para el 03/03 y 5,7 kg-día para el 04/03. Comparando la serie 5 con la 4 se ve que el efecto de la radiación solar se mantiene con similares características para las bateas b4 y b3. En cambio se ve reducido para las bateas b1 y b2, resultando en consecuencia las menores diferencias señaladas. Estas diferencias se deberían a las pérdidas de vapor observadas en la serie 5 que habría reducido la condensación de las cúpulas correspondientes a las bateas b1 y b2. De todas formas se puede atribuir esta menor producción diurna a la menor diferencia de temperaturas entre las bateas y sus cúpulas condensadoras producidas por la presencia de la radiación solar.

Esto indica que el sistema operado con energía eléctrica funcionaría mejor, mayor producción, en un ambiente sin radiación solar. Pero esta opción está fuera del proyecto en desarrollo por este equipo de investigación que busca reemplazar las extensas superficies de muy costoso y poco realizable mantenimiento de destiladores solares simples por dispositivos que ocupen una superficie reducida y resulten factibles mantener y operar. El uso de la energía eléctrica en esta etapa del desarrollo de los DSME es solo por razones prácticas. Cuando de disponga de un dispositivo eficiente, práctico, de fácil manejo y costo reducido se buscara operarlo con energías no convencionales y llevarlos a regiones aisladas.

Por otra parte las pérdidas de vapor observadas ponen de manifiesto que el sistema no soporta la alta presión que genera la elevación de temperatura en la batea primaria, b1. Pone en evidencia un defecto del diseño, para operar con estas temperaturas. Tiene, en parte, solución permitiendo que el vapor pase a las atmósferas superiores, que se puede lograr con simples cambios en las cubiertas laterales de las cúpulas.

Conclusiones

Se dispone de un dispositivo de fácil construcción y simple operación que con un ingreso moderado de energía, 140 MJ-día trabaja a temperaturas próximas a los 90 ºC. Operado con cuatro etapas y con condiciones climáticas normales da una producción media de 72 kg-día de agua destilada de óptima calidad con un GOR medio de 1,29. Los mejores resultados obtenidos dan una producción de hasta 92 kg-día y un GOR de 2,6.

La producción nocturna supera sistemáticamente a la diurna, alcanzando valores de hasta 10 kg-periodo, (periodos de 12 hs cada uno). Esto se atribuye a que la presencia de la radiación solar incrementa las temperaturas del sistema con una reducción en la diferencia de temperatura entre bateas y sus respectivas cúpulas. Por otra parte se observa que la producción de la batea superior es siempre mayor en el periodo diurno que en el nocturno, siendo consecuencia de la presencia de la radiación solar.

Operando el sistema con ingreso del doble de energía se obtiene una producción próxima a los 150 kg-día de agua destilada de óptima calidad y un GOR de 1,5. Se observa en esta experiencia pérdida de vapor que esta indicando que la presión supera los cierres de las primeras atmósferas. Esto indica que el diseño no soporta estas temperaturas en las batea base. El diseño admite modificaciones que permitirían superar esta deficiencia.

Bibliografía

Blarasin M, y Cabrera A, (2003). Año Internacional del agua dulce, Aguas subterráneas y Ambiente. Cartilla de divulgación. Editorial UNRC.

Sampathkumar, T. V. Arjunan , P. Pitchandi, , P. Senthilkumar. Active solar distillation—A detailed review Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1503–1526

Ahmed MI, Hrairi M, Ismail AF. On the characteristics of multistage evacuated solar distillation. Renewable Energy 2009;34:1471–8.

Mahmoud IM, Shatat, Mahkamov K. Determination of rational design parameters of a multi-stage solar water desalination still using transient mathematical modelling. Renewable Energy 2010;35:52–61.

Schwarzer K, Vieira da Silva E, Hoffschmidt B, Schwarzer T. A new solar desalination system with heat recovery for decentralised drinking water production. Desalination 2009;248:204–11.

Fernandez JL, Chargoy N. Multi-stage, indirectly heated solar still. Solar Energy 1990;44:215–23.

Adhikari RS, Kumar A, Scootha GD. Simulation studies on a multi-stage stacked tray solar still. Solar Energy 1995;54:317–25.

Fasulo A., Adaro J., Marchesi J. y Follari J. (2004). Destiladores solares con espejos, Trabajo publicado en actas del XII Congreso Ibérico y VII Iberoamericano de Energía Solar, Vigo, España, septiembre de 2004. ISBN CD 84-609-2264-2.

Fasulo A., Marchesi J., Odicino L., Zizzias J.(2011) . Un nuevo destilador solar que opera en multiples etapas recuperando el calor de condensación de cada etapa (en construccion). II CAyER 2011 Villa Maria – Cordoba – ISBN 978-987-1253-89-0

Fasulo A., Odicino L., Adaro A., Marchesi J., (2009) . Balance energético desde el acumulador, en dos destiladores solares, uno sin y otro con aporte de energía desde colectores solares planos. (2009) Averma Vol 13 ISSN 0329-5184. pp 03.85- 03.91

Marchesi J., Ducculi E, Adaro J. y Fasulo A Destilacion solar en la UNRC. Construcción y primeros resultados. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol 10. 02-31, 02-37. ISSN 0329-5184

Franco J. y Saravia L. (1997); Desarrollo de un destilador multiefecto atmosférico de superficies inclinadas; ERMA, Argentina, Vol. 2 pp. 17-24

Voropoulos, K, E. Mathioulakis, V. Belessiotis.(2003). Solar stills coupled with solar collectors and storage tank—analytical simulation and experimental validation of energy behavior. Solar Energy, vol 75, 199-205.

ESTUDIO SOBRE LA FACTIBILIDAD DE REEMPLAZO DE DESTILADORES ELÉCTRICOS POR DESTILADORES SOLARES EN LA U.N.R.C.

Zizzias Javier[1], Marchesi Javier[1], Venier Fabián[1], Fasulo Amílcar[2], Moyano Federico[1]

1. Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nac. 36 Km 601
(5800) Río Cuarto, Tel. 0358 467688/259
2. Universidad Nacional de San Luís, Chacabuco y Pedernera
(5700) San Luís Tel. 2652 424689 int. 103
jzizzias@ing.unrc.edu.ar, jmarchesi@ing.unrc.edu.ar, fasulo@unsl.edu.ar,

Resumen: En este trabajo se presenta un análisis sobre la factibilidad técnica y económica para el reemplazo de los destiladores eléctricos existentes en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de la U.N.R.C., por destiladores solares. Se realiza un estudio sobre el consumo de agua destilada en todos los laboratorios de dicha facultad y los dispositivos utilizados para su producción. Se estima el consumo de energía eléctrica y del agua potable utilizada en la condensación que luego es desechada. Por otro lado se estima, a partir de investigaciones realizadas sobre los niveles de producción de los destiladores solares, la cantidad de destiladores necesarios para cubrir la demanda requerida. Se concluye que si bien la inversión inicial necesaria es considerable, tanto el ahorro económico como el menor impacto ambiental producido, y fundamentalmente la mejor calidad del agua destilada obtenida justifican el reemplazo planteado.

Palabras claves: Destiladores solares, agua destilada, producción, calidad, costo.

Abstract: This paper presents an analysis of the technical and economic feasibility for replacing existing electric distillers in the Faculty of Exact Sciences (UNRC) for solar stills. A study on the use of distilled water in all laboratories of the faculty and the devices used for their production is performed. The power consumption and drinking water used in the condensation -that is then discarded- are established in this paper. On the other hand, based on research performed on the production levels of solar stills, the amount of distillers needed to meet the required demand is set. We conclude that although the initial investment is considerable, both the cost savings and the lowest environmental impact produced, and basically the best quality of distilled water obtained justify the proposed replacement.

Keywords: solar distillers, distilled water, production, quality, cost.

Introducción:

La Facultad de Ciencias Exactas, Físico, Química y Naturales de nuestra Universidad cuenta con varios laboratorios que consumen diariamente una importante cantidad de agua destilada para la realización de ensayos. Estos se desarrollan en los departamentos de Química, Biología Molecular, Microbiología, Geología y de Ciencias Naturales.

En la actualidad la provisión de agua destilada se obtiene mediante destiladores eléctricos. El uso de estos tipos de destiladores requiere un gran consumo de energía eléctrica y de agua potable que se utiliza en un circuito refrigerante necesario para condensar el vapor producido; esta agua potable utilizada es desechada después de ser utilizada para la condensación.

Este uso irracional de recursos puede ser evitado si la producción de agua destilada se realiza por medio de destiladores solares. Estos equipos no derrochan agua y solo tienen consumo eléctrico cuando se conecta la resistencia que funciona como equipo auxiliar en los días que se requiera, ya sea por un incremento puntual del consumo de agua destilada o por una sucesión de días de poca radiación solar.

El agua que se obtiene es de altísima calidad (condición de bidestilado, conductancia menor a 1 microsiemens) pudiéndose realizar a la salida del destilador un tratamiento al agua destilada obtenida con rayos ultravioletas, con el cual se elimina toda posibilidad de contaminación de microorganismos.

El uso de esta tecnología para el suministro de agua destilada a laboratorios universitarios tiene como antecedente inmediato el de la Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia de la Universidad Nacional de San Luis. En esta, los laboratorios son asistidos con agua destilada en una planta experimental de destiladores solares pertenecientes a Laboratorio de Energía Solar de dicha universidad (Fasulo et al, 2004). Esta planta que funciona desde el año 1986 y actualmente produce aproximadamente 30000 litros anuales, lo que significa un ahorro de por lo menos de 450000 litros de agua potable y de 30000kwh de energía eléctrica. Esto a su vez no solo implica un importante ahorro económico, sobre todo en lo que tiene que ver con el consumo eléctrico, sino que también supone un mejor uso de un bien muy escaso en esa provincia como lo es el agua potable. Lo más sobresaliente de esta experiencia, de análisis cuantitativo, tiene que ver con la calidad del agua. Los destiladores eléctricos utilizados en esta facultad producen un agua destilada con una conductancia de 8 microsiemens aproximadamente, valor que no es adecuado para determinadas experiencias, de análisis cuantitativo, en las cuales se trabajan con drogas de alta pureza lo hace que se deba realizar un segundo destilado, lo que duplica los costos de producción.

Esta planta consta además de un equipo auxiliar eléctrico constituido por una resistencia eléctrica. Este equipo auxiliar garantiza los niveles de producción requeridos en épocas del año, como por ejemplo en invierno, en donde la radiación solar y la temperatura ambiente disminuyen significativamente.

Por el contrario los destiladores solares de esta planta producen agua destilada con una conductancia de 1microsiemens o menos lo cual fue verificado por el Laboratorio de Química Analítica de esta Facultad (Fasulo et al., 2006).

Basados en esta experiencia es que se realiza el estudio que se presenta en este trabajo, que tiene como objetivo analizar el reemplazo de los destiladores eléctricos por destiladores solares.

Análisis de la demanda.

La Facultad de Ciencias Exactas, Físico, Química y Naturales de nuestra Universidad cuenta con varios laboratorios que consumen diariamente agua destilada para la realización de ensayos, ya sea con fines académicos o para investigación. Estos dependen de los departamentos de Química, de Biología Molecular, de Microbiología, Geología y de Ciencias Naturales.

En un relevamiento realizado por esto laboratorios se pudo constatar el consumo aproximado de agua destilada en cada uno de ellos. Es de destacar sin embargo que el consumo debido a la investigación es variable ya que depende de las experiencias realizadas. El consumo se muestra en la tabla 1:

Tabla1: Consumo de agua destilada en la FCEFQyN

Departamento	Consumo (litros anuales)
Química	15000
Biología Molecular	12000
Microbiología	7000
Geología	5000
Ciencias Naturales	10000
Total	50000

A este consumo hay que agregarle el consumo de bidestilado que es de aproximadamente 5000 litros anuales, haciendo un consumo total de aproximadamente 55000 litros por año.

Actualmente este consumo de agua destilada es cubierto mediante la producción de agua destilada a partir de destiladores eléctricos. Hay de distintos tamaños los cuales varían en capacidad de producción y por ende en consumo de energía eléctrica y agua para condensación.

Uno de los más utilizados son los destiladores Tipo Hongo cuya capacidad de producción es de 6 L/hr. Poseen una resistencia eléctrica de 4,2kW y utilizan más de 10 litros de agua potable para la condensación por litro de agua destilada.

Esta producción implica los consumos de energía eléctrica y agua que se muestran en la tabla 2. En esta no se tiene en cuenta la producción de agua bidestilada ya que generalmente es adquirida en el mercado.

Tabla 2: Producción, consumo de energía eléctrica y consumo de agua

Producción de agua destilada	Consumo de EE en Kwh	Consumo de agua en litros
50000	35000	500000

Si bien se utilizan destiladores eléctricos de otros tamaños la relación entre producción, consumo eléctrico y de agua es similar. En todo el recorrido por la facultad solo se encontró un destilador de osmosis inversa que estaba fuera de funcionamiento debido a la rotura de filtros.

El principal inconveniente que presentan estos destiladores es la calidad del agua obtenida. Las mediciones de conductancia efectuadas en los distintos laboratorios establecieron que la misma varía entre los 8 y 14 microsiemens. Estos valores no son adecuados para determinadas experiencias debiéndose muchas veces realizar un segundo tratamiento al agua. Otras veces se opta por adquirir el agua bidestilada en el comercio siendo su costo elevado.

Propuesta

La propuesta que se analiza en este trabajo, es de reemplazar los destiladores eléctricos por destiladores solares, auxiliados por un equipo eléctrico.

Los destiladores solares más utilizados son los de batea simple. Estos constan de una batea, generalmente de acero inoxidable, sobre la que se monta una cúpula de vidrio. El agua que se encuentra en la batea se evapora por acción de la radiación solar y se condensa en el vidrio, se desliza sobre este y es recogida por canaletas también de acero inoxidable y se deposita finalmente en tanques de almacenamiento. Debido a que trabajan a bajas temperaturas y a que no tienen producción nocturna la producción diaria es baja. Para aumentar la producción son asistidos térmicamente por colectores solares planos que elevan la temperatura del agua. El agua calentada por los colectores se deposita en un tanque aislado sobre el que se coloca la batea, comunicados ambos por una abertura circular de 78 cm de diámetro. La temperatura más elevada de funcionamiento y el hecho de que el tanque conserva la temperatura durante la noche aumenta significativamente la producción de estos destiladores. Este tipo de destiladores son ensayados en el laboratorio del GES desde hace 5 años y se ha comprobado que aumentan la producción más de 4 veces respecto a los de batea simple llegando a una producción diaria que oscila entre los 7 lts de agua destilada en invierno y los 15 lts en verano. Se ha comprobado además que esta producción puede incrementarse si se aumenta la superficie de los colectores solares.

Las principales ventajas de estos dispositivos frente a los eléctricos es que, como ya se señaló, no derrochan el agua utilizada para la condensación y no poseen consumo eléctrico. Otra importante ventaja es la calidad del agua obtenida. Todas las mediciones efectuadas en nuestro laboratorio establecieron una conductancia de 1 microsiemens o incluso menos, lo que le confiere, según este parámetro, la calidad de agua bidestilada. Esta calidad permite efectuar análisis que no pueden ser realizados con los destiladores eléctricos.

Roig y Linares realizaron trabajos de investigación en Cuba en donde evalúan la calidad del agua destilada producida por los destiladores solares y por los eléctricos. Para ello utilizan las normas USP-23, USP-24 y USP-26 del Formulario Nacional de la Farmacopea de los Estados Unidos. Concluyen que los destiladores solares cumplen con los parámetros de calidad requerida para uso farmacéutico y no así los eléctricos.

Estos equipos solares serán complementados con un equipo auxiliar eléctrico compuesto por una resistencia y un sistema de control que active las resistencias cuando el nivel en el tanque de depósito así lo indique. Este equipo solo se conectará cuando el nivel de agua destilada acumulada en los tanques de depósito no sea suficiente para cubrir la demanda.

El sistema de destilación se completa con un sistema de filtrado con tubo UV por el cual se hará circular el agua destilada obtenida con el objetivo de eliminar cualquier resto orgánico que posea esta. Por último la planta se completa con los tanques de agua de alimentación y los de depósito de almacenamiento del agua ya destilada.

Calculo de la planta de destilación

Se propone la construcción de pequeñas plantas de destilación para cada departamento. A su vez cada planta estará formada por módulos los cuales constan de un destilador solar formado por una batea de 1 m^2 y una cubierta de vidrio asimétrica. Esta está conectada a la parte superior de un tanque de 300 litros aislado. El destilador esta asistido por dos colectores solares de 2 m^2 cada uno, lo cual se puede observar en la figura 1. La cantidad de módulos que tendrán estas plantas estará dada en función de la cantidad de agua requerida por cada uno de estos.

Figura 1: Vista del módulo de destilación

Debido a que la producción de destilado es mucho más significativa en los meses estivales, en los cuales el consumo es mucho menor y la producción es máxima, se debe proyectar cuidadosamente la cantidad de tanques de depósito de agua destilada de tal forma que esta quede almacenada y esté disponible en los meses de mayor utilización y que son generalmente los de menor producción.

Según los estudios realizados la producción promedio mensual de agua destilada de este módulo es la siguiente:

Tabla 3: Producción media mensual de un módulo de destilación

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Prod. Media Diaria	15	14	12	11	9	8	7	9	10	12	14	15
Prod.Total mensual	465	392	372	330	279	240	217	279	300	372	420	465

El total producido por el modulo durante todo el año es de 4131 litros.

En función de este dato se puede calcular la cantidad de módulos para departamento:

Tabla 4: Cantidad de módulos de destilación por departamentos

Departamento	Consumo (litros anuales)	Cantidad de módulos
Química	15000	4
Biología Molecular	12000	3
Microbiología	8000	2
Geología	5000	2
Ciencias Naturales	10000	3
Total	50000	14

Para el cálculo de la cantidad de tanques de depósitos hay que tener en cuenta los datos aportados por las tablas 3 y 4.

Analizando por ejemplo el departamento de Química, se puede establecer que entre mediado de diciembre y mediado de febrero los cuatro módulos producirían aproximadamente 3000 litros. En este periodo el consumo de agua destilada es muy bajo por lo que se debe prever la cantidad necesaria de tanques para cubrir esta producción.

Además de los módulos y los tanques de depósitos, cada planta consta de un sistema auxiliar eléctrico, un tanque para el agua de entrada, una mochila destinada a mantener el nivel de agua adecuado en las bateas y un filtro con tubo UV que tiene el objetivo de eliminar la materia orgánica no eliminada por el proceso de destilación.

Completan el sistema las cañerías que llevan el agua destilada a los laboratorios y un pequeño tanque de depósito ubicado en el interior de los mismos de tal forma que el acceso al agua destilada sea lo más cómodo y práctico posible.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos se concluye que para cubrir las necesidades de agua destilada de toda la FCEFQyN hace falta la siguiente infraestructura básica:

- Catorce módulos de destilación distribuidos según se observa en la tabla 3.
- Catorse tanques distribuidos de la misma manera.
- Cinco sistemas auxiliares eléctricos.
- Cinco tanques de depósito para el agua de entrada con su respectivo sistema de nivelación.
- Cinco filtros con lámparas UV.
- Aproximadamente 70 metros de cañerías.

- Cinco tableros eléctricos con el cableado correspondiente.
- Cinco mallas antigranizo.

Costo aproximado del proyecto

El costo de cada módulo esta detallado en la siguiente tabla:

Tabla 5: Costo de un módulo de destilación

Material	Tamaño	Costo unitario	Cantidad	Costo total
Colector solar	1 x 2 m	$3000	2	$6000
Acero inox. para la batea	1 x 2 m	$600	2	$1200
Vidrio	1 m^2	$150	2	$300
Hierro para soporte destilador	6 m	$103	1,30	$134
Hierro para soporte colectores	6 m	$81	0,70	$56,7
Chapa galvanizada	1 x 2 m	$191	2	$392
Cañerías	6 m	$31	2	$62
Aislante para la batea y tanque	bolsa	$46	1	$46
Aislante para cañerías	3 m	$15	4	$60
Codos, niples, etc	-	$4	12	$48
Llaves	-	$38	1	$38
Elementos de sujeción	-	-	-	$70
Mano de obra	-	-	-	$2000
Total	-	-	**-**	**$10406.7**

El costo del resto de los materiales que conforman la planta de destilación son los que se observan en la tabla 6, en donde la planta considerada es la de mayor tamaño, es decir que posee capacidad para cuatro módulos de destilación.

Tabla 6: Costo de la planta de destilación

Materiales	Tamaño	Costo unitario	Cantidad	Costo total
Malla antigranizo	2 x 25 m	$980	0.8	$784
Hierro para soporte de malla	6 m	$81	6,5	$526.5
Tablero eléctrico completo	-	$1200	1	$1200
Mochila	-	$50	1	$50
Cañerías ½’	6 m	$31	2	$62
Aislación para cañerías	3 m	$15	4	$60
Codos, niples, etc.	-	$4	8	$32
Lámparas UV con zócalos	-	$150	1	$150
Resistencia eléctrica	-	$300	1	$300
Cables	1m	$13,15	10	$131,5
Llave de paso	-	$38	1	$38
Tanque de alimentación	200 l	$320	1	$320
Tanque de almacenamiento	1000 l	$760	3	$2280
Hierro para soporte tanque	6 m	$103	2	$206
Nivel para tanque	-	$50	1	$50
Mano de obra	-	-	-	$1500
Costo total				**$7690**

Si el reemplazo de los destiladores eléctricos por los destiladores solares fuera en una sola etapa, el costo total para toda la facultad sería de **$184143,8** lo cual surge del análisis de las tablas 4, 5 y 6.

Costo actual de la producción de agua destilada

Determinar el costo de la producción de agua destilada por medio de los destiladores eléctricos no es sencillo debido a los precios diferenciados de la energía eléctrica que cobra la Empresa Provincial de Energía Eléctrica de la Provincia de Córdoba, EPEC. En el caso del agua también presenta alguna dificultad calcular su costo ya que si bien hay un costo por metro cubico consumido, la factura presenta otras cargas que son variables. De todas formas tanto en el caso de la energía eléctrica como en el del agua se puede establecer un costo aproximado.

EPEC posee una tarifa diferenciada que establece que el costo de la energía tiene que ver con el momento en que se consume. Tiene un costo para la “energía pico”, para la “energía resto” y la “energía valle”, siendo la más cara la energía pico. Es precisamente en este momento en que se produce la mayor parte del agua destilada. El costo del Kwh en este periodo es de $0,452480.

Según este costo el ahorro anual que se obtendría considerando lo expuesto en la tabla 2 en cuanto al consumo eléctrico, sería de aproximadamente $15836.

En cuanto al costo del agua potable, el costo del metro cubico es de $0,3665844. A esto se le suma otros ítem (impuestos, etc.) que hacen que el gasto en agua por año sea de aproximadamente $1700.

Por otro lado la obtención de agua bidestilada no es siempre posible, por lo cual algunos laboratorios la compran en el mercado. El costo actual ronda los $2,50 el litro y si se tiene en cuenta que el consumo es de 5000 litros el ahorro sería de $10000. A todos estos costos hay que sumarle el mantenimiento de los equipos.

Si se suman todos estos gastos, el costo de la producción de agua destilada por medio de los destiladores eléctrico sería de aproximadamente $30000 anuales.

Calculo del tiempo de amortización

El costo del litro de agua destilada obtenido a partir de los destiladores eléctrico se calcula considerando que para obtener 55000 litros de agua se gastan $30000. El cociente entre ambos da $0,54, que representa el costo por litro promedio.

Por otro lado la inversión total para la planta de destiladores solares sería de $184143,8. Si realizamos el cociente:

$$\frac{\$184143,8}{0.54\frac{\$}{litros}} = 341007 litros$$

Esto significa que cuando los destiladores produzcan 341007 litros de agua destilada estará amortizado el valor de la planta. Calculando el tiempo de consumo de estos litros, a razón de 55000 por año tenemos que:

$$\frac{\$341007}{55000\frac{litros}{años}} = 6{,}2\,años$$

Esto significa que en 6,2 años la inversión en destiladores solares se habrá amortizado.

Si bien la inversión inicial calculada es importante hay que considerar que este reemplazo por destiladores solares puede ser paulatino.

Conclusiones

Si bien los calculo realizados son una primera aproximación y deben ser realizados con mayor rigurosidad contable, es evidente que la propuesta presentada es totalmente viable teniendo en cuenta que estos equipos tienen una vida útil mayor a los 20 años, siendo su costo de mantenimiento mínimo y que en la actualidad la energía eléctrica está fuertemente subsidiada.

Por otra parte cobra mayor importancia el proyecto si se considera la mejora en calidad del agua producida, lo cual evidentemente va a repercutir en una mejor calidad de los distintos estudios que se realicen en los laboratorios.

Además es importante resaltar el impacto ambiental. Es evidente la profundización de la crisis hídrica, sobre todo en nuestra provincia. En este sentido un ahorro de más de 500000 litros de agua potable resulta ser un beneficio importante para la conservación del medio ambiente. Lo mismo sucede con el ahorro en energía eléctrica. La solución a los problemas actuales debido al aumento en la demanda de energía eléctrica no se encontrara si no se toma conciencia en la necesidad de un cambio en los modos de consumo.

Por ultimo hay que considerar que todos estos análisis toman mayor relevancia si se considera que en el ámbito de nuestra universidad tanto la facultad de Agronomía y Veterinaria como la de Ingeniería también consumen una importante cantidad de agua destilada y los mismos no fueron tenidos en cuenta en este estudio.

Bibliografía

Fasulo A, Follari J, Adaro J, Marchesi J., Odicino J., Monasterollo R,"Planta experimental de destilación solar – eléctrica en la U.N.S.L**.** Primera parte y primeros resultados. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 8, Nº 1, 2004. ISSN 0329-5184.

Fasulo A, Esteban C, Odicino J, Follari J. "Pequeña planta de experimentación de destilación solar" Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 10, 2006. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184

Marchesi J., Galimberti P., Tobares N., Adaro J., Fasulo A. “Determinación experimental de la producción de un destilador solar respecto a la temperatura del agua en la batea”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 13, 2009. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184

Roig Rassi A., Linares S., “Una solución para la industria farmacéutica y la biotecnología vegetal”. Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía. Ciudad de la Habana. Cuba.

EVOLUCIÓN TÉRMICA DE UN HORNO SOLAR CON Y SIN MATERIAL DE CAMBIO DE FASE

Morsetto J. M., Lema A. I., Pontin M. I.

Universidad Nacional de Río Cuarto – Facultad de Ingeniería
Ruta Nacional 36 Km. 601– (5800) Río Cuarto – Córdoba – Argentina
Tel. +54 (358) 4676485 – Fax +54 (358) 4676246, e-mail: jmorsetto@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN: En este trabajo se analiza la incidencia que tiene la utilización de un dispositivo de almacenamiento térmico con material de cambio de fase (PCM) en el comportamiento de un horno solar tipo caja. Con el propósito de evaluar cómo el PCM modifica la evolución de las temperaturas en el horno solar, se diseñaron y construyeron dos hornos solares tipo caja idénticos en su estructura, a excepción de un doble fondo en uno de ellos que aloja en su interior parafina de uso comercial como material de cambio de fase. Los hornos solares fueron ensayados simultáneamente a los fines de obtener resultados comparables. Los resultados obtenidos se graficaron, determinándose que el material de cambio de fase tiene significativa incidencia en el comportamiento del horno solar, ya que es capaz de mantener temperaturas elevadas por mayores intervalos de tiempo, dependiendo de la masa de material de cambio de fase utilizado; si bien la máxima temperatura que se obtiene es menor a la que se obtendría en el mismo horno solar sin PCM.

Palabras claves: Horno Solar, materiales de cambio de fase, almacenamiento térmico.

ABSTRACT: This paper analyzes the impact of using a thermal storage device with phase change material (PCM) in the behavior of a box type solar cooker. In order to evaluate how the PCM modifies the evolution of temperatures inside the solar cooker, two identical box-type solar cookers in structure, except for a double bottom in one of them witch contains commercial paraffin commercial as phase change material were designed and built. Solar cookers were tested simultaneously in order to obtain comparable results. The results were plotted, determining the phase change material has significant impact on the performance of the solar cooker, since it is able to maintain elevated temperatures for longer time intervals, depending on the mass of phase change material used; although the maximum temperature obtained is lower than that obtained in the same solar cooker without PCM.

Keywords: Solar cooker, phase change materials, thermal storage.

INTRODUCCIÓN

El continuo aumento del nivel de las emisiones de gases de efecto invernadero y el incremento del precio de los combustibles hacen necesario orientar esfuerzos a utilizar con mayor eficacia las diversas fuentes de energía renovable. En muchas partes del mundo, la radiación solar es considerada una de las fuentes de energía más prometedora. Entre los diferentes usos finales, la utilización de la energía solar para cocinar es una de las más simples y atractivas aplicaciones que podemos darle. Los hornos solares son uno de los pocos aparatos térmicos de energía renovables que son portátiles, fáciles de usar, económicamente competitivos y que satisfacen una necesidad básica como es la cocción de los alimentos. Su bajo costo los hace muy atractivos, sin embargo, la utilización es posible sólo si la tecnología de almacenamiento de la energía térmica es aceptable.

Con el fin de satisfacer diferentes exigencias existen un sinnúmero de estilos de cocinas solares en la actualidad; y que aumenta constantemente con el aporte de investigadores y fabricantes. Por lo tanto, la clasificación de las mismas es un trabajo duro. Sin embargo, se puede afirmar que la mayoría de las cocinas solares desarrolladas para cocinar entran en tres categorías principales, que son: de tipo concentrador, de tipo caja y tipo indirecto.

Las cocinas solares tipo caja son las más populares. Básicamente, una cocina solar es un recipiente aislado con una o múltiples cubiertas de vidrio transparente que permiten el paso de la radiación, produciendo un efecto invernadero en su interior y logrando así, la cocción de los alimentos (Cuce 2013), (Panwara et al. 2012).

El comportamiento de un horno solar depende de muchos factores entre los que podemos nombrar: los agentes climáticos, las características de la superficie absorbedora, el tipo de cubierta transparente, la aislación y parámetros operacionales como el recipiente de cocción, las características del alimento a cocinar, entre otros. Luego, una tarea crítica al desarrollar un horno solar es identificar la conveniencia de los materiales a utilizar, estos deben ser adecuados desde el punto de vista térmico y si es posible de bajo costo (Pranab et al. 2010).

Con el fin de mejorar el desempeño térmico de los hornos solares de tipo caja se han realizado numerosos estudios. Se han llevado a cabo investigaciones con diferentes estructuras (Stoll et al. 1999); (Passamai 2002), diferentes materiales reflectantes (Harrison 2001), (Saravia 2000), geometrías de reflectores (El-Sebaii 1997), etc., todas ellas orientadas a lograr las máximas temperaturas posibles en el interior del horno. En los últimos años, las investigaciones se han dirigido a lograr un desempeño térmico más uniforme y prolongado, y esto al llevado al estudio de dispositivos y materiales de almacenamiento térmico.

La evolución de la temperatura en el interior de un horno solar tipo caja, dibuja una curva similar a la distribución de la radiación solar, con un leve retardo, producto de la inercia térmica de los materiales (Lema et al., 2006); el almacenamiento de energía térmica permite reducir este desfasaje entre la adquisición de la energía y su utilización. Un dispositivo para almacenar energía posibilita también, resolver el problema de cocinar en días parcialmente nublados, extender el período de calentamiento y amortiguar las variaciones de temperaturas en el interior del horno (Buddhi et al. 2003). Entre las formas de almacenamiento térmico posible, el enfoque más común ha sido durante mucho tiempo, la acumulación de calor sensible en diversos materiales que incluyen agua, rocas, grafito, aceites y algunas sales (Porosini 1988), presentando la dificultad de requerir grandes volúmenes de material.

En las últimas décadas el almacenamiento térmico mediante la utilización de materiales de cambio de fase (PCM, Phase Change Material), ha suscitado gran interés. Un material de cambio de fase es capaz de absorber o liberar gran cantidad de energía en forma de calor latente durante su transición de fase en un rango estrecho de temperatura. Esta acción es normalmente transitoria, es decir, se produce hasta que el calor latente contenido en el PCM se absorbe o se

libera (Sharma 2005). Numerosos estudios experimentales se han llevado para evaluar el comportamiento térmico de un material de cambio de fase. En todos estos estudios, se han evaluado una serie de criterios que debe cumplir un candidato de PCM ideal, y que han sido catalogados como: poseer elevada capacidad de calor latente para proporcionar una alta densidad de almacenamiento térmico, cambio pequeño de volumen durante la transición de fase, la repetitividad de cambio de fase, estabilidad térmica en el transcurso de numerosos ciclos de calentamiento y enfriamiento, alta densidad para permitir un tamaño de recipiente de almacenamiento pequeño, además de ser químicamente estable, no corrosivo, no tóxico, no inflamable, de bajo costo, y fácilmente disponible (Sharma et al. 2009).

Los primeros estudios se centraron en la deshidratación e hidratación de hidratos de sales inorgánicas, debido a su alta densidad de almacenamiento de energía y elevada conductividad térmica. Sin embargo, tenían algunas desventajas, tales como ser corrosivas, haciéndolas incompatible con varios materiales, y experimentando subenfriamiento y segregación durante el ciclado térmico. Para evitar algunos de los problemas inherentes a los PCM inorgánicos, el interés de los investigadores se volvió hacia las características de las sustancias orgánicas y sus mezclas como nuevos PCM, así como la mejora de la capacidad de calor, estabilidad térmica, conductividad térmica y la durabilidad de los compuestos de PCM (Mohammed, 2004). Un gran número de PCM orgánicos está disponible en el rango de temperaturas utilizadas para la cocción de alimentos. Uno de los grupos más importantes lo constituyen las ceras de parafina, debido a que poseen muchas de las características deseables en un material de cambio de fase a ser utilizado en un dispositivo de almacenamiento térmico (Zalba et al. 2003).

En este trabajo, se presentan los resultados obtenidos de experiencias realizadas sobre dos hornos solares de tipo caja idénticos, uno con y otro sin material de cambio de fase, construidos con el fin de evaluar el comportamiento térmico de un horno solar tipo caja con PCM, parafina de uso comercial.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS HORNOS SOLARES ENSAYADOS

El sistema físico que se analiza, está constituido por dos hornos solares tipo caja, con un reflector, con iguales características geométricas, dimensiones, materiales utilizados, pero uno de ellos consta de un doble fondo que aloja en su interior parafina, como material de cambio de fase.

Los hornos están conformados interiormente por un recinto de chapa de 0.5 mm de espesor, pintada de negro mate que actúa como superficie colectora. En el horno con PCM, se ubica sobre la superficie absorbedora horizontal, un recipiente rectangular de 4 cm de altura, que ocupa toda el área del fondo del recinto, y alberga en su interior al PCM, en este caso, la parafina de uso comercial.

La estructura exterior de los hornos, está realizada en madera liviana (fibrofácil de 5 mm de espesor), y pintadas exteriormente, en color rojo (con PCM) y en amarillo (sin PCM). Entre la superficie metálica interior y la estructura de madera exterior, se colocó a modo de aislante fibra de vidrio de 5 cm de espesor.

En la figura 1, se muestra una fotografía y un semi corte de los hornos solares ensayados.

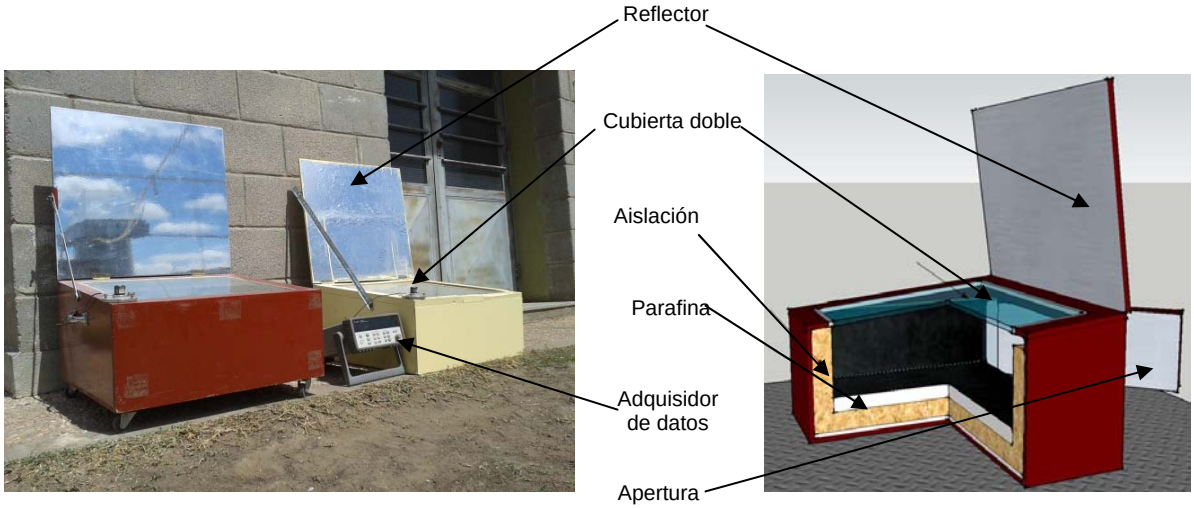


Figura 1: Fotografía y semi corte de los Hornos solares ensayados.

La superficie transparente está inclinada 15º respecto a la horizontal y consiste en una cubierta de doble vidrio. Para aumentar la cantidad de radiación captada, el horno solar dispone de un reflector ubicado en su parte posterior. El acceso al interior del horno se realiza a través de una puerta ubicada en la parte posterior o trasera del horno, tal cómo se muestra en la figura 2.

Figura 2: Fotografía parte posterior del horno, puerta de apertura y bandeja con parafina

La figura 3, muestra el recipiente que contiene la parafina y la tapa que en el caso del horno rojo, constituye la superficie absorbedora.

Figura 3: Recipiente contenedor de la parafina – Tapa del recipiente.

ALMACENAMIENTO TÉRMICO. SELECCIÓN DEL MATERIAL DE CAMBIO DE FASE

La selección del material de cambio de fase depende principalmente de la naturaleza de la aplicación térmica. Esta fija el rango para la temperatura de fusión del material de cambio de fase, limitando de este modo los posibles PCM.

Las características deseables de un PCM para almacenamiento energético son las que se resumen en la tabla 1 que sigue (Ahmet 2013), (Sharma 2005).

Tabla 1: Propiedades deseables de los materiales de cambio de fase.

Propiedades térmicas:	Propiedades físicas:	Propiedades cinéticas:	Propiedades químicas:	Económicas:
Adecuada temperatura de cambio de fase.	Densidad elevada.	No poseer subenfriamiento.	Composición química estable a largo plazo.	Abundante.
Poseer elevado calor sensible en estado sólido y líquido.	Pequeño cambio de volumen.	Adecuada velocidad de cristalización.	Inerte.	Disponible comercialmente.
Elevada entalpía de cambio de fase.	Baja presión de vapor.		No tóxico.	Bajo costo.
Alta conductividad térmica			No inflamable.	

Los materiales de cambio de fase líquido-sólido más comunes en el rango de temperaturas 60 °C y 80 °C son las ceras de parafina, sales hidratadas, mezclas eutécticas y ácidos grasos (Mohammed et al. 2004).

Las ceras de parafina están disponibles en el mercado y presenta la desventaja que su calor latente (hasta 200 kJ/kg.) es sólo la mitad del de las sales hidratadas. Las sales hidratadas de uso industrial, si bien son más baratas que las ceras de parafina, son difíciles de conseguir en el mercado, y tienen algunas desventajas como las bajas temperaturas de fusión o la corrosión en contacto con metales.

La parafina de uso comercial, forma parte de los PCM orgánicos, es esencialmente un alcano sólido refinado. La temperatura de fusión de la parafina comercial, se encuentra entre los 63°C y 68°C, mientras que la temperatura de solidificación entre los 62°C y 66°C. Numerosos autores centran su trabajo en materiales orgánicos del tipo alcanos, ceras o parafinas como (El-Kotb et al. 2006) y han proporcionado una amplia información sobre las propiedades termofísicas de parafinas y ceras. Estos materiales, están disponibles comercialmente y se producen a gran escala utilizándose ampliamente en varios campos.

Dadas las características de la parafina y los requerimientos térmicos de esta investigación, es que se selecciona la parafina de uso industrial como material de almacenamiento térmico para este trabajo. Sus propiedades termofísicas se resumen en la tabla 2.

Tabla 2: Propiedades termofísicas de la parafina industrial.

Temperatura de fusión [ºC]:	Calor de fusión [*kJ/kg*]:	Conductividad térmica: [*W/m.K*]	Densidad [kg/m^3]:
63 – 68	173.6	0.167 (líquida, 63.5 ºC) 0.346 (sólida, 33.6 ºC)	790 (líquida, 65 ºC) 916 (sólida, 24 ºC)

DESARROLLO DE LAS EXPERIENCIAS

Se realizaron un conjunto de experiencias con los hornos solares construidos en el predio del Laboratorio del Grupo de Energía Solar, en el campus de la Universidad Nacional de Río Cuarto (latitud 33° 04’ S).

Los datos de temperatura y radiación fueron registrados cada 10 minutos mediante un adquisidor de datos marca Agilent. Se utilizaron termocuplas tipo T (cobre-constantán) para medir las temperaturas y un solarímetro fotovoltaico ubicado sobre el plano inclinado de la superficie de los hornos. Los parámetros ambientales como velocidad y dirección del viento, fueron registrados mediante una Estación Meteorológica Inalámbrica Portátil Pegasus.

Las termocuplas se ubicaron de la siguiente manera: nueve termocuplas se distribuyeron dentro del PCM (figura 4), sujetándolas de modo que no haya migración durante el cambio de fase, dos en la parte posterior del horno, protegidas de la radiación solar, a los fines de registrar la temperatura ambiente exterior, dos termocuplas soldadas a la chapa desde el interior del recinto contenedor del PCM, y cinco distribuidas uniformemente en el interior del horno.

Se utilizaron 9 kilogramos de parafina comercial. Se realizaron numerosas experiencias, entre marzo y julio del 2013, destinadas a evaluar la incidencia del material de almacenamiento térmico en la evolución de la temperatura de un horno solar.

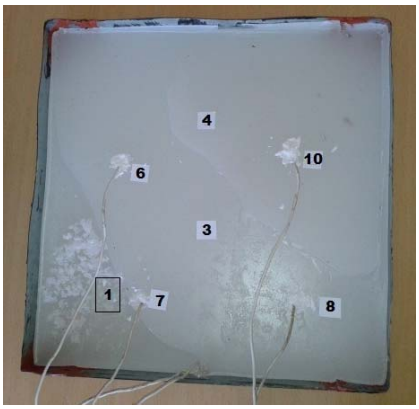


Figura 4: Distribución de las termocuplas en la parafina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para mostrar los resultados obtenidos se seleccionaron dos días típicos, uno de calma (figura 5) y otro ventoso (figura 6).

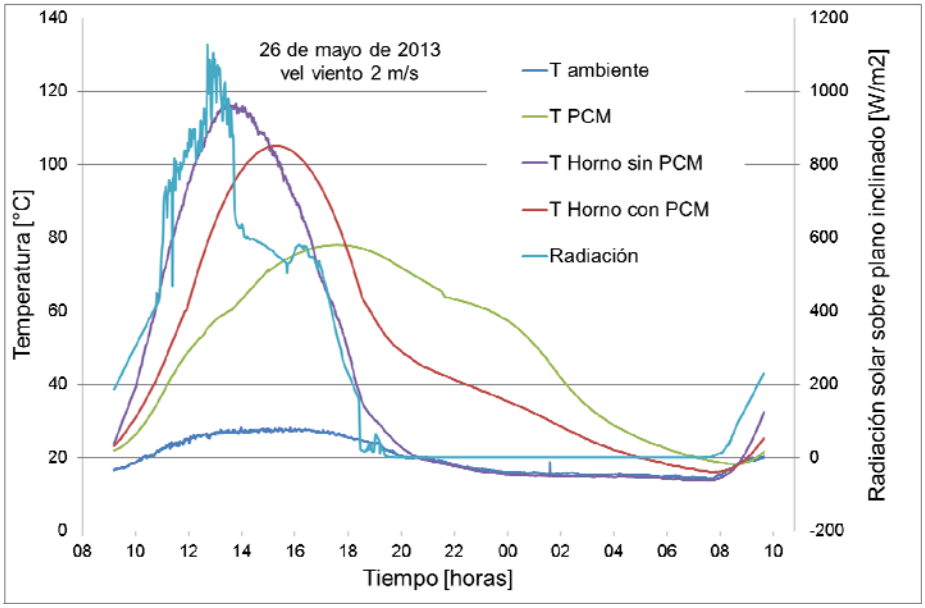


Figura 5: Distribución de las Temperaturas para el día 26/05/2013 velocidad del viento 2 m/seg.

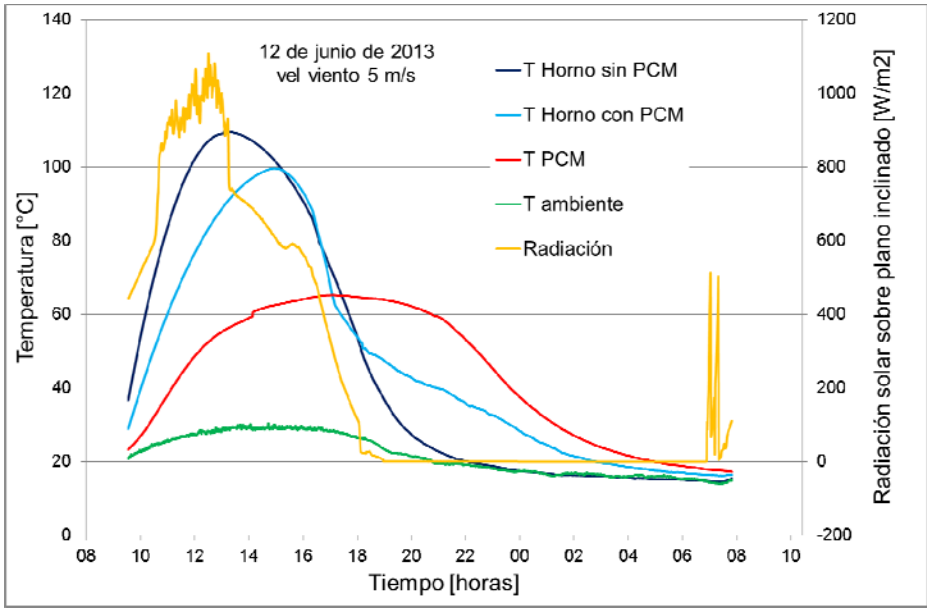


Figura 6: Distribución de las Temperaturas para el día 12/06/2013 velocidad del viento 5 m/seg.

Las temperaturas graficadas, corresponden a los promedios obtenidos para el conjunto de termocuplas que monitoreaba la temperatura que se indica en las figuras.

CONCLUSIONES

De la investigación que se ha realizado y del análisis de las figuras 5 y 6, se formulan las siguientes conclusiones:

Si bien es conocido que la evolución de la temperatura en el interior de un horno solar tipo caja, dibuja una curva con un formato similar a la distribución de la radiación solar, con un leve retardo producto de la inercia térmica de los materiales (Lema et al., 2006), es posible inferir a partir de lo observado en las figuras 5 y 6, (T horno con PCM), que la incorporación de dispositivos de almacenamiento térmico, en este caso parafina, produce un retardo aún mayor debido al calentamiento y cambio de fase del PCM.

La utilización de parafina en un horno solar, como muestran los resultados, extiende el período de calentamiento a horas de la tarde, lo que redunda en una mayor utilidad de los hornos solares.

Al aumentar la masa del horno solar, con la incorporación del PCM, se incrementa la inercia térmica y se produce un efecto de amortiguamiento. Esto hace posible utilizar el horno en días parcialmente nublados, en los cuales, de otro modo la radiación fluctuante produciría temperaturas fluctuantes.

Los días seleccionados para presentar los resultados, manifiestan diferencias en la radiación solar sobre el plano de la superficie del horno y en la velocidad media del viento, mostrando que si bien la radiación es mayor el 26 de mayo con respecto al 13 de junio, la ganancia térmica no es significativa, debido al aumento de las pérdidas convectivas producto de una mayor velocidad media del viento.

Finalmente cabe destacar que la reducción de las pérdidas energéticas derivadas de la variación de temperatura (necesaria en la forma de almacenamiento sensible) y la posibilidad de selección de la temperatura de trabajo con una adecuada selección del material, permite lograr un mayor aumento de la entalpía por unidad de masa de material de almacenamiento, con el mismo cambio de temperatura.

REFERENCIAS

Ahmet A., 2013. Fatty acidester-based commercial products as potential new phase change materials (PCMs) for thermal energy storage. Solar Energy Materials & Solar Cells, (108), 98–104.

Buddhi D., Sharma S. D., Sharma A., 2003. Thermal performance evaluation of a latent heat storage unit for late evening cooking in a solar cooker having three reflectors. Energy Convers Manage, 44(6), 809–17.

Cuce E., Cuce P. M., 2013. A comprehensive review on solar cookers. Applied Energy, (102), 1399–1421.

El.-Kotb M., El.-Sharkawy A., El.-Chazly N. M., Khattab N. M., El.-Deeb S., 2006. Thermal characteristics of paraffin wax for solar energy storage. Energy Sourses, (28), 1113–1126.

El-Sebaii A. A., Ibrahim A., 2005. Experimental testing of a box-type solar cooker using the standard procedure of cooking power. Renewable Energy, (30), 1861–1871.

Harrison J., 2001. Investigation of Reflective Materials for the Solar Cooker. Solar Energy. Web Site, Florida Solar Energy Center. http://www.fsec.ucf.edu/Solar/PROJECTS/SolarCooker/reflectivematerialsreport.pdf.

Lema A., Pontin M., Ghirardotto M., Sanmartino A., 2006. Estudio de diferentes materiales de cubierta para cocinas solares tipo caja. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, (10), 03-83– 88.

Mohammed M. Farid, Amar M. Khudhair, Siddique Ali K. Razack, Said Al-Hallaj., 2004. A review on phase change energy storage: materials and applications. Energy Conversion and Management, (45), 1597–1615.

Panwara N. L., Kaushika S.C., Surendra Kothari., 2012. State of the art of solar cooking: An overview. Renewable and Sustainable Energy Reviews, (16), 3776–3785.

Passamai V., Passamai M., 2002. Experiencias con cocinas solares tipo cookit de costo mínimo. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, (6), 2, 1033–1036.

Porosini F. C., 1988. Salt hydrates used for latent heat storage: corrosion of metals and reliability of thermal performance. Sol Energy, (41), 193–197.

Pranab J. Lahkar, S.K. Samdarshi., 2010. A review of the thermal performance parameters of box type solar cookers and identification of their correlations. Renewable and Sustainable Energy Reviews, (14), 1615–1621.

Saravia L., Suárez H., 2000. Testeo de materiales reflectores para cocinas solares tipo caja. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente,(4), 8.75-8.80.
Sharma A., Tyagi V. V., Chen C. R., Buddhi D., 2009. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews, (13), 318–345.
Sharma S., Kazunobu S., 2005. Latent Heat Storage Materials and Systems: A Review. International Journal of Green Energy, (2), 1–56.
Stoll D., Giroux J. F., Passamai V., 1999. Experiencias controladas realizadas con distintos hornos solares. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, (3), 2, 3.81–3.84.
Zalba B., Marín, J. M., Cabeza, L. F., Mehling, H., 2003. Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications. Applied Thermal Engineering, (23), 251–283.

TECNOLOGÍAS RENOVABLES APLICADAS A LAS ESCUELAS RURALES

Sanchez, Evelyn[1]. Bain, Viviana[2]

1. Alumna de la Tecnicatura Superior en Energías Renovables
2. Profesora de la Tecnicatura Superior en Energías Renovables
Instituto Superior de Educación Técnica (InSET)
Pico Truncado, Santa Cruz
eveee-.16@hotmail.com

Resumen:

Las Escuelas Rurales están alejadas del centro urbano donde puede ser obvio no tener las mismas comodidades que cualquier establecimiento normal, como cualquier escuela ubicada en la zona urbana, no solo se diferencian por sus comodidades sino desde el punto de vista social y económico. Se define su organización y cómo las personas desde su temprana edad consiguen adquirir los conocimientos básicos necesarios para poder ampliar la importancia y necesidad de la educación para poder transformar el mundo que circunda actualmente y también en el futuro. Siguiendo el tema de las comodidades, este proyecto se basa en la instalación de paneles solares para iluminación, cocina solar para la cocción de alimentos, y colector solar para calentar agua, en una escuela Rural. Se estudiara el establecimiento y las posibilidades que tiene de poder hacerse una instalación como esta, tomando en cuenta la ubicación y los cálculos necesarios para obtener la cantidades de paneles, así como las herramientas necesarias que se tendrán que tener en cuenta, también el método de trasporte para llegar a la escuela, qué cantidad de personal se necesitará y la información necesaria que se deberá transmitir a los habitantes cercanos al establecimiento para que tengan el conocimiento necesario y que puedan ser partícipes a la hora de algún inconveniente o reparación de este sistema.

Palabras claves: energía solar, renovables, escuela rural, educación.

Abstract:

Rural Schools are far from the city center where it can be obvious not to have the same amenities as any normal establishment, like any school located in urban area, not only differ in their comforts but from the standpoint of social and economic. It defines your organization and how people from an early age manage to acquire the basic knowledge needed to expand the importance and necessity of education to transform the surrounding world currently and in the future. Following the theme of the amenities, this project is based on the installation of solar panels for lighting, solar cooker for cooking, and solar collector to heat water in a Rural School. They consider the establishment and the possibilities that you can get a setup like this, taking into account the location and the calculations required to obtain the quantities of panels, as well as the necessary tools that will have to take into account also the method of transportation to get to school, how many staff will be needed and the information required to be transmitted to those living near the property so that they have the necessary knowledge and they may be involved when any problems or repairs to this system.

Keywords: solar energy, renewable, rural school, education.

INTRODUCCIÓN

Lo que se presentara a lo largo de este proyecto se basa en la educación en una escuela rural. Esta es una simple planta habitacional, su organización, sus comodidades y funcionalidad deben alcanzar los estándares en una escuela de zona urbana.

El proyecto está planteado en la iluminación alimentada por paneles solares de la escuela Nº 393 de Rosario de Colana, provincia de Catamarca, formada por tres aulas, una cocina-comedor, una dirección, un taller y dos baños.

Se ha realizado un registro de la intensidad de la luz solar como también de los consumos necesarios en la unidad habitacional, teniendo en cuenta que se trata de una escuela que funciona como escuela-comedor.

El presente proyecto no solo se trata de una inserción de orden tecnológico sino que además se trata de una inserción de orden social. Una buena iluminación mejora y facilita la actividad diaria de cualquier ámbito.

OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son:

- Dar a conocer la forma de vida y educación en una zona rural
- Entender su organización y métodos de desarrollo
- Mejorar la calidad educativa de los alumnos de la escuela desde el lugar de comodidad en el ambiente del establecimiento
- Abastecer con energía eléctrica la escuela durante el horario en que se dicten clases y durante el uso del establecimiento, también con la utilización de algún instrumento eléctrico
- Promover el conocimiento y manejo sustentable de los recursos energéticos ambientalmente sanos
- La inclusión social de los habitantes rurales
- Incluir el conocimiento de las energías renovables en los procesos productivos y procesos socio-culturales

MATERIALES Y MÉTODOS

La Escuela Rural en la cual se realizará la instalación de este sistema es la **Escuela Rural N°393**

Datos institucionales

- Nombre: Escuela Nº393 Rosario de Colana
- Ubicación: Departamento Pomán, provincia de Catamarca
- CP: 5317
- Cooperadora: Sin personal jurídico
- Periodo de funcionamiento: Turno mañana, turno tarde, y vespertino
- Nº de alumnos: 50
- Latitud: -28º N
- Longitud: -66º E

La misma está constituida por tres salones para dictar clases, con dos luminarias cada una, las cuales en invierno (Junio, Julio y Agosto) se utilizan tres horas a la mañana, y seis horas a la tarde en la puesta de sol, y se utilizan dos horas a la mañana y cinco horas a la tarde en los meses restantes.

La dirección cuenta con una luminaria que en los meses de Junio, Julio y Agosto se encuentra en uso durante seis horas y en los meses restantes del año cuatro horas.

Una cocina/comedor donde los profesores preparan un desayuno, almuerzo o merienda, ya que muchos de los chicos no alcanzan a alimentarse en su casa. Este salón tiene dos luminarias, que en los meses de Junio, Julio y Agosto se mantienen en uso dos horas a la mañana y dos horas a la noche y en los meses restantes se utilizan dos horas a la noche en el horario de salida.

Tiene dos baños con una luminaria cada uno, las cuales a lo largo del día se encontrarían encendidas una hora.

El taller tiene tres luminarias que se utilizan seis horas en los meses de Junio, Julio y Agosto y en los meses restantes se utilizan cuatro horas.

Los recursos necesarios para la realización de este proyecto son:

Recursos humanos:

- Técnico en Energías Renovables para estudios, cálculos, instalación y mantenimiento
- Albañil para la construcción de las bases y almacén de baterías
- Electricista para realizar las instalaciones necesarias
- Mecánico de montaje
- Choferes del medio de transporte

Recursos Materiales:

- Estructuras de base para el apoyo de los paneles
- Estructura de los paneles
- Paneles
- Baterías
- Regulador
- Inversor
- Herramienta para la instalación

Recursos Económicos:

- Se cuenta con los presupuestos de cada elemento del sistema, gastos de transporte y personal afectado. Siendo estos acorde a la realidad económica.

MARCO LEGAL

El presente proyecto tiene las siguientes leyes nacionales e internacionales como límite legal para resguardar bienes, personas e instalaciones:

- **C.N Art. 14**.-
- **C.N Art. 14 bis**.-
- **Ley Nº26.206**.- Ley de Educación Nacional **Art. 1, Art. 17** y **Art. 49.**
- **Ley Nº20.744.- Art 37** Contrato de Trabajo
- **Ley Nº11.544** Jornada de Trabajo **Art. 1°**
- **Ley Nº17.418** Ley de Seguro de Vida
- **Ley Nº24.714**
- **Ley Nº23.660** Ley de Obras Sociales
- **Ley Nº19.587** Seguridad e Higiene en el trabajo.
- **Ley Nº24.557** Riesgos del Trabajo **Art. 1º.**-
- **Ley Nº23.773** Accidentes de Trabajo.
- **Ley Nº20.744.- Art. 169** Salarios
- **Ley Nº24.065 y Ley Nº15.336** Marco regulatorio Eléctrico
- **Ley Nº26.190.-** Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica.
- **Ley Nº13.656** Ley de Promoción Industrial.
- **Ley Nº22.250** Industria de la Construcción
- **C.N Art. 41**.-

- **Protocolo de Kyoto** sobre el cambio climático.
- **Ley Nº25.675** Ley General de Ambiente Nacional
- **Ley Nº26.209** Ley de Catastro (división de suelos)
- **Ley Nº24.449** Ley de Transito **Art. 1°**
- **Ley Nº24.653** Ley de Transporte de Cargas **Art. 1º-**
- Norma **ISO 50001** Gestión de Energía
- Norma **ISO 9000:2000** Sistema de Gestión de la Calidad
- Norma **IRAM 210013** Energía Solar. Módulos Fotovoltaicos
- Norma **IRAM 210013-12** Parte 12 –Métodos normalizados para la medición de la respuesta espectral de celdas fotovoltaicas.
- Norma **IRAM 210013-13** Parte 13 –Ensayo de niebla salina.
- Norma **IRAM 210013-14**. Parte 14 –Medición de la temperatura nominal de operación de celda (NOCT).
- Decreto Reglamentario

DESARROLLO

Utilizando el programa Geosol se obtuvieron los datos de Irradiación Solar detallados en la Tabla I, con estos datos se pueden obtener las horas pico solares detalladas en la Tabla II

IRRADIACIÓN MEDIA DIARIA

Mes	HT (Mj/m^2)	HT (Kw/m^2)
Enero	34,10	9,47
Febrero	31,50	8,75
Marzo	27,1	7,52
Abril	21,80	6,06
Mayo	17,25	4,79
Junio	15,01	4,17
Julio	15,86	4,41
Agosto	19,5	5,43
Septiembre	24,60	6,83
Octubre	29,57	8,21
Noviembre	33,12	9,20
Diciembre	34,56	9,60

Tabla I. Irradiación Media Diaria (HT)

HORAS PICO SOLARES

Mes	HPS (hrs)
Enero	9,47
Febrero	8,75
Marzo	7,52
Abril	6,06
Mayo	4,79
Junio	4,17
Julio	4,41
Agosto	5,43
Septiembre	6,83
Octubre	8,21
Noviembre	9,20
Diciembre	9,60

Tabla II. Horas Pico Solares (HPS)

En las Tablas III y IV se encuentran los consumos que se producen en la escuela, divididos en los meses de Junio, Julio y Agosto y los meses restantes.

CONSUMO ENERGÉTICO

Lugar	Artefacto	Potencia (W)	Cantidad	Potencia total (W)	Horas de uso (hrs)	**Consumo Energético (Wh)**
Aula1	Lámparas de bajo consumo	20	2	40	9	360
Aula2		20	2	40	9	360
Aula3		20	2	40	9	360
Cocina/ Comedor		20	2	40	4	160
Dirección		20	1	20	6	120
Taller		20	3	60	6	360
Baño1		20	1	20	1	20
Baño2		20	1	20	1	20
					Total	**1760**

Tabla III. CE en los meses de Junio, Julio y Agosto

Lugar	Artefacto	Potencia (W)	Cantidad	Potencia total (W)	Horas de uso (hrs)	**Consumo Energético (Wh)**
Aula1	Lámparas de bajo consumo	20	2	40	7	280
Aula2		20	2	40	7	280
Aula3		20	2	40	7	280
Cocina/ Comedor		20	2	40	2	80
Dirección		20	1	20	4	80
Taller		20	3	60	4	240
Baño1		20	1	20	1	20
Baño2		20	1	20	1	20
					Total	**1280**

Tabla IV. CE en los meses restantes

EFICIENCIA DEL SISTEMA

Regulador	0,95
Batería	0,8
Inversor	0,9
TOTAL	**0,68**

Tabla V. Eficiencia del Sistema

Una vez obtenida la Eficiencia del Sistema se calcula la Energía Generada (Tabla VI) para cada mes según la ecuación I.

$$EG = PPP * HPS * ES$$

Ecuación I. Calculo de la Energía Generada

Donde:

EG: Energía Generada
PPP: Potencia Pico del Panel
HPS: Horas Pico Solares
ES: Eficiencia del Sistema

ENERGÍA GENERADA

Mes	PPP	HPS	ES	EG
Enero	50	9,47	0,68	323,95
Febrero	50	8,75	0,68	299,25
Marzo	50	7,52	0,68	257,26
Abril	50	6,06	0,68	207,10
Mayo	50	4,79	0,68	163,88
Junio	50	4,17	0,68	142,60
Julio	50	4,41	0,68	150,67
Agosto	50	5,43	0,68	185,54
Septiembre	50	6,83	0,68	233,70
Octubre	50	8,21	0,68	280,92
Noviembre	50	9,2	0,68	314,64
Diciembre	50	9,6	0,68	328,32

Tabla VI. Energía Generada mensualmente

Para obtener el numero de paneles que se van a utilizar en el sistema solar fotovoltaico se realizan los cálculos detallados en la ecuación II, cuyos resultados se volcaron a la tabla VII.

$$NP = (CE * FS)/EG$$

Ecuación II. Calculo de Número de paneles

Donde:

NP: Numero de Paneles
CE: Consumo Energético
FS: Factor de Seguridad (1,15)
EG: Energía generada

NÚMEROS DE PANELES

Mes	CE	EG	FS	NP
Enero	1280	323,95	1,15	4,54
Febrero	1280	299,25	1,15	4,92
Marzo	1280	257,26	1,15	5,72
Abril	1280	207,10	1,15	7,11
Mayo	1280	163,88	1,15	8,98
Junio	1760	142,60	1,15	**14,19**
Julio	1760	150,67	1,15	13,43
Agosto	1760	185,54	1,15	10,91
Septiembre	1280	233,70	1,15	6,30
Octubre	1280	280,92	1,15	5,24
Noviembre	1280	314,64	1,15	4,68
Diciembre	1280	328,32	1,15	4,48
			Total	**15**

Tabla VII. Numero de paneles necesarios

Para conocer el número de baterías a utilizar (cuyas características se muestran en la tabla VIII) se realizan los cálculos para cada mes según la ecuación III. Los resultados de dichos cálculos se vuelcan en la tabla IX.

Baterías		
Cap	220	Ah
Volt	12	V
ND	0,4	40%
Alm	1056	

Tabla VIII. Características de las baterías

$$NB = (CE * T) / (VOLT * CAP * ND)$$

Ecuación III. Calculo del Número de baterías

Donde:

CE: Consumo Energético
T: Días sin generación
VOLT: Voltaje
CAP: Capacidad
ND: Nivel de descarga

NÚMEROS DE BATERÍAS

Mes	CE	T	CAP	VOLT	ND	NB
Enero	1280	3	220	12	0,4	3,64
Febrero	1280	3	220	12	0,4	3,64
Marzo	1280	3	220	12	0,4	3,64
Abril	1280	3	220	12	0,4	3,64
Mayo	1280	3	220	12	0,4	3,64
Junio	1760	3	220	12	0,4	5
Julio	1760	3	220	12	0,4	5
Agosto	1760	3	220	12	0,4	5
Septiembre	1280	3	220	12	0,4	3,64
Octubre	1280	3	220	12	0,4	3,64
Noviembre	1280	3	220	12	0,4	3,64
Diciembre	1280	3	220	12	0,4	3,64
					N° Baterías	**6**

Tabla IX. Numero de baterías necesarias

Se busca minimizar el número de paneles, optimizando el ángulo de inclinación con la función Solver en el programa Excel como se muestra en las tablas X, XI y XII.

MES	NP=CE*FS / (PPP*HPS*ES) a 60º	NB
Enero	7,45	3,64
Febrero	6,74	3,64
Marzo	6,22	3,64
Abril	6,35	3,64
Mayo	7,13	3,64
Junio	11,27	5,00
Julio	11,38	5,00
Agosto	10,39	5,00
Septiembre	7,00	3,64
Octubre	7,15	3,64
Noviembre	7,67	3,64
Diciembre	7,87	3,64

Tabla X. Numero de paneles optimizados en ángulo de 60°

MES	NP=CE*FS / (PPP*HPS*ES) a 20º	NB
Enero	4,68	3,64
Febrero	4,82	3,64
Marzo	5,25	3,64
Abril	6,13	3,64
Mayo	7,42	3,64
Junio	11,73	5,00
Julio	11,48	5,00
Agosto	9,65	5,00
Septiembre	5,83	3,64
Octubre	5,14	3,64
Noviembre	4,82	3,64
Diciembre	4,72	3,64

Tabla XI. Numero de paneles optimizados en ángulo de 20°

MES	NP=CE*FS / (PPP*HPS*ES) a 30º	NB
Enero	4,94	3,64
Febrero	4,97	3,64
Marzo	5,25	3,64
Abril	5,92	3,64
Mayo	7,07	3,64
Junio	11,18	5,00
Julio	11,01	5,00
Agosto	9,49	5,00
Septiembre	5,89	3,64
Octubre	5,35	3,64
Noviembre	5,09	3,64
Diciembre	5,04	3,64

Tabla XII. Numero de paneles optimizados en ángulo de 30°

Obtenemos entonces que los números de los paneles se reduzcan a 12 en una inclinación de 30° conseguida durante todo el año, quedando el número de baterías en 6.

CONCLUSIÓN

Del estudio del presente proyecto se infieren las siguientes consecuencias:

- Es viable el proyecto desde la óptica económica y técnica
- Produce un importante impacto socio-cultural optimizando las instalaciones escolares que pueden afectarse a un centro integrador zonal
- Aumenta el horario de disponibilidad del establecimiento, tanto para dictar clases como para reuniones u otros usos
- Concientiza a la comunidad educativa sobre los beneficios del uso de las energías renovables
- Consolida la relación comunidad-escuela fomentando la participación de la escuela y la comunidad
- Motiva a alumnos, familia y comunidad al conocimiento de ámbitos sustentables y de responsabilidad social
- Fomenta la inclusión de otros agentes sociales en la escuela que puede ser centro de capacitación para tareas de procesos productivos
- Fomenta la construcción de itinerarios sustentables en el ámbito de la puna
- Fomenta la relación transversal con actividades sanitarias y productivas
- Fomenta la asistencia de tareas socio-comunitarias permitiendo el registro de datos mediante el uso de tecnologías
- Utilización de Tics en el ámbito áulico (computadoras)
- Facilitar mediante instalación de paneles de mayor consumo la utilización de mecanismos de potabilización de agua

- Facilitar el desarrollo de actividades artísticas en los alumnos por la amplitud horaria que se consigue

BIBLIOGRAFÍA

http://www.gstriatum.com/energiasolar/

www.fundacionruta40.org.ar

http://comunidadesrurales.org/

http://www.ecologistasenaccion.org/article10057.html

http://www.senado.gov.ar/web/interes/constitucion/capitulo2.php

Tema 5: Eficiencia Energética y Energías Renovables

- DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO DE APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA UNDIMOTRIZ
- LOS RECURSOS NATURALES Y LA CRISIS ENERGÉTICA EN ARGENTINA
- LICITACIONES PARA SUMINISTRAR ELECTRICIDAD GENERADA CON ENERGÍAS RENOVABLES COMO MECANISMO DE PROMOCIÓN ENERGÉTICA EN PERÚ Y ARGENTINA
- CONSTRUCCIÓN DE COCINAS SOLARES EN UNA ESCUELA DE NIVEL MEDIO EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA
- MODELO MATEMÁTICO DE DISPONIBILIDAD INHERENTE Y ENERGÍA EN SISTEMAS EÓLICOS
- ESTUDIO DEL FORZAMIENTO RADIATIVO EN MEDIOS CONFINADOS COMO APROXIMACIÓN AL CÁLCULO DEL POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL DE DIFERENTES GASES
- MOVILIDAD URBANA SUSTENTABLE, ALTERNATIVA ELÉCTRICA, RENDIMIENTO MEJORADO

DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO DE APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA UNDIMOTRIZ

Pelissero M. A., Haim P. A., Oliveto G., Montoneri M.; Lifschitz A., Gagnieri D., Tula R., Galía F. , Muiño F. , De Vita G. , Heinke .E., Bernal S., Lipchak N. , Boerio E. , Gawron O. , Baldo M., Santino T.

UTN-FRBA, Medrano, N° 951, C1179AAQ. C.A.B.A, Argentina,undimotriz@gmail.com

Resumen

Se describirá el funcionamiento de un dispositivo para el aprovechamiento de la energía undimotriz; el objetivo es transformar la energía de las ondas marinas en fluido eléctrico. El trabajo se realizó en un prototipo en escala 1:20 y se llevó a cabo por el grupo de Mecánica del Proyecto Aprovechamiento de la Energía Undimotriz de la UTN.BA Departamento de Ingeniería Mecánica; el lugar de trabajo fue el Laboratorio de Ingeniería Mecánica II, sus responsables son el Mg. Ing. Alejandro Haim, el Prof. Roberto Tula y el alumno Gustavo de Vita acompañados por el Ing. Federico Muiño responsable del área Eléctrica del proyecto. El dispositivo desarrollado fue patentado a través del Instituto Nacional de Propiedad Industrial con fecha de publicación en el boletín oficial del INPI en Febrero del 2013.

Palabras claves: Energía – Ondas – renovables – mecanismo -undimotriz

Abstract:

Describe the operation of a device for harnessing wave energy, the goal is to transform the energy of sea waves into electricity. The work was done in 1:20 scale prototype and was performed by the group Mechanical of the Project “Wave Energy Harnessing” from the UTN.BA Department of Mechanical Engineering, the workplace was the Mechanical Engineering II Laboratory, and its leaders are the Mg. Ing. Alejandro Haim, Prof. Roberto Tula and student Gustavo de Vita accompanied by the Ing. Federico Muiño, Electrical responsible of the project. The patented device was developed through the National Industrial Property Institute publication date in the Official Gazette of the INPI in February 2013.

Keywords: Energy – wave – renewable – mechanism

Introducción

Dentro de las energías renovables de origen marino la energía undimotriz ocupa los primeros puestos como alternativa concreta para iniciar su aprovechamiento. En la actualidad dentro del escenario marino, los proyectos más afianzados son la energía eólica a distancias medias y lejanas de la costa como, en segundo término se están afianzando cada día más los

emprendimientos para el aprovechamiento de la energía de las corrientes y de las ondas marinas, evidentemente falta aún para tornarlos competitivos; pero la instancia del agotamiento de los recursos hidrocarburíferos nos obliga a pensar a priori el estudio de otros recursos a los efectos de prepararnos para un futuro no muy lejano.

En el mundo ya existen numerosas propuestas para el aprovechamiento de la energía undimotriz, si lo consideramos en forma global podemos citar casi 1000 patentes; a principios de este siglo , en Francia se presentó el primer emprendimiento formal de baja potencia del tema y a partir de allí aparecieron en forma esporádica algunos prototipos sin mayor relevancia, hasta que en la década de 1970 se produjo la primera gran crisis petrolera que llevó a las autoridades y al medio científico tecnológico a una intensa búsqueda de otras fuentes energéticas; sin duda alguna, esta fue la gran primer señal de alerta de la volatilidad del mercado energético cuando se tenía en cuenta un solo recurso: el petróleo.

Los países que integran la Gran Bretaña empezaron a estudiar el tema de las energías renovables y debido a su carácter insular pusieron foco en las energías marinas, estos desarrollos fueron creciendo a lo largo de estas décadas y además fueron acompañados por otros países con mucha tradición marina como Dinamarca, Noruega, España y Portugal. En la actualidad la mayoría de los países europeos con frentes marinos están estudiando y cuantificando desde sus institutos universitarios los recursos energéticos marinos además están colaborando activamente con los proyectos para la captación de los mismos. Esta situación se replica también en países altamente dependientes de recursos energéticos externos como China, Japón, India y Australia quienes han establecido políticas de estado de apoyo y financiamiento en I+D para el aprovechamiento de sus recursos renovables.

Los emprendimientos basados en el recurso undimotriz que tenemos referencia y que ya están funcionando de forma comercial son dos:

El primero de ellos está situado en la costa de Dinamarca; responde a un desarrollo de la firma Wavestar y la Universidad de Aalborg; el dispositivo (figura 1) de captación está ubicado en un muelle y responde a un modelo de una boya que copia el movimiento de las ondas, a través de sistemas hidráulicos lo traslada a un sistema de transformación energética; de esta forma cuando las condiciones del mar lo permiten se procede a captar ese recurso y proveer a la población cercana de energía eléctrica.

Wavestar. (Imagen 1)

El otro caso está situado en España en la costa vasca y es conocido con el nombre de Mutriku (figura 2); la tecnología utilizada se denomina OWS (Oscilating Wave System) y se basa en el movimiento del agua dentro de tubos que están instalados en un muelle, la ventaja es que el accionamiento de la turbina lo realiza el flujo de aire tanto ascendente como descendente cuando el agua de mar entra y sale de los tubos; esto evita que el agua de mar sea la impulsora de la turbina por lo cual se facilitan las tareas de mantenimiento y se evitan los fenómenos de corrosión producidos por el contacto del agua de mar con los componentes metálicos del equipo.

Planta Undimotriz Mutriku. (Figura 2)

Otro caso emblemático es el dispositivo denominado "*Pelamis*" (figura 3) que significa víbora de mar; este dispositivo estuvo instalado en la costa de Portugal en Adocura; se caracteriza por una estructura flotante constituida por una serie de segmentos tubulares mecánicamente unidos que solo se sujeta en un extremo dejando que naturalmente se acomode en la dirección de las ondas. El funcionamiento del equipo se basa en la fluctuación de los segmentos bajo la acción de las ondas, en cada unión de los segmentos se ubican una serie de pistones que captan este movimiento y trasladan el fluido comprimido a un tanque acumulador que libera la presión accionando un generador eléctrico. Si bien es cierto que la utilización de estos equipos a distancias lejanas de la costa permitió lograr proveer de energía eléctrica a la población costera, la aparición de problemas de mantenimiento obligó al retiro de los equipos a los efectos de replantear el diseño de algunos de sus componentes; esta tarea se está realizando en el centro de investigación EMEC, en las islas Orkney. Escocia.

Pelamis. (Figura 3)

Finalmente en nuestro continente, varios países están estudiando el tema; pero tan solo Brasil ha pasado de la faz experimental a la instalación de un dispositivo a tamaño real (figura 4) en el puerto de Pecem en el Estado de Pernambuco, este equipo tiene características similares al Wavestar de Dinamarca es decir consta de un sistema de boyas que capta el movimiento ondular y lo trasladan mediante palancas a una plataforma donde se ubican una serie de pistones que comprimen agua al compás del movimiento de las ondas: este fluido comprimido se acumula en un tanque y a partir de su liberación controlada sobre una turbina se va generando la energía eléctrica; en estos momentos se encuentra en una etapa de verificación en el funcionamiento y en su ajuste.

Equipo undimotriz en Brasil. (Figura 4)

Como se puede apreciar algunas propuestas responden a ideas muy originales y otras como la nuestra es simple y novedosa, a continuación, la ponemos a consideración para su evaluación y discusión.

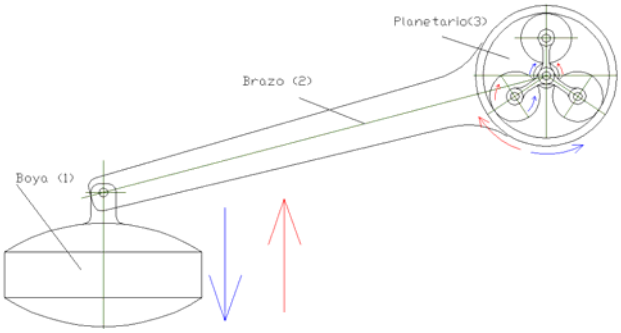
Parte experimental

El dispositivo para el aprovechamiento de la energía undimotriz transforma la energía de las ondas marinas en energía mecánica y luego en energía eléctrica en el lugar de captación, a continuación el fluido eléctrico generado se transporta hacia la costa mediante cables submarinos a una estación transformadora para luego distribuirla en los lugares de consumo.

Dicho dispositivo fue presentado ante el Instituto Nacional de Propiedad Industrial. La patente fue registrada a nombre de la UTN FRBA y sus creadores son el Mg. Ing. Pablo Alejandro Haim y el Prof. Roberto Tula; se ha presentado el 27/09/11 con el número 20110103542, además el 06/02/2013 fue publicada la patente en el Boletín Oficial del INPI N° 725, Pag. 35.

Este dispositivo consiste de 2 boya (1) de acero naval huecas rellenas con poliuretano expandido cuyo peso ronda las 10 toneladas cada una. Dichas boyas debido al principio de Arquímedes generan un empuje igual al de su peso lo que permite mantener el momento torsor en el eje del brazo de palanca (2) constante, tanto en el ascenso como en el descenso la boya.

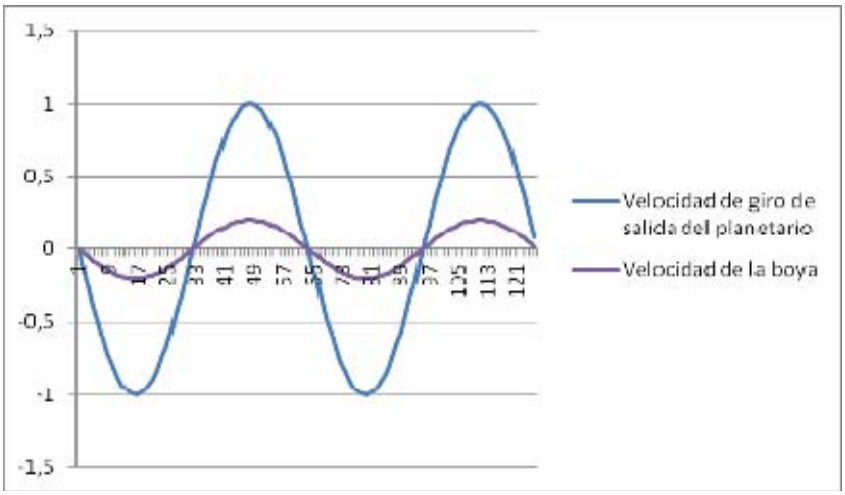
Las boyas al ser atravesadas por las ondas marinas describen un movimiento vertical que dependerá de la altura de la onda y su velocidad de desplazamiento dependerá del período y altura de la onda. Debido a las características propias de las ondas hace que el movimiento captado por las boyas trasladado al eje se traduzca en un movimiento lento o sea de bajas revoluciones por minuto; a los efectos de darle más efectividad se requiere un incremento significativo en el número de vueltas. Este incremento se realiza mediante un sistema de engranajes denominado planetario (3), que permite aumentar la relación de transmisión en espacios reducidos (figura 5).



Conjunto boya-brazo-planetario. (Figura 5)

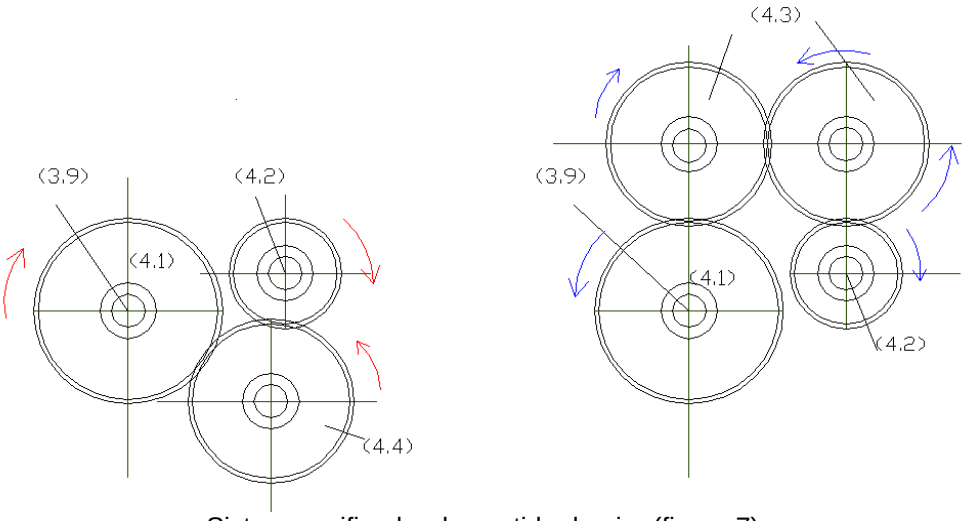
El aumento de la relación de transmisión se realiza en 2 etapas mediante 2 sistemas planetarios en serie; debido a esto se produce una disminución del torque a la salida del planetario (principio de conservación de la energía); es decir la potencia de entrada al planetario

igual a la potencia de salida menos las pérdidas del sistema, o sea que se produce un menor torque pero un mayor número de vueltas



Esquema de velocidad de giro de entrada y salida del planetario. (Graf. 6)

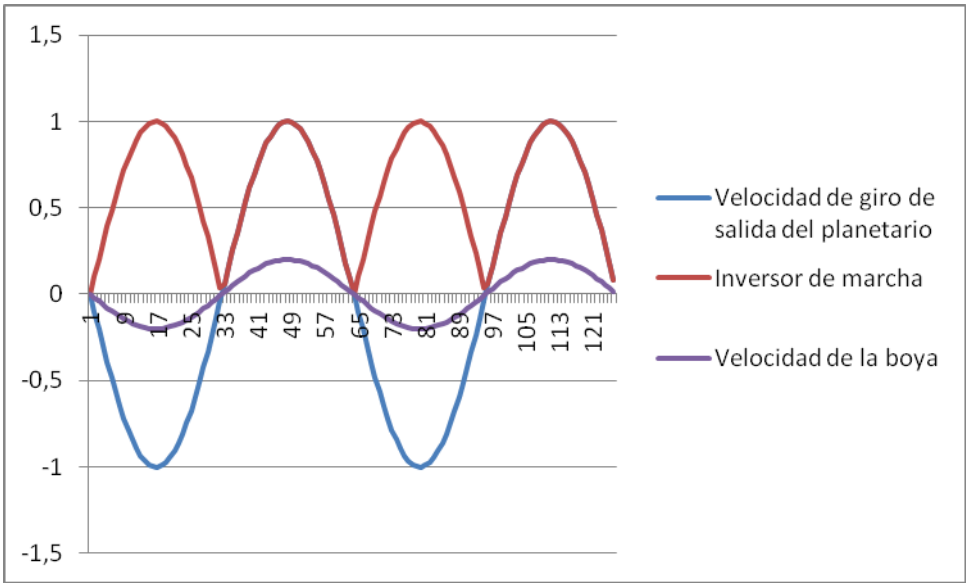
Como se puede observar en la gráfico 6, el sentido de giro del eje de salida del planetario dependerá directamente de que la boya ascienda o descienda; sin embargo para acoplar un generador eléctrico es necesario que el sentido de giro de entrada al generador sea uno solo, por lo tanto se deberá acoplar al eje de salida del planetario un sistema de engranajes que unifican el sentido de giro (figura 7).



Sistema unificador de sentido de giro (figura 7)

El sistema unificador de marcha consiste en 2 cadenas cinemáticas en paralelo con diferentes cantidades de engranajes en cada una de su cadena. Cuando el sentido de giro (3.9) es horario se activa la cadena cinemática de la izquierda de la figura 7, que al tener cantidad de engranajes impares tiene un sentido de giro de salida (4.2) al igual que el de la entrada.

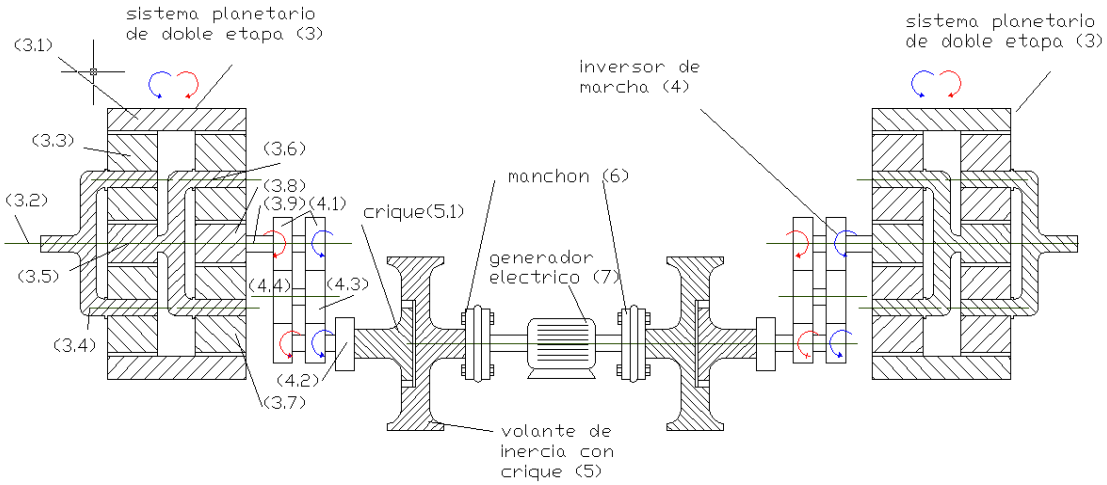
En el caso de que el sentido de giro sea anti-horario, se desactiva la cadena cinemática izquierda y se activa la derecha, figura 7. Al ingresar al engranaje (4.1) y transmitir el movimiento a través de la cadena de engranajes pares (4 engranajes), se cambia el sentido de giro del último engranaje de la cadena (4,2) a giro horario. De esta manera siempre tendremos una salida de giro horario independiente del sentido de giro que ingresa al dispositivo.



Esquema de velocidad de giro de entrada, salida del planetario y del unificador de sentido de giro. (Grafico 8)

Los giros del eje a la salida del dispositivo se pueden describir como una señal senoidal amplificada positiva (gráfico 8).

Cuando la boya llega al punto muerto superior e inferior, la cadena cinemática se detiene, este hecho deberá evitarse pues en esa circunstancia también el generador dejaría de funcionar. Para salvar esta situación, se agrega un volante de inercia entre el unificador de giro y el generador; de esta forma el volante permite suministrar en forma constante el movimiento al eje del generador. Esto permite que el volante acumule la energía cuando la velocidad que brinde la boya exceda el número de giros que necesita el eje del generador y también entregue energía cuando el número de giros en la salida del unificador este por debajo de los que necesite el generador eléctrico.



Esquema completo. (Figura 8)

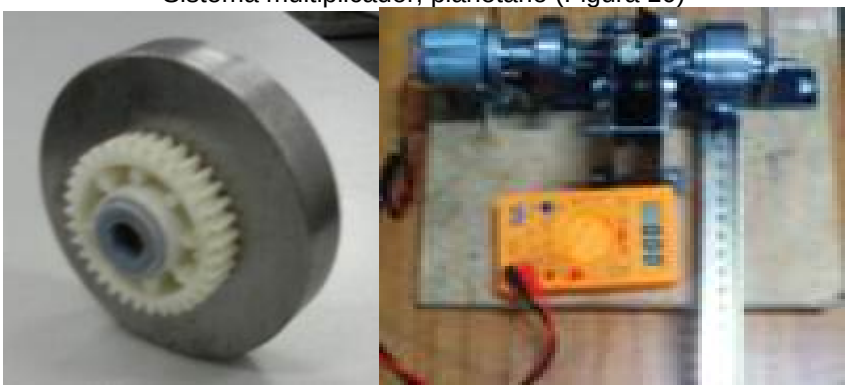
Resultados

A los efectos de corroborar en la práctica esta propuesta teórica se construyó la cadena cinemática a escala reducida (1:20); de esta forma se pudo verificar el funcionamiento del sistema.

En las siguientes fotos se muestran partes de la cadena cinemática

Sistema unificador de giro. (Figura 9)

Sistema multiplicador, planetario (Figura 10)



Volante de inercia y sistema completo. (Figura 11)

Equipo finalizado. (Figura 12)

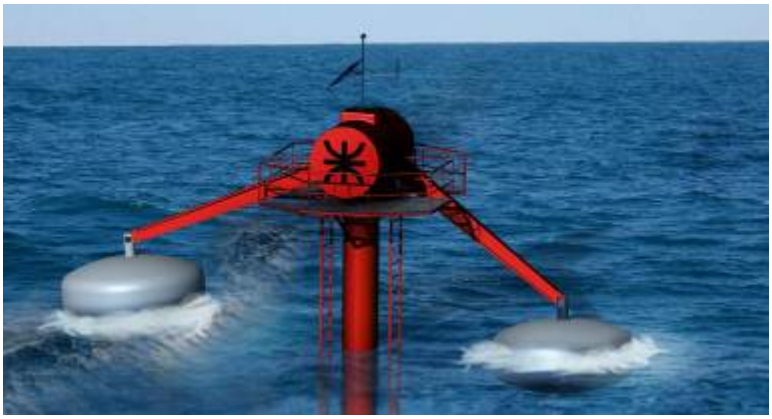


Imagen renderizada del equipo a escala real (Figura 13)

Los resultados obtenidos fueron los esperados, la cadena cinemática funcionó correctamente, el volante de inercia acumulaba la energía excedida y la entregaba cuando la boya se detenía.

En el citado ejemplo se puede apreciar el generador eléctrico conectado a 10 leds de alto destello ubicados en la parte superior del equipo; durante el funcionamiento los leds alcanzaron su máxima intensidad. Este prototipo fue diseñado para verificar el funcionamiento elevando las boyas en forma manual.

Discusión

Si bien, los resultados obtenidos en este equipo fueron los esperados y del orden buscado, será necesario realizar un salto de escala, por ejemplo pasar a un prototipo a escala 1:10 y realizar los ensayos en un canal de simulación de olas (canal naval); este hecho es de crucial importancia para determinar diversos factores como el rendimiento del equipo, su comportamiento frente a distintos frentes de ondas y la forma más adecuada para el diseño del equipo, de esta forma se podrá afianzar la tecnología desarrollada.

Conclusiones

El dispositivo electromecánico desarrollado permite utilizar la energía undimotriz para transformarla en energía eléctrica, es decir mediante el sistema mecánico se transformó el movimiento vertical de la boya en un movimiento circular sinusoidal a través del brazo de palanca. Mediante el planetario se amplificó el movimiento y con el unificador de giro y el volante de inercia se rectificó el movimiento, teniendo como salida una cantidad de giros cuasi constantes.

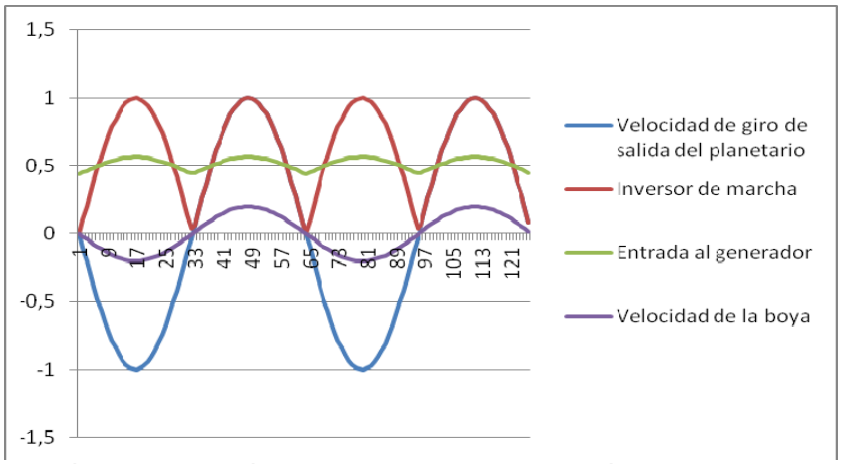


Gráfico de variación de rpm de la cadena cinemática. (Figura 10)

A los efectos de obtener del generador una tensión y frecuencia determinada se van a utilizar los denominados Inverter, estos sistemas electrónicos ajustan la salida de señal eléctrica a los valores requeridos.

Agradecimientos

Queremos agradecer a las autoridades de la UTN.BA por el apoyo que siempre nos han brindado para el desarrollo de este proyecto, especialmente al Dr. Marcos Cohen que nos apoyó desde los inicios del proyecto y finalmente al Dr. Walter Legnani, como referente y guía en la investigación y desarrollo.

Referencias

Haim, Alejandro; Tula, Roberto. (2013). ¨*Mecanismo de accionamiento para una máquina electromecánica transformadora de energía undimotriz en energía eléctrica*¨. Boletín Oficial del Instituto Nacional de propiedad Industrial. ISSN-0325-6545. Pag. 35, Bs. As.

Ibañez, Pedro. (2006) "*Energía Marina: Situación actual y perspectivas".* Workshop Red de Pilas de Combustible, Baterías e Hidrogeno, Sevilla, España.

Legaz Poignon, Roberto (2006) *"Energía Marina: Desarrollo de una planta de energía de las olas en el Cantábrico"*. 2º Jornada Internacional sobre Energía Marina, Bilbao, España,

Carta González, José A.; Calero Pérez Roque, Colmenar Santos Antonio, Alonso Castro Gil Manuel *"Centrales de energías renovables"*. Editoriales: UNED y Pearson Prentice Hall. España

LOS RECURSOS NATURALES Y LA CRISIS ENERGÉTICA EN ARGENTINA

Adaro, Jorge; Marchesi. Javier; Zizzias, Javier

Grupo de Energía Solar. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Río Cuarto
Ruta Nac. 36 Km 601 Río Cuarto. Tel. 03584676488 Fax: 03584676246, aadaro@ing.unrc.edu.ar

Resumen

En el presente trabajo se hace un análisis de la crisis energética, su contextualización histórica, así como su impacto en torno a las posibilidades de superar el momento actual. Se evalúa las posibilidades de convertir un matriz energética más diversificada y la posibilidades de las energías renovables como factor de cambio hacia un opción más sustentable y ambientalmente menos contaminante.

Palabras Claves: energía, matriz energética, energías renovables

Abstract

In this paper we analyze the energy crisis, its historical context and its impact around the possibilities of overcoming the present time. It evaluates the possibilities of turning a more diversified energy mix and the possibilities of renewable energy as a factor of change towards a more sustainable option and environmentally cleaner.

Keywords: energy, energy mix, renewable energy,

Introducción

En el presente escrito se ha elegido para abordar de manera incipiente la problemática energética en el contexto de la crisis general en la que está inmerso el modelo capitalista. Se ha trabajado sobre base de los textos de referencia y con ideas propias producto de las actividades que se realizan en Grupo de Energía Solar desde ya hace varios años.

Es clave asumir que tal crisis energética no es otra cosa que un aspecto de la crisis general que no solo es coyuntural sino que es estructural, en un modelo en donde se niega la accesibilidad a ella a grandes sectores de la población lo que obliga a reafirmar con toda claridad que el acceso a la energía es un derecho por el cual hay luchar para hacerlo realidad.

Se puede afirmar el carácter antinacional y retrógrado de la política energética argentina, que forma parte del modelo económico neoliberal, impuesto a nivel internacional en los años ´80, aplicado en nuestro país implacablemente en la década de los ´90, y del cual subsisten muchos de sus rasgos principales.

Las perspectivas que ofrecen la continuidad de las políticas de este Gobierno Nacional o del que pudiera venir, así como las reformas propuestas por diversos especialistas del sector, no apuntan a revertir sustancialmente la situación, sino que, con variantes, refuerzan el predominio de los intereses de las grandes empresas oligopólicas del sector energético, aumentan el costo de la provisión de energía en el país y comprometen la seguridad energética (Gonzalez, E., 2010, y Palamidessi, H.,2011).

En la matriz energética, el gas es el principal recurso en Argentina, y es por ello que nuestro país evidencia una dependencia del petróleo y el gas en su matriz energética mucho mayor al resto del mundo. La matriz de consumo de fuentes de energía primaria se distribuye aproximadamente de la siguiente manera: 86,65% hidrocarburos (petróleo y gas natural), 2,76% nuclear, 1,48 % carbón mineral, 9 % energías renovables (Figura1 y Figura 2).

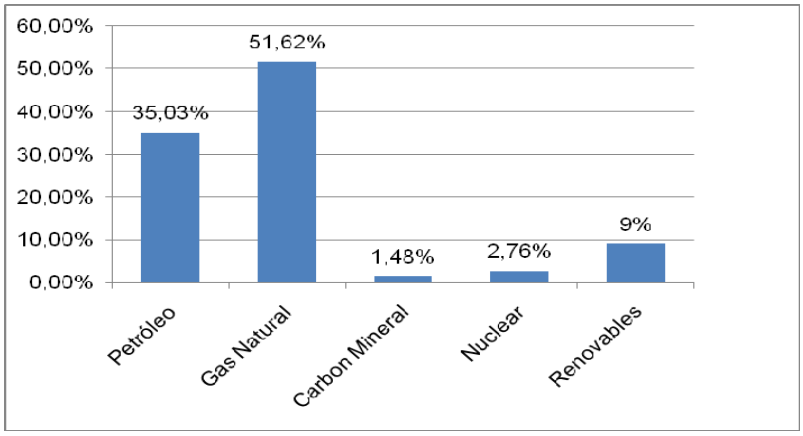


Figura 1. Matriz de Consumo de Energías Primarias

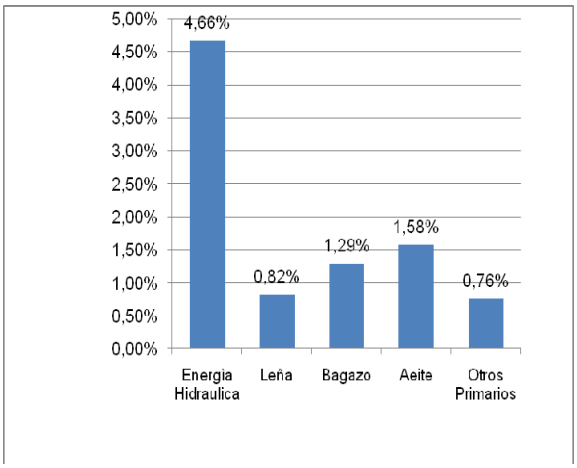


Figura 2. Distribución de las Renovables

Por ejemplo, en América Latina la participación de las energías renovables es del 24,9%, y dentro de éstas la hidráulica contribuye con un 11,3%, mientras que en Argentina lo hacen en un 9 % y un 4,66 % respectivamente.

Sin embargo, mientras que Argentina era en 2003 un país exportador de gas, en la actualidad requiere importar más del 10% de su demanda vía importaciones de gas de Bolivia y GNL a precios internacionales, más los costos correspondientes por fletes, maniobras portuarias y regasificación.

Caracterización del Sector de la Energía Eléctrica

Argentina depende en su sector eléctrico cada vez más de los hidrocarburos líquidos, en un contexto de menor producción doméstica de los mismos. La generación térmica a base de hidrocarburos en 2003 tenía una participación del 43% y hoy asciende al 60%, sumado a ello un fuerte retroceso de la hidroelectricidad respecto a décadas pasadas. Igualmente en este rubro de generación se deben destacar dos hechos trascendentales: en primer lugar la finalización de la Central Hidroeléctrica de Yaciretá, que con esta inauguración definitiva opera en su cota de diseño original de 83 metros sobre el nivel del mar en el eje Encarnación (Paraguay)-Posadas (Argentina), y logró alcanzar el 100% de su capacidad de generación y los 3100 MW de potencia máxima instalada. El otro hecho es la inauguración en el año 2009 de la Central Hidroeléctrica Los Caracoles en la provincia de San Juan, que aportara al Sistema Interconectado Nacional (SIN) una generación de 715 GWh de energía anual promedio. Con esto la generación de la energía eléctrica por centrales hidráulicas asciende al 31%, queda un 9% para las nucleoeléctricas.

Para dar un panorama más preciso, a continuación se describe la conformación actual sector eléctrico argentino:

a) 46 empresas generadoras de energía eléctrica que producen 23.609 MW de potencia, proveniente en un 42% de centrales termoeléctricas, en un 51% de hidroeléctricas y en un 7% de nucleares.

b) 5 empresas transportistas de energía con 22.140 kilómetros de líneas de transmisión de todos los niveles de tensión.

Desde la Figura 3 hasta la Figura 5 se puede aprecias las características de las distribución, demanda y generación de la energía eléctrica.

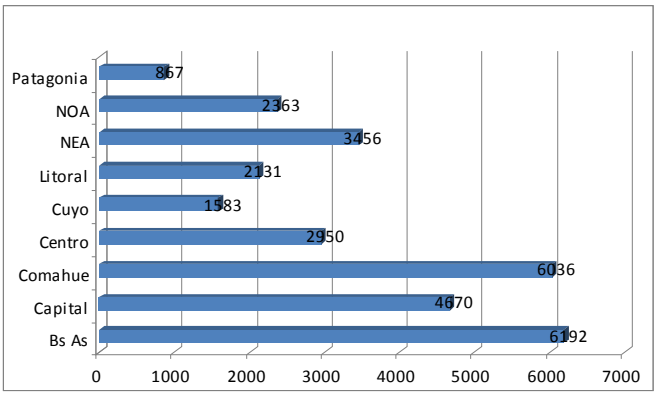


Figura 3. Distribución de potencia instalada Nacional en MW

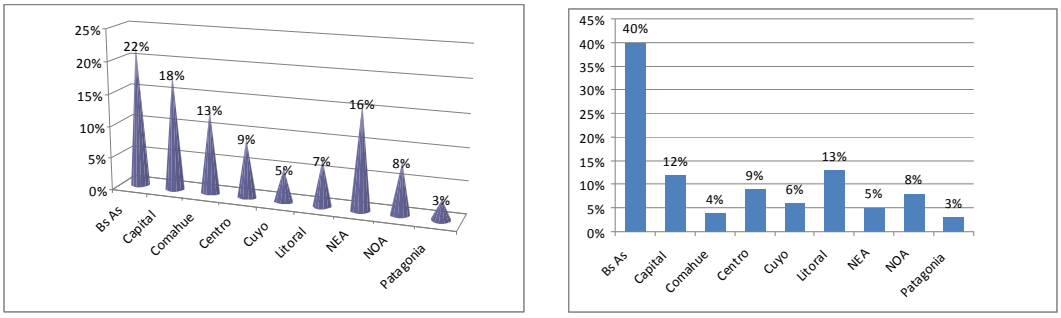


Figura 4. Generación Demanda Energía Eléctrica por Región

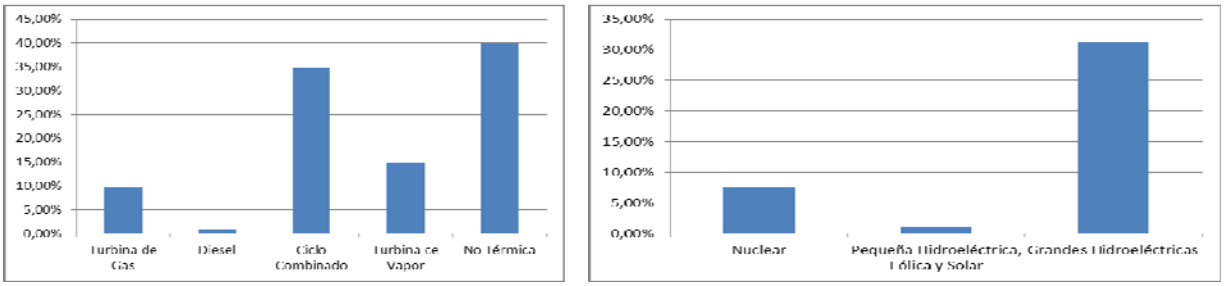


Figura 5. *Generación Eléctrica por tipo de Central y de la llamada* No térmica

En una apretada síntesis, se puede caracterizar la situación que el país enfrenta en la prestación de los servicios públicos y en el suministro de combustibles, señalando que se observa (Rigane, J., 2008).:

a) Un déficit energético creciente; producto principalmente de la declinación de la extracción de petróleo y gas, frente a un consumo en ascenso. Descenso de las reservas de petróleo y gas.

b) Inseguridad en el suministro: Escasez de gasoil –y también en algunas circunstancias precios extorsivos , cortes totales o restricciones en el consumo de gas, que se imponen a industrias y centrales eléctricas, más frecuentes en épocas de temperaturas extremas y alta demanda del sector residencial. Deficiente suministro –y precios abusivos al público- de las garrafas de gas licuado (GNL) afectando, especialmente en invierno, a los consumidores pobres de zonas suburbanas y del Nordeste del país, que carecen de provisión de gas natural por red.

c) Escasez temporaria de naftas de alto octanaje.

d) Fallas frecuentes en el suministro eléctrico -en particular en las zonas urbanas y suburbanas de gran población- como cortes programados para aliviar sobrecargas.

e) Distorsiones de precios y tarifas y costo creciente de los insumos y servicios energéticos, para gran parte del país, como consecuencia de: a) Subsidios del Estado a centrales eléctricas, industrias y empresas de transporte público, importando gas y gasoil a precios internacionales, b) aumentos paulatinos, pero continuados, de los precios de los combustibles y diferencias de precios injustificadas entre distintas regiones del país, c) grandes diferencias en distintos distritos del país entre las tarifas de los servicios (gas, electricidad y también agua y cloacas), dependiendo de los cuadros tarifarios de las diferentes distribuidoras y los impuestos provinciales y/o municipales, d) reajuste de las tarifas de los servicios de gas y luz para los sectores industrial y comercial, mientras se mantienen escalas arbitrarias para el sector

residencial; se incluyen en las facturas cargos y premios a la evolución del consumo, según disposiciones del Programa de Uso Racional de Energía Eléctrica (PUREE) que, sin mucha lógica, no logran inducir el ahorro de energía.

Proceso Histórico

Si se hace historia, se ve que desde el descubrimiento del petróleo en Comodoro Rivadavia en 1907, y luego de la creación de Yacimientos Petrolíferos Fiscales, los diversos gobiernos nacionales que se sucedieron, aplicaron políticas de Estado que, con matices y vaivenes, consolidaron un modelo de gestión nacional, estatal y centralizado que, al cabo de ocho décadas, había logrado. La apropiación de la renta petrolera en un 80% por parte del Estado Nacional y las provincias (Voloj, B., 2011).

Tener un horizonte de reservas de petróleo de 36 años, y de gas de 18 años, sostenido por un programa de perforación de pozos de exploración.

Un abastecimiento con gas natural -que alcanzaba al 60% de la población y aumentaba regularmente- a partir de una extensa red troncal, en cuya ampliación ya estaba previsto el gasoducto del NEA.

A partir de 1989, se imponen rápidamente en el país las políticas en economía que propugnaba el Consenso de Washington, en el sector energético se implanta el llamado Modelo de Mercado, que vendría a sustituir a la gestión estatal, centralizada abriendo el camino a la concesión indiscriminada de servicios y la privatización –-en ocasiones con procedimientos ilegales o irregulares–- de los activos estatales; la anulación de los impuestos que alimentaban los fondos energéticos, la concesión de las áreas petroleras y gasíferas con la libre disponibilidad de lo extraído que permitió la exportación incontrolada de gas, la entrega de la renta petrolera con la liberación de las divisas obtenidas por la exportación de hidrocarburos-, la concentración del manejo de hidrocarburos en pocas empresas que acapararon ilegalmente muchas de las principales áreas de explotación violando la Ley de Hidrocarburos vigente (Ley 17319), el deterioro constante del horizonte de reservas de hidrocarburos, la proliferación de empresas -como resultado de la partición de Gas del Estado, Agua y Energía, Hidronor, Segba- con las consecuencias del desmantelamiento de los planteles técnicos de las empresas estatales, las deseconomías de escala, y el consiguiente gasto extra por la multiplicación de directorios, planteles gerenciales y administrativos.

La política energética, y de los recursos naturales en general, no se apartó significativamente de las prácticas neoliberales. No sólo no se modificó nada sustancial en el marco normativo que sustentó al Modelo de Mercado, sino que se afianzó principalmente con la sanción de la llamada “ley corta” (No. 26197) que concedió a las provincias el dominio útil de las riquezas del subsuelo, lo que permitió a los gobiernos provinciales hacer nuevas concesiones a las petroleras, y prorrogar las vigentes, muchas veces con condiciones y plazos ilegales o irrazonables. Si bien se limitó la exportación de los hidrocarburos, se le impusieron retenciones para contener los precios internos, y se congelaron tarifas, otras medidas, de diverso alcance, adoptadas en el orden nacional y provincial desde la salida de la convertibilidad hasta hoy, refuerzan el rumbo continuista de la política en el sector energético.

En este nuevo siglo, cuando se reafirma en el mundo el predominio de los estados nacionales sobre las reservas de hidrocarburos, y las empresas estatales –a semejanza de nuestra YPF estatal y monopólica hasta comienzos de los años ´90– gestionan, sin concesionar, las riquezas del subsuelo, Argentina persiste hoy en entregarlas graciosamente a las multinacionales y a grupos económicos subsidiarios, en algunos casos de capitales argentinos, favorecidos por los gobiernos nacional y provinciales.

En cuanto a los subsidios que se otorgan a las empresas para mantener congeladas algunas tarifas de servicios públicos (transporte, gas y luz) y retaceados los ajustes de precios de los combustibles, no parece necesario advertir que serán los consumidores, industriales, comerciales y residenciales los que aportarán el mayor esfuerzo para que el Estado nacional pueda reducir el monto de los pagos. Consultoras especializadas pronostican que para el 2011 el monto de los subsidios a la energía puede llegar a los $ 40.000 millones, aproximadamente un 50% más que el año pasado. La presión de las empresas por acercar los precios de combustibles a los valores internacionales y revisar las tarifas de gas y luz,.particularmente las residenciales, deberá esperar naturalmente hasta después de las elecciones para evitar la reacción popular, aunque actualmente ya aparezcan –ante los aumentos de las naftas y el gasoil y la escasez transitoria de naftas- tanto la urgencia de las empresas como la intranquilidad de los usuarios. La mayor importación de gasoil y fuel oil, por aumento del consumo agropecuario y del transporte público y como sustituto del gas, también contribuye a subir la cuenta subsidios, en una etapa de precios en ascenso del petróleo en el mundo.

La energía tiene que plantearse como una cuestión de Estado y las políticas que se apliquen en los distintos sectores de la actividad y distritos del país deben ser consistentes y coherentes entre sí.

Las Energías Renovables

Las energías renovables deben estar presentes de manera más significativa y creciente para cumplir con los objetivos climáticos globales para lo cual se debe partir de los siguientes objetivos y premisas: 1. La sustitución total de los fósiles en toda la matriz energética argentina en el horizonte de los próximos años con metas para el 2050. Los roles en la matriz están bien diferenciados y por lo tanto hay que investigar posibles trayectorias teniendo en cuenta criterios que trascienden la lógica del sistema energético, por ejemplo prioridades sociales y ambientales. 2. Las tecnologías actualmente conocidas pueden dar cuenta del mayor esfuerzo de sustitución de fósiles en las próximas dos décadas. 3. La integración regional eléctrica (Mercosur, anillo suramericano) y la optimización de la distribución geográfica en la entrada de distintas fuentes intermitentes facilitarían el manejo de la variabilidad de la oferta eléctrica nacional. 4. En la sustitución del gas natural los gasoductos pueden tener un papel similar en los intercambios regionales de biogás y tal vez mucho más tarde de hidrogeno. 5. El hidrogeno aparece como el vector necesario para sustituir todos los usos de combustibles fósiles en el caso de las tecnologías que solo producen electricidad (eólica y fotovoltaica), ya que está en competencia con el aporte de bioenergía y con la electrificación de usos finales (e.g. transporte). 6. La electrificación progresiva de la matriz favorece la penetración de las renovables para generación eléctrica. La evolución de las tecnologías en los usos finales en transporte y en las formas de almacenamiento determinan la proporción que finalmente tendrán estas fuentes en la matriz. 7. La planificación energética de largo plazo que incluya todas las fuentes consideradas para su incorporación en distintos plazos de manera flexible requiere la identificación de las sinergias e incertidumbres clave en las políticas sectoriales en niveles nacional y regional. Entre ellas, las prioridades en esfuerzos de investigación, desarrollo y difusión de las tecnologías ya disponibles o en fases muy avanzadas de desarrollo. 8. El potencial de generación dispersa para usos residenciales en el país debiera aprovecharse por su alto beneficio social como lo ha mostrado el PERMER. Sin embargo, los usos productivos representan un potencial mucho mayor, en particular cuando se lo vincula a la gestión del agua (vg irrigación). La energización rural, en particular la referida a mecánica y transporte, es un sector relevante en la matriz energética y en las tramas productivas regionales (Pedace, R., 2011).

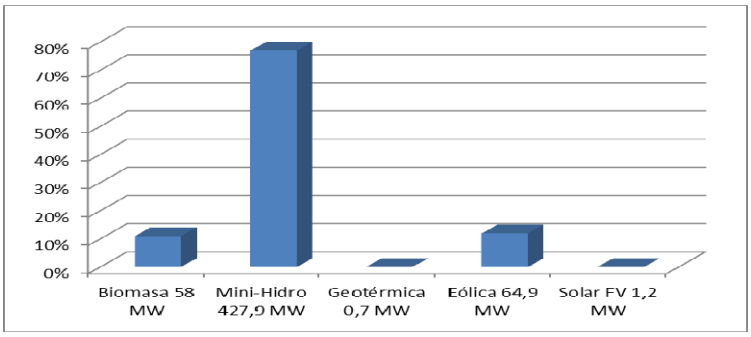


Figura 6 Matriz Energías Renovables

El abastecimiento de agua y servicios sanitarios, gas, energía eléctrica y la provisión de combustibles deben ser declarados como Servicios Públicos, y no gestionados como simples productos de mercado. El Estado nacional debe retomar el control de la actividad, compartir la gestión con las provincias y permitir el control democrático y popular por parte de los ciudadanos.

Serán metas prioritarias: La recuperación de una parte mayoritaria de la renta para los gobiernos nacionales y provinciales; el afianzamiento de la seguridad energética, con la recuperación del autoabastecimiento; el cuidado estricto del medio ambiente y la reducción de la dependencia del consumo energético de los hidrocarburos.

Algunas de las medidas prioritarias a adoptar son: anulación de los decretos desreguladores de Menem y de las concesiones ilegales (basadas en infracciones a la ley 17319), derogación de la ley “corta” (Ley 26197) y de toda otra legislación que se oponga a la recuperación del dominio útil para el Estado Nacional con la participación de todas las provincias. Elaboración de un plan energético, global y fundamentado, a corto y mediano plazo, Revisión de las leyes de privatización, derogación de las que presenten ilícitos en su sanción e implementacion. Creación de una Empresa Nacional de Hidrocarburos (ENH S.E)., -o redefinición y reestructuración de Enarsa como sociedad del Estado- constituyéndose en una administradora exclusiva de todas los recursos hidrocarburíferos –en subsuelo terrestre o marítimo y en superficie- a la que se revertirán todas las áreas y activos recuperados por anulación de concesiones. Anulación de los contratos de concesión de operación que hayan sido incumplidos por las empresas Renegociación de concesiones de exploración/explotación de hidrocarburos, para convertirlas en contratos de obra, eliminando la libre disponibilidad de los hidrocarburos y de las divisas obtenidas por exportación, de que gozan las empresas. Renuncia al CIADI (Centro Internacional de Arreglos de Diferencias Relativas a Inversiones - que implicaría la denuncia o reforma de los Tratados Bilaterales de Inversiones firmados): en el futuro los conflictos legales con empresas/consorcios extranjeros se dirimirán en los tribunales argentinos. Creación de un registro de las reservas hidrocarburíferas, auditadas por especialistas convocados por la ENH. Replantear el régimen de impuestos internos a los hidrocarburos y las regalías. Reformar el régimen del mercado mayorista del gas y el de la electricidad. Replantear el funcionamiento, las atribuciones y la conformación de las autoridades de los organismos de control. Finalmente propugnamos una amplia participación popular en la discusión de estas políticas.

Marco Legal de las Energías Renovables

En 1992 se sanciona la ley 24065 que liberalizo el sector eléctrico con actores privados en los tres segmentos del mercado (generación, transmisión y distribución).

En 1998 se sanciona la ley Nacional 25019 que declara de interés nacional la generación de energía de origen eólico y solar y plantea por primera vez el incentivo económico como instrumento para promover la generación de estas fuentes renovables, prevé incentivos fiscales y

la conformación de un Fondo Fiduciario de Energías Renovables destinados a remunerar las mismas.

La ley Nacional 26190 del año 2006 es de fomento para el uso de fuentes renovables de energías, viene a sumarse y complementar a la ley 25019, que incluye las fuente eólicas, solar, geotérmicas, mareomotriz, hidráulicas en centrales con potencias menores de 30 MW, bimasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás. Esta ley se reglamente por el Decreto 562/2009 del Poder Ejecutivo Nacional (Esteves, B., 2012).

Entre los aspectos más destacados aparecen:

1. Declara de interés la generación eléctrica a partir del uso de fuentes renovables y establece el objetivo de un8 % del consumo eléctrico para el año 2016 abastecido por fuentes de energías renovables.
2. Establece un mecanismo de presentación de ER por medio de proyectos al Consejo Federal de la Energía Eléctrica.
3. Menciona beneficios para los titulares de de inversiones a partir de fuentes renovables destinadas al Mercado Eléctrico de Energía y/o a la prestación del servicio publico de electricidad.
4. Establece la creación de un Fondo Fiduciario (FFER) que se deberá integrar con el aporte de una carga de tarifa para financiar a los generadores de ER.
5. Instituye un régimen de Inversiones que otorga beneficios fiscales destinada a la producción de energía eléctrica a partir de fuentes de ER.

El Gobierno crea el Programa GenRen (Generación Renovable) destinado a estimular el suministro de las energías renovables, y en el año 2009 ENARSA lanza Gen Ren I con una subasta de 1015 MW de centrales en base a energía solar, biomasa, energía geotérmica, biogás, residuos sólidos urbanos, biocombustibles y pequeña hidráulica.

Conclusiones

Como conclusión podemos afirmar que en definitiva parece marcharse a una situación en la que energía habrá para quien la pueda pagarla, a lo que respondemos que el problema de la energía es un problema de todos, no solo de especialistas. Por lo cual debemos transitar hacia un camino de profundizar las discusiones, y generar propuestas para políticas de estado que permitan convertir la matriz energética, en una que permita una mayor autonomía, más sostenibilidad y democratización en el acceso, disminuyendo los gases de efecto invernadero, el impacto en el ambiente, pensando en una sociedad más sustentable y equilibrada.

Bibliografía

Esteves, B. (2012). Democratización Energética. 100 % renovable la energía del futuro: análisis jurídico-institucional comparado de la energías renovables en la Argentina y Alemania: recomendaciones políticas públicas para su desarrollo.ISBN Nº 978-987-33-2120-7.

Gonzalez, E. (2010). La política Exterior Energética de Argentina. Grupo de Estudio Internacional Contemporáneos.

Palamidessi, H. (2011), La situación de la energía. Grupo MORENO

Pedace, R. (2011). Energías renovables y cambio climático: Síndrome de Xantos., La Ley Suplemento de derecho ambiental. ISSN 0024-1636.

Rigane, J. (2008). Crisis energética: No somos dueños de la Botella., ATE Rosario.

Voloj, B, (2011). El escenario energético argentino. La Ley Suplemento de derecho ambiental. ISSN 0024-1636.

LICITACIONES PARA SUMINISTRAR ELECTRICIDAD GENERADA CON ENERGÍAS RENOVABLES COMO MECANISMO DE PROMOCIÓN ENERGÉTICA EN PERÚ Y ARGENTINA

Díaz Villanueva, Edwar Rafael

Abogado por la Pontificia Universidad Católica del Perú y Especialista Legal del Organismo Supervisor de las Inversiones en Energía y Minería
Av. José Pardo de Zela 256, Lima 14
Teléfono: (0051) 6217985; e-mail: edwar.diaz@pucp.edu.pe

RESUMEN:

En el presente trabajo analizamos de forma comparativa las licitaciones, llamadas también "subastas", para contratar el suministro de electricidad generada con recursos renovables en Perú y Argentina. Para ello, se ha revisado la legislación vigente de ambos países, así como las experiencias obtenidas en la primera etapa de la implementación de estas licitaciones. Luego de efectuar la comparación entre ambos países, encontramos que ENARSA y la Secretaría de Energía argentinas actúan con discrecionalidad en el proceso de licitación, no así el organismo peruano OSINERGMIN, quien conduce las subastas y adjudica cumpliendo las disposiciones del Ministerio de Energía y Minas que actúa como órgano rector. Además, los requisitos solicitados a los postores para participar y los criterios de adjudicación son mucho más detallados en las licitaciones argentinas toda vez que en ellas se determina la conveniencia de contratar con los adjudicatarios; distinto es el caso peruano, en cuyas subastas no se determina previamente la idoneidad de los proyectos para la contratación, pues ello es materia de un procedimiento posterior que se realiza durante el otorgamiento de la concesión eléctrica que autoriza, en nombre del Estado, el desarrollo de la generación eléctrica. Un punto en común es que ambos países las licitaciones están orientadas a fomentar la libre competencia de los participantes, evitando y sancionando las colusiones que pudieren presentarse, de modo que los precios ofertados respondan a estándares de mercado. Por lo expuesto, concluimos que las licitaciones argentinas tienen una estructura más efectiva que las peruanas aunque ello no es un impedimento para que se obtengan precios competitivos por la energía adjudicada.

Palabras clave: energías renovables, electricidad, subastas, licitaciones.

ABSTRACT

In this paper we analyze comparatively tenders or auctions for contracting the supply of electricity from renewable energy, processes performed in Peru and Argentina. We have reviewed the current legislation of both countries as well as the experience gained in the first stage of the implementation of these tenders. We found that ENARSA and Secretary of Energy, Argentinean agencies, act with discretion in the bidding process, but OSINERGMIN, Peruvian agency, conducts the auction and awards in compliance with the provisions of the Ministry of Energy and Mines. Furthermore, the established requirements for bidders to participate and the award criteria are

much more detailed in Argentinean bidding as necessary to determine the suitability to contract with successful bidders generators; different is the case of Peru, whose auction is not determined previously suitability of projects to carry out recruitment, because this is reviewed for a future process. We conclude that Argentine tender is more effective than the Peruvians tenders, but it isn't not an impediment to obtain competitive prices for energy awarded.

Keywords: renewable energy, power, tenders, auctions.

1. INTRODUCCION

En el Perú, con la promulgación del Decreto Legislativo 1002, denominado "Decreto Legislativo de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el Uso de Energías Renovables" se instituyó un mecanismo de subastas o licitaciones públicas para contratar, de entre los postores participantes (oferentes), el suministro de electricidad generada con recursos energéticos renovables, de modo que al menos el 5% del consumo eléctrico nacional provenga de electricidad de origen renovable. Esta norma fue reglamentada por el Decreto Supremo 012-2011-EM[1]. Posteriormente, se emitió el Decreto Legislativo 1058, mediante el cual se dispuso el beneficio tributario de la depreciación acelerada de los activos fijos de las centrales de generación con recursos energéticos renovables, para efectos del pago del Impuesto a la Renta[2].

Por su parte, en Argentina, con la dación de la Ley 26.190[3], denominada "Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica", reglamentada mediante Decreto 562/2009, se estableció un régimen de remuneración plus o primas en las tarifas, conocido como feed-in tariff, conformándose un Fondo Fiduciario de Energías Renovables destinado a remunerar con una prima por kilovatio hora la electricidad de origen renovable, siempre que la producción se encuentre destinada al mercado mayorista o al servicio público. Además, se dictaron disposiciones destinadas a otorgar beneficios tributarios[4]. Para acceder al régimen de fomento se instituyó como necesario que el proyecto sea seleccionado por la Secretaría de Energía – SE del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios – MPFIPS. Sin perjuicio de este sistema de primas adoptado, posteriormente se publicó la Resolución 712/2009 de la SE que dispuso, al igual que Perú, la realización de licitaciones para contratar el suministro de electricidad de origen renovable, de modo tal que se cumpla con el objetivo trazado en la Ley 26.190 de contar con una contribución de las recursos energéticos renovables del 8% en el consumo eléctrico nacional, en un horizonte de 10 años contados desde el año 2006.

Tanto en Perú como en Argentina se han desarrollado licitaciones con la finalidad de promover las inversiones en generación de electricidad con recursos energéticos renovables para diversificar la matriz energética y proteger el medio ambiente, mediante el otorgamiento de derechos a los adjudicatarios de dichas licitaciones. Precisamente, en el presente trabajo compararemos las disposiciones dictadas por los gobiernos peruano y argentino con oportunidad de las subastas que se han convocado, con la finalidad de encontrar semejanzas y diferencias que nos ayuden a identificar qué aspectos se pueden mejorar. Para efectuar nuestra comparación

[1] El antecedente de este Reglamento fue aprobado mediante Decreto Supremo 050-2008-EM.

[2] El Impuesto a la Renta grava las rentas que provengan del capital, del trabajo y de la aplicación conjunta de ambos factores, entendiéndose como tales a aquéllas que provengan de una fuente durable y susceptible de generar ingresos periódicos.
http://www.deperu.com/abc/impuestos/278/el-impuesto-a-la-renta

[3] El antecedente de esta ley es la Ley 25.019 que creó el "Régimen Nacional de Energía Eólica y Solar".

[4] Estos beneficios tributarios fueron la devolución anticipada del Impuesto al Valor Agregado o la amortización acelerada del Impuesto a las Ganancias, y la inafectación de los bienes de la actividad de generación eléctrica para efectos de integrar la base de imposición del Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta. Mayor información sobre estos impuestos se puede obtener en: http://www.afip.gov.ar/futCont/otros/sistemaTributarioArgentino/#e

nos hemos remitido a las bases o pliegos de las licitaciones consignadas en los portales web de los organismos que las han conducido.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para efectos de la elaboración del presente trabajo se han comparado las normas vigentes de Perú y Argentina sobre promoción de la generación eléctrica con energías renovables, así como las disposiciones dictadas con oportunidad de las subastas o licitaciones que se han llevado a cabo en ambos países para contratar el suministro eléctrico con dichas fuentes.

3. LOS ENTES COMPETENTES

El Ministerio de Energía y Minas - MINEM, es el competente para aprobar las bases (pliegos) de la subasta, determinar la cantidad de energía que se licitará por cada fuente y firmar los contratos de suministro de electricidad de origen renovable con los adjudicatarios. Además, otorga concesiones eléctricas para permitir la realización de la actividad de generación eléctrica utilizando los recursos energéticos renovables. Por su parte, OSINERGMIN es el organismo encargado de conducir las subastas, aprobar el precio máximo de adjudicación, adjudicar a los postores cuyas ofertas se encuentren por debajo del mencionado precio y supervisar el cumplimiento de los contratos adjudicados.

Las licitaciones argentinas guardan ciertas diferencias con las peruanas, ya que si bien la SE del MPFIPS actúa como ente normativo, este organismo ha delegado la facultad de conducción del procedimiento a Energía Argentina S.A. - ENARSA, una empresa estatal encargada de, entre otras actividades, generar y comercializar energía eléctrica. Así, ENARSA aprueba los pliegos (bases) de la licitación, divide la energía a ser licitada entre las tecnologías que participarán, selecciona y evalúa las ofertas, adjudica la buena pro a los postores y suscribe el contrato de suministro de electricidad con los adjudicatarios. Finalmente, aparece la figura de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico – CAMMESA, organismo coordinador del despacho eléctrico y de la operación en tiempo real, quien compra, previa autorización de la SE, la electricidad de origen renovable a ENARSA para abastecer el Mercado Mayorista Eléctrico – MEM.

4. FUENTES ENERGÉTICAS LICITADAS

La legislación argentina considera como energías renovables las fuentes eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, hidráulica (pequeños aprovechamientos hidroeléctricos), biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás. Todas estas fuentes, salvo la mareomotriz, han sido licitadas en las licitaciones efectuadas. En Perú son consideradas energías renovables las fuentes eólicas, la energía hidráulica, solar, geotermia y mareomotriz. Estas dos últimas fuentes no han sido licitadas.

Con respecto a los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos cabe indicar que en la legislación peruana solo se considera como energía renovable, para efectos de acceder al marco de promoción de dichas fuentes, a la energía hidráulica que es utilizada en centrales hidroeléctricas con una potencia instalada no mayor a 20MW. En el caso argentino el límite es de 30MW. En ambas legislaciones no se precisa si solo se consideran las centrales hidroeléctricas de pasada o se incluye también a aquellas de represa, ni establece un criterio de afectación ambiental para diferenciar los aprovechamientos convencionales de los no convencionales.

5. EL PROCESO DE LICITACIÓN

5.1. Presentación de ofertas

Las ofertas deben ir acompañadas de una serie de requisitos que las bases o pliegos de la licitación establecen. La diferencia de los requisitos, entre un país y otro, se encuentra principalmente en el grado de exigencia y en la utilidad que la administración pública les da a los mismos. Así, las licitaciones argentinas son más detalladas en cuanto a la documentación solicitada a los participantes, ya que ello permite a la SE verificar, de manera discrecional, la idoneidad y conveniencia de contratar con el nuevo generador, teniendo en cuenta, entre otros datos, su ubicación, características técnicas, disponibilidad, punto de conexión, precio y condiciones comerciales. Con ello se justifica que se le exija a los participantes, con minuciosidad, requisitos como la disponibilidad del recurso energético, estudios de prefactibilidad técnica y ambiental y los estados contables. La discrecionalidad con la que actúa la SE al momento de evaluar los proyectos y la conveniencia de contratar con los mismos, no se presenta en el caso peruano, donde OSINERGMIN tiene sus facultades circunscritas a la conducción de la subasta, motivo por el cual se exigen a los postores mayoritariamente declaraciones juradas o compromisos, que son requisitos no tan detallados, cuyo cumplimiento es posteriormente corroborado en el procedimiento administrativo de otorgamiento de la concesión eléctrica definitiva, donde el MINEM concede el derecho de aprovechamiento sobre el recurso energético.

Debemos tener en cuenta que en Argentina no es necesaria la concesión eléctrica para generar electricidad con recursos energéticos renovables, con excepción de los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos. Al respecto, la Ley 15.336, Ley de Energía Eléctrica, dispone que únicamente se requiera concesión para el aprovechamiento de fuentes de energía hidroeléctrica de los cursos de agua pública cuando la potencia a concederse supere los 500 KW. *Contrario sensu*, el aprovechamiento de los demás recursos energéticos renovables, así como el de la energía hidráulica con potencia menor o igual a 500 KW es libre, salvo disposición de los gobiernos provinciales, como es el caso de la provincia de Chubut[5]. No obstante ello, se exige, como paso previo a la contratación de la energía a ser generada, que la SE evalúe los proyectos que resultaron adjudicatarios en la subasta y determine la conveniencia de la contratación. Diferente es el caso peruano, donde el Decreto Ley 25844, Ley de Concesiones Eléctricas, contempla la figura de concesión para generación eléctrica en centrales con potencia mayor a 500 KW que utilicen cualquier recurso energético renovable.

En este mismo sentido, respecto al lugar donde se va a realizar la actividad de generación de electricidad, advertimos que la licitación argentina ha previsto que los postores garanticen la disponibilidad del predio en el que se ubicará su central de generación, mediante la presentación de una carta de intención irrevocable o contrato que permita comprobar la disponibilidad del área donde se emplazará la central, en caso de resultar adjudicatario el proponente, o, tratándose de bienes del dominio público, un certificado mediante el cual acredite que se encuentre tramitando un uso especial a su favor. Luego de la adjudicación, se requiere nuevamente a los contratistas garantizar la disponibilidad del área. Distinto es el caso peruano, donde la concesión del área destinada a la generación de electricidad se realiza en un proceso administrativo posterior e independiente de las subastas, por lo que la disponibilidad del área es una responsabilidad del postor y no un requisito para la presentación de ofertas, no pudiendo éste alegar luego fuerza mayor en caso de tener retrasos en la ejecución de las obras por problemas relacionados con dicha área. Consideramos que esta solución si bien castiga a los postores irresponsables, permitiría casos de adjudicatarios de subastas que se encuentren imposibilitados de obtener la concesión al no contar con un área saneada, situación que no ocurre en Argentina, cuyas licitaciones, en este aspecto, son mucho más conservadoras, pues buscan evitar la

[5] Mediante Decreto N° 8/2011 del Gobierno Provincial de Chubut se promulgó la Ley XVII 95, Ley de Energías Renovables, que creó la figura de concesión provincial como título habilitante para generar electricidad con energía eólica.

adjudicación a proyectos ubicados en zonas con impedimentos para llevar a cabo los proyectos de generación eléctrica.

Lo explicado en los párrafos precedentes se puede graficar de la siguiente manera, para el caso peruano:

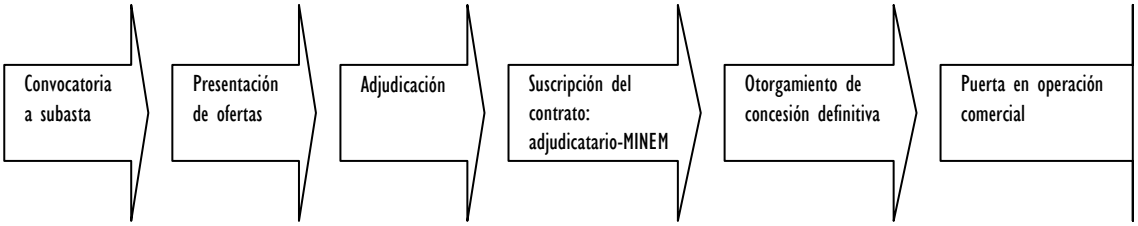


Figura 1
Etapas a ser cumplidas en Perú, para que un generador con recursos energéticos renovables se encuentre dentro del régimen especial.

Y para el caso argentino:

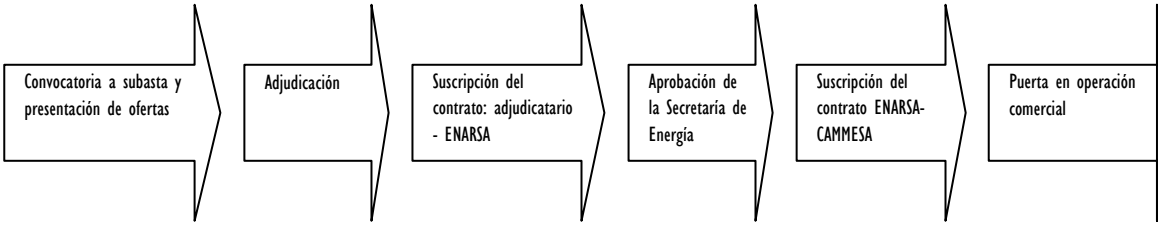


Figura 2
Etapas a ser cumplidas en Argentina, para que un generador con recursos energéticos renovables se encuentre dentro del régimen especial.

5.2. Etapas de la subasta o licitación

Se aprecia en la Tabla 1 que la licitación peruana y argentina tienen etapas muy parecidas, sin embargo la segunda de ellas cuenta con una etapa, posterior a la entrega de los sobres con las propuestas y anterior a la adjudicación, en la que los proponentes pueden formular observaciones a las propuestas técnicas presentadas. En esta etapa aquellos pueden plantear, por ejemplo, observaciones referentes a casos en los que dos proponentes han indicado que en una misma área se construirá su central. En este supuesto, ENARSA podría utilizar sus facultades discrecionales para adjudicar al proyecto que estime más conveniente. Esto no puede repetirse en el caso peruano, ya que OSINERGMIN no tiene la discrecionalidad que posee su par argentino, debiendo únicamente limitarse a adjudicar a los postores con ofertas menores al precio máximo de adjudicación hasta el límite de la energía requerida, es decir, no existe una evaluación sobre la viabilidad de los proyectos de generación.

Tabla 1: Comparación entre las etapas de las subastas de Perú y Argentina

Perú	**Argentina**
1. Aprobación de bases 2. Convocatoria a subasta 3. Registro de participantes 4. Venta de bases 5. Sugerencias y consultas a las bases 6. Publicación de las bases consolidadas en el portal web 7. Presentación y evaluación de sobres 8. Notificación de calificación de postores y de observaciones 9. Publicación del acta de postores 10. Acto público de adjudicación 11. Fecha de cierre (suscripción del contrato)	1. Convocatoria a licitación 2. Aprobación del pliego 3. Adquisición del pliego 4. Consultas al pliego 5. Presentación de propuestas 6. Apertura del sobre de propuesta técnica 7. Observaciones a las propuestas 8. Aprobación o rechazo de las propuestas (preselección) 9. Apertura de propuestas económicas 10. Adjudicación 11. Suscripción del contrato.

5.3. Presentación de garantías

En las licitaciones argentinas se exige a los oferentes presentar dos garantías: (i) la garantía por mantenimiento de propuesta, que tiene por finalidad garantizar el cumplimiento de las obligaciones asumidas durante el proceso de licitación y se ejecuta por retiro de la propuesta, presentación de información falsa, negativa a firmar el contrato, o cuando no es sustituida por la garantía de cumplimiento; y (ii) la garantía de cumplimiento de contrato que es establecida previamente a su suscripción y respalda el total de obligaciones previstas en el mismo. De manera similar, estas dos garantías están previstas en las subastas peruanas, pero con el nombre de (i) garantía de seriedad de oferta y (ii) garantía de fiel cumplimiento, la cual, a diferencia de la garantía de cumplimiento del contrato argentina, sólo garantiza el cumplimiento del cronograma de ejecución de obras hasta la puesta en operación de la central de generación, más no todas las obligaciones del contrato. Esta distinción se justifica debido a que en el caso peruano el incumplimiento de entrega de la energía comprometida, por parte de los generadores adjudicatarios, cuando no existen causas de caso fortuito o fuerza mayor, es castigado con una reducción de la tarifa adjudicada en la subasta.

Consideramos que castigar a los generadores que incumplen sus compromisos de entrega de energía con una reducción de sus tarifas adjudicadas, como ocurre en Perú, resulta positivo en cuanto una menor tarifa a ser reconocida al generador representa una disminución de las primas que pagan los usuarios eléctricos, es decir, al generador no sólo no se le pagará por la energía que no ha suministrado, sino que el porcentaje de energía entregado será afectado con un factor de descuento que disminuya su precio. Resulta lógico que si un generador no cumple con sus obligaciones sea sujeto de sanciones, por lo que la reducción de su tarifa adjudicada opera como un incentivo para que el generador evite caer en incumplimientos. De otro lado, la constitución de un fondo de garantía no altera la obligación de pagar la tarifa acordada por la energía sí entregada, así no se haya suministrado toda la energía comprometida. En este caso no existe castigo efectivo para el generador pues cuando entregue toda su energía seguirá cobrando la misma tarifa adjudicada.

5.4. Oferta económica

La oferta económica es el monto de dinero que un postor (llamado también “oferente”) ofrece por su energía a ser suministrada. En las licitaciones de ambos países estas se mantienen confidenciales hasta la adjudicación de la buena pro, con la finalidad de evitar que exista colusión entre empresas oferentes y se afecte, en algún modo, la libre competencia.

En el caso de las subastas peruana se ha optado por establecer en las bases que el precio máximo de adjudicación de cada tecnología únicamente se haga público en caso no se obtuvieran ofertas económicas suficientes para cubrir el 100% de la energía requerida de cada tecnología, a un precio inferior o igual al precio máximo de dicha tecnología. Esta medida ha sido dada con la finalidad de evitar que el conocimiento del valor máximo fijado por OSINERGMIN distorsione las ofertas económicas de la siguiente subasta.

6. LA ADJUDICACIÓN

El criterio para adjudicar es una de las principales diferencias entre las licitaciones peruanas y argentinas. En las subastas peruanas se adjudica a los postores ordenando las ofertas por la energía ofrecida de menor a mayor y únicamente a aquellas que son menores al precio máximo fijado por OSINERGMIN, es decir, la adjudicación tiene únicamente una connotación tarifaria, salvo el caso de la tecnología eólica donde existen límites de potencia en determinadas barras del sistema[6]. OSINERGMIN no puede pronunciarse sobre la disponibilidad del recurso energético ni sobre su implicancia ambiental y cumplimiento de la normativa técnica del sector eléctrico. En el caso argentino, se ha establecido una metodología para asignar un orden de conveniencia de las propuestas por cada fuente, mediante la aplicación de una fórmula que considera como variables la potencia de la central, el plazo previsto para la habilitación comercial de toda la potencia contratada de la central a partir de la fecha de entrada en vigencia del contrato, las dos terceras partes del plazo menor de las ofertas de una determinada tecnología, el componente local[7] y (para el caso de centrales que no usan biocombustibles) el ingreso requerido por la energía entregada.

Como se puede advertir, las licitaciones argentinas no sólo se basan en el precio menor para la adjudicación sino que le da prioridad a los proyectos que garantizan mayor producción de electricidad, se construirán más rápido y los que ofrecen utilizar equipos fabricados en el país. Consideramos que el criterio de adjudicación adoptado por Argentina es mejor que el peruano ya que no solamente fomenta la competencia entre los participantes, sino que también incentiva la creación de una industria nacional asociada a la generación de electricidad con recursos energéticos renovables al valorar el componente nacional en las inversiones a ser desplegadas, aspecto que se ha soslayado en Perú en pro de reducir requisitos para atraer mayores inversiones. No obstante, esto último es importante por que contribuye a abaratar los costos de la generación eléctrica, independientemente de la innovación tecnológica y aumento de puestos de trabajo que ello representa.

Cabe resaltar que ENARSA puede determinar, de manera discrecional[8], cuáles son las propuestas más ventajosas para cada tecnología. En efecto, como hemos señalado, ENARSA realiza una evaluación sobre la factibilidad ambiental (no trasgresión de normas ambientales), eléctrica (capacidad de generación y adecuación a la normativa) y la disponibilidad energética (concesiones para uso del recurso, cuando sea necesario), basando su análisis en la información presentada por los participantes de la licitación; y, de manera discrecional, selecciona a los proyectos que, a su criterio, resultan más ventajosos. Tal es el carácter discrecional de la decisión de ENARSA que no está obligado a adjudicar toda la potencia ofertada a una sola central. En el caso peruano, OSINERGMIN no cuenta con facultades discrecionales, sino que debe conducir las subastas procurando que sea el criterio tarifario el único adoptado para la adjudicación, sin importar si el proyecto es factible o no, lo que puede llevar a adjudicar a proyectos inviables

[6] Las bases de la subasta tienen especificadas las barras del sistema en las que se puede inyectar una cantidad máxima potencia eólica. En caso de requerir inyectar mayor potencia se hace necesaria la autorización del COES, entidad coordinadora del sistema.

[7] De acuerdo con el numeral 13.5 de las Bases, la Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina (ADIMRA) es el organismo encargado de determinar el porcentaje de componente local de la obra teniendo en cuenta el listado de fabricantes proporcionado por el oferente.

[8] Esta facultad de ENARSA se ejerce sin perjuicio de las competencias discrecionales de evaluación de los proyectos que le corresponden a la SE, con anterioridad a la suscripción del contrato de abastecimiento entre ENARSA y CAMMESA.

técnicamente. OSINERGMIN tampoco puede evitar adjudicar la energía licitada a un solo postor, ya que si este presenta un precio por debajo del precio máximo en la tecnología en que concursa y se compromete a suministrar toda la energía requerida de la referida tecnología, se convertirá en el único adjudicatario.

Con respecto al precio máximo de adjudicación establecido en Perú, cabe indicar que el mismo tiene por finalidad descartar a las ofertas más costosas ya que de ser éstas adjudicadas perjudicarían a los usuarios finales de la electricidad, quienes tendrían que costear las altas primas que dichos emprendimientos requerirían para ser sustentables. El precio máximo que OSINERGMIN establece obliga a los postores a ser eficientes en el cálculo del precio ofertado. Ningún adjudicatario puede superar esta oferta. En las licitaciones argentinas no existe precio máximo de adjudicación aunque se ha indicado en los pliegos que ENARSA adjudicará a aquellos oferentes cuyo precio comparativo, hallado luego de aplicar la fórmula que involucra las variables citadas anteriormente, no superen en 30% el precio comparativo menor, salvo que a consideración de ENARSA la oferta resulte conveniente. En el caso argentino vuelve a imperar la discrecionalidad del conductor de la licitación, tal como lo hemos venido sosteniendo, lo cual implica de por sí financiar algunos proyectos costosos que a entender de las entidades argentinas sean necesarios.

Por último, en las subastas peruanas y argentinas la adjudicación confiere a su titular el derecho a tener una tarifa fija por su energía generada en el largo plazo, con la salvedad que en el caso peruano esta tarifa se complementa con una prima otorgada a favor de aquellos generadores que al vender su electricidad al mercado spot no obtienen los ingresos suficientes para cubrir la tarifa adjudicada. Según legislación peruana, la prima es recaudada por el aporte de todos los usuarios eléctricos, mediante el establecimiento de un cargo por prima en el peaje de transmisión principal de electricidad; en cambio, las primas creadas en Argentina son financiadas con un fondo fiduciario, lo cual es importante resaltar, ya que se esa manera no se traslada directamente al usuario incrementos a su facturación.

7. LA CONTRATACIÓN

En Perú, el MINEM es la contraparte contractual, quien suscribe con los adjudicatarios el contrato de suministro de electricidad de origen renovable, contrato que tiene naturaleza administrativa y una vigencia de veinte años. Esta electricidad es suministrada en el mercado de corto plazo al precio resultante de dicho mercado.

En el caso argentino, se deben suscribir dos contratos para comercializar la electricidad de origen renovable. El primero es un contrato de abastecimiento en el que las partes son los adjudicatarios y ENARSA, el cual se rige por el derecho civil. Este contrato puede tener dos tipos: (i) “Contratos de Abastecimiento MEM a Partir de Fuentes Renovables por Potencia”, los cuales se celebrarán para proyectos que utilicen tecnologías que permitan respaldar la potencia de sus unidades generadoras (v.gr. biomasa); y (ii) “Contratos de Abastecimiento MEM a Partir de Fuentes Renovables por Cantidad de Energía Suministrada”, los cuáles se celebrarán cuando los proyectos, debido a las características del recurso que utilizan, no puedan respaldar la potencia de sus unidades (v.gr. eólica). Luego de la suscripción de cualquiera de estos contratos, la SE evalúa la conveniencia de la energía ofertada por los generadores y, tras aprobar el proyecto, instruye a CAMMESA, en su condición de administrador del MEM, la celebración de un segundo contrato denominado “Contratos de Abastecimiento MEM a Partir de Fuentes Renovables” con ENARSA. Sólo a partir de la notificación al adjudicatario sobre la suscripción de este último contrato, entra en vigencia el primero de ellos, el mismo que se extiende por un periodo de quince años.

Un punto importante de comentario, en el caso argentino, es la constitución de dos tipos de contratos de abastecimiento ya sea por potencia o por cantidad de energía, con lo cual se crean dos modalidades contractuales que responden a la naturaleza misma de las fuentes de

generación renovables. Así, los proyectos que no puedan respaldar potencia, tales como la energía solar y eólica, tienen una figura legal que les permite suscribir contratos de suministro y, de esa forma, comercializar su electricidad con ENARSA. En el Perú no ha sido necesario establecer dos tipos contractuales ya que la normativa establece claramente que la obligación los generadores con recursos energéticos renovables es únicamente suministrar energía y no potencia al mercado de corto plazo (mercado spot), de lo contrario, los generadores que no garantizan potencia se verían obligados a contratarla con otros generadores.

De otro lado, con relación a la participación de la SE como ente habilitador de los contratos entre CAMMESA y ENARSA, consideramos que aquella intervención se da para evitar que se contraten proyectos de generación que no sean convenientes para suministrar electricidad. Recordemos que, salvo el caso de la generación hidroeléctrica, en Argentina no se requiere de concesión eléctrica definitiva para producir electricidad con recursos energéticos renovables, por lo que se ha hecho necesario integrar en un solo proceso la adjudicación y la evaluación de la idoneidad de los proyectos. Este sistema integrado no se repite en Perú pues, como hemos señalado, la legislación peruana ha dividido el otorgamiento de derechos en dos partes: la primera con la adjudicación y la segunda con el otorgamiento la concesión eléctrica. En nuestra opinión, la integración es el mejor camino para promover la utilización de recursos energéticos renovables, ya que la existencia de procesos separados ante entidades administrativas distintas puede obstaculizar el desarrollo de tecnologías nuevas, principalmente cuando existe diferencia de criterios o competencias asignadas entre los organismos que intervienen.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las licitaciones argentinas contemplan aspectos no recogidos en el sistema de subastas peruano, toda vez que los procesos desarrollados en Perú tienen un carácter eminentemente tarifario y los argentinos combinan una serie de aspectos técnicos y ambientales que se toman en cuenta para la adjudicación y la contratación, a lo que hay que añadir el carácter discrecional que caracteriza la actuación de ENARSA y la SE en la selección que realizan. Este carácter discrecional en la evaluación de los proyectos de generación con recursos energéticos renovables, siempre que se efectúa bajo aspectos estrictamente objetivos y considerando todos los datos e información alcanzados por los oferentes, es beneficioso para poder determinar la conveniencia al momento de elegir a los adjudicatarios y futuros suministradores de electricidad con recursos energéticos renovables. De lo contrario, la discrecionalidad del agente estatal podría conllevar a actos de corrupción o decisiones sin objetividad que desvirtuarían el carácter eficiente que debe revestir a una licitación. La evaluación también es necesaria pues, tratándose de procesos de licitación que tienen por finalidad otorgar incentivos económicos a agentes privados, resulta razonable que el Estado vele porque los elegidos se encuentren en condiciones de poder cumplir con lo ofrecido, conforme a las disposiciones establecidas de manera previa a cada proceso, evitando la adjudicación a aquellos postores que no cuenten con la suficiente capacidad para llevar a cabo sus proyectos de inversión.

Las subastas peruanas aún tienen como deficiencia el hecho que la adjudicación tenga como único criterio el precio ofertado, ya que al no considerarse la idoneidad de los proyectos de generación, se traslada tal verificación a los procesos administrativos de otorgamiento de concesión eléctrica, donde pueden resultar adjudicatarios de las subastas que no obtengan la concesión y no puedan suministrar la electricidad. La sola posibilidad de existencia de adjudicatarios no concesionarios hace que las subastas devengan en deficientes.

Argentina ha dado un paso adelante al priorizar la contratación de los proyectos de generación que utilizan componentes nacionales y al licitar todas sus tecnologías disponibles para generar electricidad ya que es necesario el abaratamiento de los costos de generación, mediante la innovación y desarrollo tecnológico.

Por lo expuesto, consideramos que las licitaciones argentinas tienen aspectos que la hacen más eficaces que las peruanas, sobre todo en la selección de los proyectos de generación eléctrica, ya que se evita la contratación de proyectos inviables o que originen problemas al sistema eléctrico. Por su parte, en las licitaciones peruanas se ha optado por dar mayores facilidades para atraer mayor competencia en la oferta de energía.

Un punto en discusión actualmente es el grado de participación que se le debe dar a la biomasa y si realmente esta fuente energética es o no renovable, ya que este recurso proviene de fuentes tales como los residuos orgánicos agroindustriales, urbanos, forestales, ganadores, entre otras, que no son renovables y que emiten gases de efecto invernadero al ser quemadas. No obstante, la biomasa es considerada renovable porque la materia orgánica de la que proviene es renovable y, se le toma como no contaminante, debido a que emite reducidas cantidades de CO2.

Argentina ha dado un paso importante en la promoción de las formas de aprovechamiento de la biomasa ya que se ha incluido en las licitaciones a las fuentes energéticas derivadas: gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás. En Perú se ha sido más conservador respecto de esta apertura a las diversas aplicaciones de la biomasa y se ha optado por promover la biomasa proveniente de los recursos agroindustriales y, una sola vez se permitió la participación de biomasa de residuos urbanos en las subastas, oportunidad en la que se adjudicó el único proyecto existente a la fecha. Los biocombustibles en Perú cuentan con su propio mecanismo de promoción el cual está orientado al sector vehicular más no al sector eléctrico.

9. CONCLUSIONES

Las licitaciones de ambos países tienen como aspectos positivos el hecho que están orientadas a fomentar la libre competencia de los participantes, evitando y sancionando las colusiones que pudieren presentarse, de modo que los precios ofertados respondan a estándares de mercado. En Perú se ha dado mucha importancia al factor tarifario para efectos de la adjudicación, lo cual podría ser repetido en Argentina con la finalidad de no sobrecargar al sistema eléctrico con precios adjudicados muy altos.

Perú debe analizar la posibilidad de implementar en sus subastas aspectos de las licitaciones argentinas que están orientados a garantizar el éxito del proceso, entre los que se encuentran la exigencia de disponibilidad del área donde se desarrollará el proyecto y la exigencia de condiciones técnicas y ambientales eficientes que no sean evaluadas en una etapa posterior sino para efectos de la adjudicación.

Con relación a la discrecionalidad de los entes encargados del proceso de selección, podemos afirmar que siempre que no exista corrupción o favoritismos, resulta positiva la evaluación que realiza un ente gubernamental respecto de la idoneidad de los postores, ya que ello permite realizar una selección basada en criterios técnicos, velando siempre por la seguridad del sistema.

Luego de haber revisado el proceso de subastas en ambos países podemos considerar acertada la decisión de los gobiernos peruano y argentino al haber optado por el régimen de subastas, ya que, a diferencia de los sistemas feed-in-tariff o el de certificados verdes, aquel ha permitido contratar el suministro eficiente de electricidad generada con energías renovables.

REFERENCIAS

Páginas web:

Portal de Internet De.Perú; www.deperu.com [en línea]. Consulta el 28 de septiembre 2013.
Administración Federal de Ingresos Públicos de Argentina; www.afip.gov.ar [en línea]. Consulta el 28 de septiembre 2013.
Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima; www.cammesa.com [en línea]. Consulta el 25 de septiembre 2013.
Energía Argentina S.A.; www.enarsa.com.ar [en línea]. Consulta el 27 de noviembre 2013.
Organismo Supervisor de las Inversiones en Energía y Minería; www2.osinerg.gob.pe [en línea]. Consulta el 23 de septiembre 2013.
Ministerio de Energía y Minas; www.minem.gob.pe [en línea]. Consulta el 27 de septiembre 2013.

CONSTRUCCIÓN DE COCINAS SOLARES EN UNA ESCUELA DE NIVEL MEDIO EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

J. Marchesi, F. Venier, J. Zizzias, M. Lucchini

Grupo de Energía Solar. Facultad de Ingeniería.
Universidad Nacional de Río Cuarto.
Ruta 36 Km. 601. TE 0358-4676488
e-mail: jmarchesi@ing.unrc.edu.ar
fvenier@ing.unrc.edu.ar
jzizzias@ing.unrc.edu.ar
mlucchini@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN: Este trabajo presenta actividades realizadas en un colegio secundario de la Provincia de Córdoba, con el objeto de difundir las aplicaciones tecnológicas de la energía solar, promoviendo un aprendizaje activo y participativo para alumnos y docentes. Dicha difusión se justifica por los problemas energéticos y de provisión de agua potable de la región de influencia de Río Cuarto. Mediante una encuesta se analizaron primeramente los conocimientos previos sobre aspectos de la energía solar considerándolos elementos deducibles de la vida diaria. A partir de las concepciones de los alumnos se generaron los anclajes necesarios para un aprendizaje constructivo. Como elemento motivante se trabajó en la construcción y ensayo de cocinas solares, lo cual fue utilizado también como instrumento para la enseñanza de conceptos físicos básicos. El resultado final se califica como muy positivo. Se describe y analiza el trabajo realizado, se muestran esquemas hechos por los alumnos y fotografías.

Palabras clave: Energía solar, Enseñanza, cocinas solares.

ABSTRACT: This work presents activities performed in a Secondary School of the Córdoba province, in Argentina, in order to deploy solar energy applications, by promoting an active and participative learning for students and teachers. The deployment of the solar energy is justified in this region taking into account the energy and potable water provision problems that affect the inhabitants. By means of a survey the previous knowledge about solar energy aspects were analyzed, considering elements easily deductible from the real life. From the conceptions of the students the initial points necessary for a constructive learning were generated. As a motivating element, the construction and testing of solar cookers was driven, which was also used as instrument for the teaching of basic physics concepts. The final result is considered highly positive. The work performed is described and analyzed; schemes performed by the students and pictures are shown.

Keywords: Solar Energy, Learning, solar cookers.

INTRODUCCIÓN

La utilización de tecnologías relacionadas con energías alternativas en nuestro país se encuentra en una etapa de crecimiento basado en el conocimiento obtenido a la largo de las

últimas décadas en los centros de investigación. Este conocimiento por parte de los distintos grupos de investigación ha permitido el manejo de dichas tecnologías, mejorando los rendimientos y utilizando nuevos materiales, que llevan al “saber como” tan deseado en materia tecnológica. Existe una brecha entre lo que se conoce en los centros de investigación y lo que se difunde puertas afuera de dichos centros. Esta brecha lleva a que el uso de estas tecnologías por parte del ciudadano común y/o comunidades con problemas que podrían paliarse con la aplicación de las mismas, generan conflictos buscando la solución en el uso de energías convencionales relacionadas con los combustibles fósiles. La divulgación del uso de la Energía Solar tiene como primer objetivo, hacer llegar a la ciudadanía el uso de tecnologías que permitirán entre otras, el calentamiento de agua, la cocción de alimentos y la provisión de agua desalinizada.

Existe en la humanidad un gran interés por buscar formas alternativas a las energías convencionales. Esto justifica el desarrollo e investigación de las cocinas solares. En este contexto, nos centraremos en el estudio de cocinas que aprovechan la energía solar como fuente energética, la cual es convertida a energía térmica. Cabe mencionar que estas cocinas evitan, mediante su uso, el consumo de una cantidad importante de leña por año y su uso masivo, podría transformarse en una fuente de ahorro de energía y recursos naturales. Las cocinas tipo caja han sido desarrolladas en numerosos países debido a su bajo costo y fácil manejo. Su comportamiento depende de muchos factores, entre los que podemos nombrar: los agentes climáticos, la aislación, las características de la superficie absorbedora, el tipo de cubierta transparente, parámetros operacionales vinculados a las características del alimento a ser cocinado, el recipiente de cocción, etc. Luego, una de las tareas críticas al desarrollar una cocina solar es identificar la conveniencia de los materiales a utilizar entre los cuales se encuentran los de la cubierta. Estos deben ser adecuados desde el punto de vista térmico y si es posible de bajo costo. (Lema et al., 2006).

ANTECEDENTES

En el afán de mejorar el comportamiento de la cocina solar tipo caja, existen antecedentes de investigaciones sobre testeo de materiales reflectantes (Harrison, J., 2001), (Saravia et al, 2000), geometrías de reflectores (El-Sebaii A., 1997), y evaluaciones generales del comportamiento de cocinas solares tipo caja de diferentes características (Stoll et al., 1999), (Passamai et al., 2002).

Se llevaron a cabo diferentes cursos taller de cocinas solares, los que cuentan ya con varios antecedentes de dictado (Saravia et al., 2003; Javi et al., 2005), destinado a promocionar saberes técnicos –teóricos y prácticos- en la población joven y adulta de una comunidad cercana a Salta, que satisficiere necesidades de preparación en el área laboral, en el cuidado de la salud y en la mejora de competencias de enseñanza.

Los datos del censo poblacional 2010 indican que 51175 familias utilizan leña ó carbón como combustible para cocinar y el 11,1 % de los hogares vive con las necesidades básicas insatisfechas (NBI) en la provincia de Córdoba.

ACTIVIDADES DEL GES

Desde el Grupo de Energía Solar (GES), de la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto se decidió realizar actividades de extensión con objeto de divulgar el conocimiento científico-tecnológico relacionado con la utilización de la energía solar, para de esta manera tratar de encontrar soluciones posibles para las situaciones de precariedad que presentan las regiones antes mencionadas. Dentro de las propuestas formuladas en el GES, se propuso realizar actividades de extensión en el ámbito educativo, los temas de divulgación propuestos fueron la cocción solar, la destilación solar y la producción de agua caliente sanitaria mediante energía solar. Las actividades de extensión llevadas a cabo desde el GES persiguieron los siguientes objetivos: difundir las aplicaciones tecnológicas del uso de la energía solar, asesorar a

los participantes en la construcción de artefactos de bajo costo que utilizan energía solar y generar una red de conocimiento en el uso de energías alternativas a nivel escolar.

Por esta razón se propuso realizar un ciclo sobre energía solar que constará de tres encuentros en los cuales se abordarán distintas aplicaciones tecnológicas de la energía solar. En el primero, que ya se concretó, se abordó el tema de la geometría solar y las cocinas solares, en el segundo se tratarán el análisis de los modos de transferencia de calor y los destiladores solares. Por último, el tercero se destinará a la determinación de la energía útil provista por un sistema solar y colectores solares para calentamiento de agua.

Se elige el Nivel Medio para esta experiencia dado que los estudiantes están en una etapa de aprendizaje en el cual ellos mismos habiendo recibido la capacitación pueden actuar como agentes multiplicadores no sólo en el presente, sino en el futuro próximo cuando deban desenvolverse en distintas actividades de su vida profesional y social. El conocimiento lleva a apoderarse del uso de las tecnologías por parte del ciudadano llevando a la comunidad toda a un uso racional de la energía.

El ciclo se realizó en la localidad de Berrotarán distante a 80 Km. al Norte de la ciudad de Río Cuarto. Se desarrolló un ciclo de jornadas sobre energía solar y sus aplicaciones convocando a escuelas de Nivel Medio de la localidad y la región, congregando escuelas de las localidades de Hernando, Río Tercero, Almafuerte y Alta Gracia.

En este trabajo se muestran los resultados obtenidos del trabajo con alumnos de edades de 14 a 16 años provenientes de escuelas técnicas. Se abordaron temáticas de geometría solar y cocción solar.

El comienzo de las actividades se inició con una serie de preguntas orientadas a develar el conocimiento de los asistentes sobre el tema de radiación solar. El motivo de la misma es para despertar el interés en aquellos fenómenos cotidianos y como éstos pueden pasar inadvertidos en nuestras actividades diarias. Para evaluar los conocimientos de los alumnos se realizó una encuesta la cual presentaba preguntas como:

1) ¿Qué Potencia cree usted que le brinda el Sol al mediodía por cada metro cuadrado de superficie?
    a) ¿Cómo el que brinda una vela encendida?
    b) ¿Cómo una lámpara de 100 w?
    c) ¿Cómo una hornalla de cocina?
    d) ¿Cómo una estufa a cuarzo?
2) ¿A qué hora se produce el mediodía solar en el lugar en que vives?
3) Dibuje la trayectoria que sigue el sol desde un marco de referencia terrestre horizontal.
4) Dibuje la posición de la tierra con respecto al sol en el momento en que se producen el invierno y el verano en el hemisferio sur.
5) ¿Qué aplicaciones conoce del uso de la energía solar?

Luego, se mostraron las actividades llevadas a cabo por la Fundación Ecoandina en la localidad puneña de Misa Rumi, Salta, por medio de material de multimedia, presentando el uso de hornos solares con concentradores de energía, donde se remarca también, el uso de energía solar como una opción para el calentamiento de agua, climatización en las viviendas y la cocción de los alimentos.

Por último se trabajó con dos modelos de hornos solares tipo caja, se seleccionó el modelo de hornos solares tipo caja modelo Ñacuñán2 (Microemprendimientos de Ñacuñán Mendoza, Argentina), como se muestra en la figura 1 (a) y otro desarrollado por el GES, figura 1 (b). La elección surgió a partir del análisis de construcción, el rendimiento de la misma, el costo de los materiales y la factibilidad de poder construirlas en dos días que duraba la jornada. Otro

aspecto importante en la seleccionado es que el modelo Ñacuñán2, luego de 8 años de uso y unas 1700 cocciones aproximadamente tiene una potencia significativa que prácticamente no ha disminuído a pesar del deterioro significativo en el absorbedor y la puerta fundamentalmente (Esteves et al., 2008), y que el modelo desarrollasdo por el GES presentaba una facilidad del armado dado que las secuencias eran simples para desarrollar por los alumnos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La construcción de las cocinas solares se realizó en las instalaciones del Polideportivo Municipal de Berrotarán. Allí se montaron siete puestos de trabajo, uno por cada establecimiento educativo, en los cuales se encontraban los materiales necesarios (maderas cortadas a medida, vidrios cortados a medida, chapa galvanizada calibre 24, lana de vidrio, etc), una caja de herramientas manuales (pinzas, destornilladores, martillos, etc), un instructivo de construcción paso a paso realizado por nosotros y además herramientas de uso común como una cizalladora manual, una perforadora de pie, una lijadora, utilaje para el plegado de chapa (prensas C y caños estructurales de 30 x 30 mm de sección).

En dicho instructivo de construcción, las tareas estaban organizadas para que se realicen distintas partes en forma paralela, estas tareas estaban dadas en forma de pasos sencillos e ilustradas por medios de fotos, esquemas o planos con las dimensiones correspondientes, las tareas a realizar iban desde la construcción del armazón hasta el plegado de chapas.

Figura 1. (a) Horno tipo caja modelo Ñacuñán2. (b) Horno de carga vertical desarrollado por el GES.

RESULTADOS

Existen concepciones que poseen las personas sobre fenómenos naturales que ocurren a diario, estas concepciones son interpretaciones del fenómeno y una explicación a partir de los conocimientos que cada uno haya desarrollado en distintas etapas del aprendizaje. (Capuano V. et al., 2010). Como toda percepción, estará influenciada entre otros aspectos, por la historia personal, la experiencia escolar y el entorno social propio de cada individuo. De ahí que para cada fenómeno existan varios modelos representativos que, debido a su coherencia interna, constituyen la mayoría de las veces obstáculos epistemológicos para la construcción del conocimiento científico (Moreira et al., 2002). Estos temas relacionados con la radiación solar son de sumo interés en los grupos de las jornadas porque logran comprender un punto de la fenomenología de la naturaleza.

En la figura 2 se muestra la concepción que tienen los alumnos sobre la potencia brindada por el sol comparada con distintos objetos de la vida cotidiana como una hornalla de cocina, una lámpara de 100 w o una estufa de cuarzo. La mayor parte de los asistentes (70 %) comparan con elementos que poseen en la vida diaria y les suministran (a su entender) una gran potencia. Imaginan que tener una lámpara de 100 w en un hogar es cuestionable en materia de gasto, por ende se piensa que tener artefactos domésticos de gran potencia trae como consecuencia un gran costo en la boleta de la compañía de electricidad independientemente del tiempo en que este artefacto este funcionando.

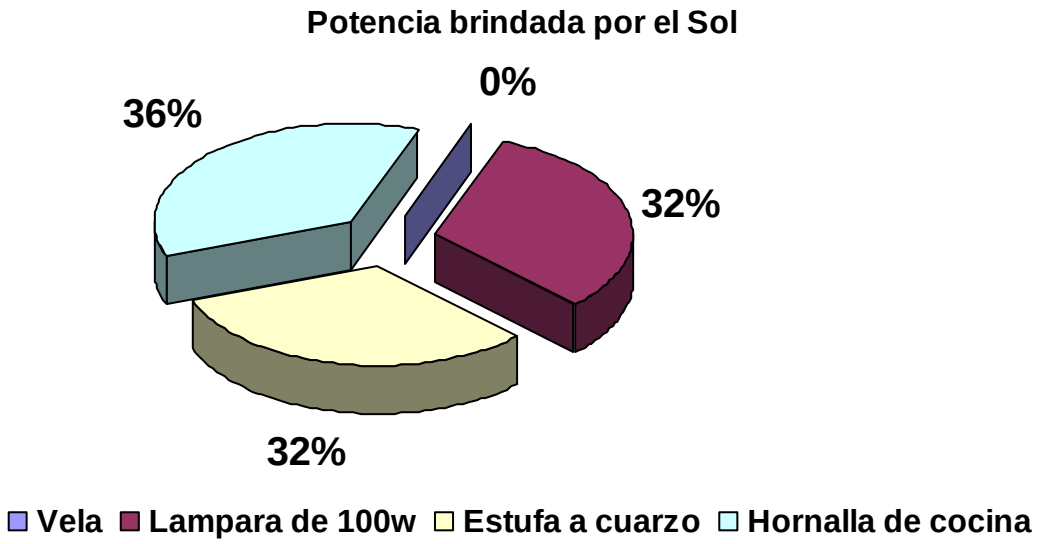


Figura 2. Concepción sobre la potencia brindada por el Sol.

Siguiendo con el análisis podemos encontrar razonamientos para explicar de qué manera se producen las estaciones y clasificarlas en dos grupos:

a- Un grupo que considera que el invierno se produce cuando la tierra está más alejada del sol, sin tener en cuenta que tanto el hemisferio norte como el sur estarán ambos más lejos. Hay que notar en el primer gráfico una clara visión geocéntrica, basada en órbitas circulares, idea coincidente con la visión que se tenía en épocas del medioevo. Esto se muestra en la figura 3 (a) y (b)

Figura 3. Concepciones sobre el verano y el invierno relacionadas con la distancia Tierra- Sol. (a) La órbita circular del Sol alrededor de la Tierra (b) tamaño del sol inferior al de la tierra.

b- Un segundo grupo que muestra en sus dibujos que en el verano del hemisferio norte el sol está sobre dicho hemisferio y en el verano del hemisferio sur se encuentra por debajo de la tierra más próximo al mismo. Aquí se sigue manteniendo la noción de geocentrismo justificando las estaciones desde un movimiento del sol alrededor de la tierra colocando al sol frente al continente en el cual están en verano. También se puede notar la relación de tamaños entre la tierra y el sol, en la cual la tierra es más grande que el sol (Kapterer y Dubois 1981). Esto se muestra en la figura 4 (a) y (b).

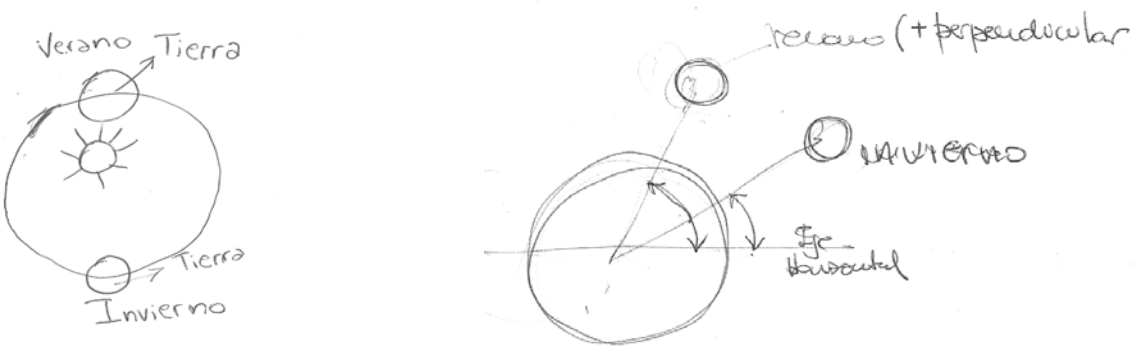


Figura 4. Se observa la aparición de órbitas elípticas con el Sol en uno de los focos en la que se destacan las estaciones. En la figura 4(b) se muestra una explicación basada en la inclinación de los rayos solares.

Dentro de los modelos utilizados por los alumnos para explicar la naturaleza de las estaciones se encontraron básicamente 3 nociones fundadas en la experiencia de los mismos al observar un fenómeno natural. En la figura 5(a) se deduce que la noción más arraigada en este grupo de alumnos fue la de la explicación a partir del movimiento de la tierra alrededor del sol alejándose en invierno y acercándose en verano. Aquí aparecen algunos grupos que señalan en sus grafos que el fenómeno está relacionado con la inclinación de los rayos incidentes sobre la superficie de la tierra.

Un tercer grupo plantea una situación muy distinta a los otros modelos y es el de un movimiento (hacia arriba, hacia abajo) del Sol, ubicándose frente a cada hemisferio en la estación de verano. La figura 5(b) muestra la noción que se acaba de mencionar.

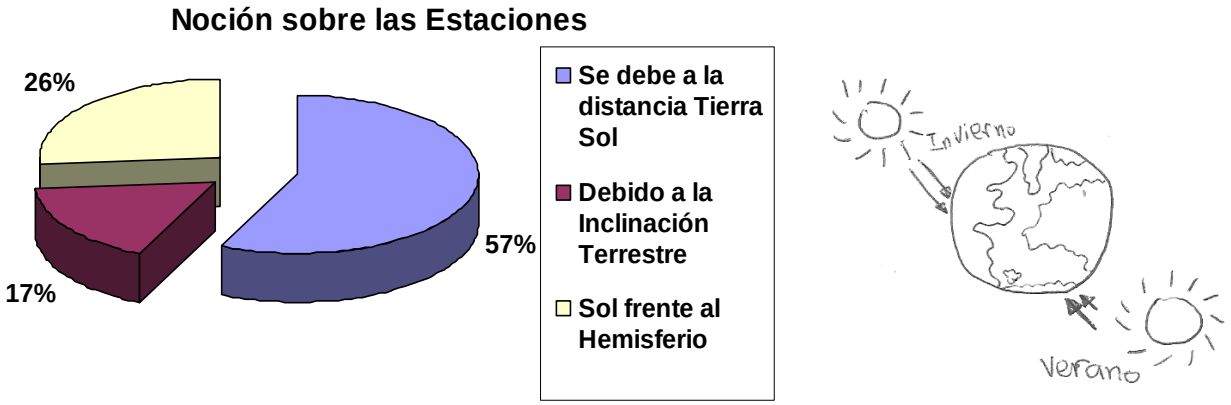


Figura 5.(a) Noción de los alumnos sobre las estaciones. (b)Movimiento del Sol ubicándose frente a cada hemisferio en verano.

Es interesante resaltar que la totalidad de los concurrentes que respondieron el cuestionario explicaron que la trayectoria que sigue el sol desde un plano horizontal terrestre, es

un línea semicircular que nace exactamente en el este, se pone en el oeste y pasa al mediodía sobre el observador formando un ángulo de 90° con el horizonte y la proyección de la ubicación del Sol.

En la figura 6 el sol se esconde entre las montañas, ocultándose de los observadores dando lugar a otra concepción que poseen los alumnos acerca de la explicación de la noche y el día, concepto no abordado en la jornada, pero que aparece en los grafos de los alumnos.

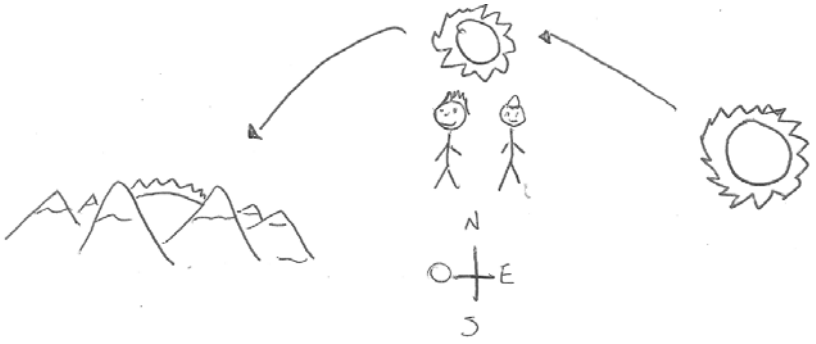


Figura 6. Trayectoria del Sol con el ocultamiento del mismo al fin del día.

Las figuras 7 y 8 muestran la noción de una tierra plana en la cual el individuo se posiciona desde una óptica geocéntrica en la trayectoria del sol. Esta noción está muy arraigada en la mente de los alumnos, en la cual el sol sigue un camino perpendicular al observador.

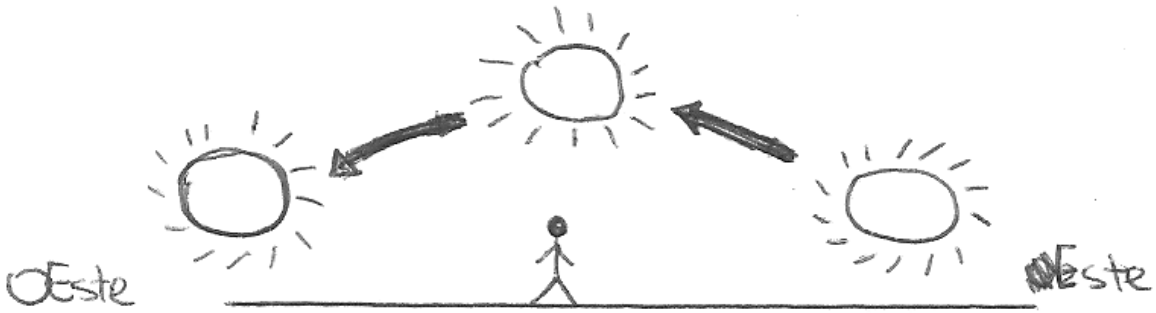


Figura 7. Trayectoria del Sol a partir de una noción de Tierra plana.

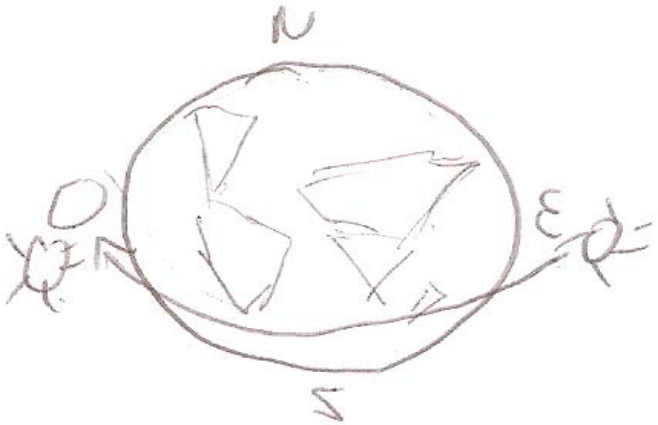


Figura 8. El grafo muestra una Tierra estática y mucho más grande que el Sol que se mueve a su alrededor.

Esta concepción quizás muchos la hayan elaborado ya en la escuela primaria a partir del reconocimiento de los puntos cardinales, no observando dicha trayectoria en cualquier día del año. Relacionado con este tema surgió la pregunta si conocía a qué hora se producía el mediodía solar, la cual recolectó la mayor gama de alternativas posibles que van desde las 11 AM, hasta las 15 PM, como muestra la figura 9. Estos datos permiten inferir que las personas algo han escuchado sobre el mediodía solar y que el mismo no coincide con el que observan en el reloj. Quedó una duda con aquellos que respondieron que el fenómeno se produce a las 12 am, pero este grupo fue de solo el 4%, el otro 96% se aventuró a dar un horario de cuando se produce el mediodí

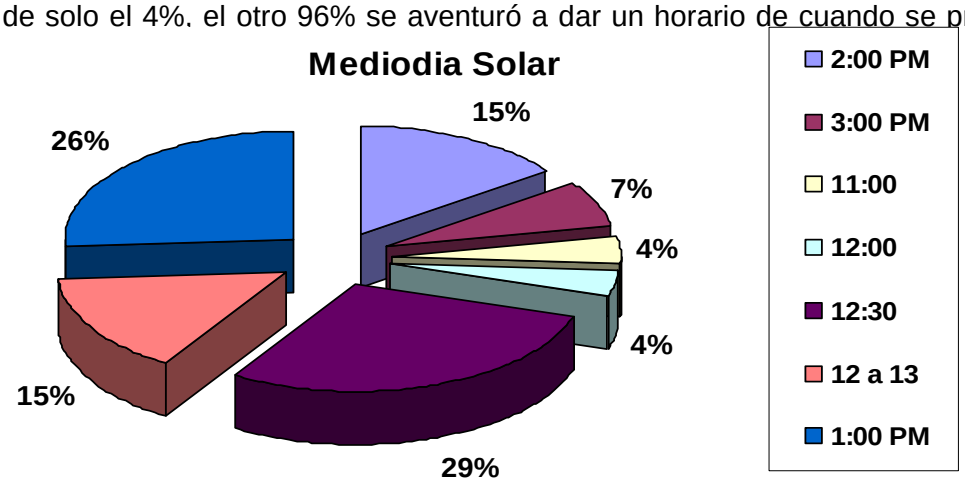


Figura 9. Concepciones sobre el mediodía solar en la región

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Respecto a los conocimientos previos es importante marcar el hecho de que los asistentes se mostraron sorprendidos ante el desarrollo de temas relacionados con el movimiento del sol y de sus consecuencias en el planeta tierra y comprendieron la importancia de utilizar un modelo adecuado a la hora de plantear la solución de un problema. La inclusión de cuestionarios para el análisis de conocimientos previos son de suma importancia dado que no sólo permiten el análisis y la introducción de modelos que permiten explicar el fenómeno observado, sino también surgen observaciones realizadas por los participantes que cobran relevancia al encontrar la explicación a lo observado. Como ejemplo de lo antes mencionado se planteó el tema de la ubicación de viviendas para aprovechar la luz solar en invierno, acotando algunos asistentes los beneficios de viejas construcciones en torno a este tema, como son, la ubicación al norte, la dimensión del alero de la casa y la comparación con viviendas construidas sin tener en cuenta variables que permitirán un aprovechamiento de la energía solar.

En cuanto a la construcción de las cocinas solares, se puede decir que los asistentes demostraron un interés marcado por la tarea que debían realizar. El uso de un instructivo le simplificó las tareas y disminuyó las preguntas y dudas que surgen en estas actividades. El encontrarse con herramientas que nunca habían utilizado les resultó muy interesante al ver la tarea concluída y el modelo terminado. En la figura 10 se muestran los diferentes grupos de estudiantes con sus respectivos trabajos terminados.

Figura 10. Fotografia donde se observa los grupos con sus respectivos trabajos.

CONCLUSIONES

La jornada sobre Energía Solar dejó un saldo positivo en distintos aspectos relacionados con los conceptos sobre radiacion solar y sus aplicaciones tecnológicas. Las concepciones previas mostradas por los alumnos en el comienzo de las actividades permite vislumbrar la importancia de la divulgación de los conceptos relacionados con radiación solar, debido a que los mismos provocan un gran impacto en la comunidad educativa. También permite interpretar modelos que se utilizan en el mundo científico que permiten predecir ó inferir algún hecho. La presentación y discusión de estos fenómenos que ocurren a diario, permiten tener otra visión de los modelos científicos y las aplicaciones tecnológicas que se realizan a partir del análisis de los mismos. Fue muy importante la participación de los alumnos y profesores en la jornada en dilucidar conceptos relacionados con la geometría solar.

Este tipo de tareas con los alumnos permite analizar los problemas que le suceden a los mismos en relación a la construcción y replantearnos desde el GES nuevas alternativas que faciliten la tarea en el contexto planteado. Por lo que las actividades de extensión son una oportunidad de nuevos desafíos en el desarrollo tecnológico y en el uso de materiales fáciles de encontrar en el comercio, adaptados a una forma de construcción sencilla para poder llegar a la clase y que permitan desarrollar artefactos relacionados con la energía solar. Estas actividades son un feedback hacia el interior del GES.

Los modelos utilizados por los estudiantes para explicar fenómenos relacionados con la radiación solar, lleva a plantear la necesidad de la existencia de estos encuentros educativos en los cuales a través de la discusión y presentación de los modelos científicos, que no siempre coinciden con las concepciones que el hombre elabora en la observación del mundo, permite a los mismos a construir un pensamiento científico-tecnológico muy necesario en el desenvolvimiento de los mismos en una sociedad que crece y necesita soluciones relacionadas con el uso de energías.

Este primer encuentro se desarrolló en el tiempo estipulado por los organizadores, llevando los distintos grupos las cocinas solares construidos por ellos, a sus respectivas localidades. La devolución que realizaron los docentes participantes junto a los alumnos colmó las expectativas renovando el esfuerzo del GES para la divulgación del uso de las aplicaciones en energía solar en la provincia de Córdoba.

Quedan todavía dos encuentros a realizarse en los próximos meses en la localidad de Berrotarán en los que se abordará la construcción de un Destilador Solar y en la última jornada la construcción de calefones y la producción de agua caliente sanitaria mediante energía solar, ambos con materiales de bajo costo y con fines educativos.

REFERENCIAS

Capuano V.; Albarracín M.; 2010. Ideas sobre la temperatura de la Tierra y sus causas en alumnos de la Licenciatura en Educación ambiental. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Volumen 14. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.

Esteves A.; Buenanueva F.; 2008. Orduna D.; Cuitiño G.; Estudio de comportamiento de Hornos Solares tipo caja en el tiempo y con la frecuencia de uso. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Volumen 12. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.

El-Sebaii A. A. 1997. Thermal performance of a box-type solar cooker with outer-inner reflectors. Energy. Vol. 22, Nº10, 969-978

Harrison, J., 2001. Investigation of Reflective Materials for the Solar Cooker, Solar Energy Web Site, Florida Solar Energy Center. http://www.fsec.ucf.edu/Solar/PROJECTS/SolarCooker /reflectivematerialsreport.pdf.

Javi V., Caso R., Fernández C. y. Montero Larocca M. T. 2005. Dos talleres sobre cocinas solares unifamiliares: contextos diferenciados para transferencias de disímiles alcance. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 9, ISSN 0329-5184.

Lema A., M. Pontin, M. Ghirardotto, A. Sanmartino; 2006. Estudio de diferentes materiales de cubierta para cocinas solares tipo caja. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 10. ISSN 0329-5184

Moreira M.A.; Greca I.M.; Rodriguez Palmero M.L.; 2002. Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Revista Brasileira de Investigação em Educação em Ciências, 2(3)84-96.

Passamai V. y Passamai M. 2002. Experiencias con cocinas solares tipo cookit de costo mínimo. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 6, Nº 2, 10.33-10.36

Saravia L. y Suáres H. 2000. Testeo de materiales reflectores para cocinas solares tipo caja. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 4, 8.75-8.80

Stoll, D. et al. 1999. Experiencias controladas realizadas con distintas cocinas solares. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 3, N°2. 3.81-3.84.

MODELO MATEMÁTICO DE DISPONIBILIDAD INHERENTE Y ENERGÍA EN SISTEMAS EÓLICOS

Miguel H. E. Milanés, Néstor Rodríguez, Paola Biscotti; Patricia Mores

CAIMI, UTN FRRo, Zeballos 1341, S2000BQA, Rosario, Argentina, Tel.: +54 341 4480102,
mhemilanes@yahoo.de , nestorrodriguez@gmail.com , paolabiscotti@yahoo.com.ar , patricia.mores@gmail.com

Resumen: En este trabajo, se presenta una metodología y su implementación informática de un modelo matemático para simular la producción de energía de una turbina eólica considerando las características inherentes de los componentes y la energía producida. Se analiza la disponibilidad de una turbina eólica partiendo de diagramas de bloques en los cuales se utilizan disposiciones serie/paralelo para representar la interacción de los subsistemas o componentes que integran la máquina eólica. Luego, incorporando las características del recurso eólico considerado como un recurso estocástico y la turbina en cuestión, se puede evaluar la energía suministrada "esperada" incorporando los conceptos de disponibilidad. Es importante aclarar que la disponibilidad se define por la interacción de las velocidades de falla de los distintos subsistemas y la cantidad de horas de reparación necesarias. De esta manera, la posibilidad de mejorar la disponibilidad del sistema se puede dividir en dos grandes campos de acción: 1) diseño y construcción y 2) operación y mantenimiento. El primer punto requiere de una mejora en la disponibilidad por componente, estableciendo mejoras en su funcionamiento y materiales de producción. El segundo explicita una modificación en los períodos de mantenimiento y un análisis de falla exhaustivo para prevenir paradas intempestivas. Bajo este marco de referencia se presenta un algoritmo matemático que permite cuantificar la energía producida por una turbina eólica en función de sus velocidades de falla y reparación y prevé la posibilidad de evaluar posibles escenarios ante modificaciones en los valores de tasas de reparación.

Palabras Clave: energía eólica disponible, tasa de fallas y reparación.

MATHEMATICAL INHERENT AVAILABILITY MODEL OF WIND ENERGY SYSTEMS.

Abstract: This paper presents a novel methodology and computer implementation of a mathematical model to simulate energy production of a generic wind turbine system considering the inherent characteristics of the components and the influence of weather conditions. A wind turbine consists of a certain number of components that can be represented with block diagrams in serial or parallel configurations depending on the interaction of the subsystems between each other. An algorithm has been developed to obtain the produced energy, depending on weather

conditions and the availability of the components of each subsystem in order to evaluate the “expected supplied energy". It is important to clarify that the availability is defined by the interaction of the repair and failure rates of the subsystems. Thus, the possibility of improving the availability of a system can be divided into two main fields: 1) design and construction and 2) operation and maintenance. The first point requires an improvement in performance and production materials and the second brings a change in maintenance periods and a comprehensive failure analysis to prevent unscheduled stoppages. Under this framework, this work presents a mathematical algorithm that provides the energy produced by a wind turbine according to their failure and repair rates and weather conditions and also incorporates the possibility to evaluate possible scenarios changing the values of repair rates.

Keywords: available wind energy, repair and failure rate.

1 INTRODUCCIÓN

La energía eólica ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años. La expansión de los denominados “mercados verdes” se debe al apoyo sistemático, en el ámbito privado y público, a las energías renovables, especialmente a la energía eólica, y a una incipiente tendencia a suplir los combustibles fósiles.

La energía eólica compite hoy en día con centrales convencionales en la producción de energía eléctrica y evita que millones de toneladas de CO_2 sean vertidas a la atmósfera por año. Además de proporcionar una fuente de energía con aspectos medioambientales inigualables, se está transformando en un moderador activo en los costes de energía marginal, con utilidades y puestos de trabajo en crecimiento.

El viento representa una de las fuerzas naturales de mayor preponderancia en la naturaleza. El aprovechamiento de la energía eólica para la obtención de fuerza motriz exclusivamente y actualmente de potencia eléctrica, ha sido desde los comienzos de la humanidad un recurso vasto y de fácil manejo.

La estocacidad de este tipo de recursos determina su consumo al momento de su producción.

Los sistemas eólicos están formados por subsistemas y componentes con características inherentes propias, con tasas de falla típicas determinadas a lo largo de su vida útil. Las herramientas de la Ingeniería de la Confiabilidad permiten obtener modelos matemáticos de los sistemas físicos en función de las características intrínsecas de los componentes que se consideren, estimando la disponibilidad a largo plazo. De esta manera, es posible optimizar la toma de decisiones ante determinados sucesos y corregir el gerenciamiento de mantenimiento para prolongar la vida útil del sistema en su conjunto.

La turbina eólica así definida, se considera como un arreglo de bloques en diferentes configuraciones que determinan la disponibilidad total del sistema a lo largo del tiempo. La disponibilidad de los subsistemas y componentes determina taxativamente, al momento de la producción de energía, su rendimiento en generación.

Es importante aclarar que, y a juzgar por la literatura abierta, existen pocos modelos publicados que afronten el problema de diseño inherentemente seguro de parques eólicos; esto es, el cálculo o diseño, aún en la primera etapa a nivel conceptual, considerando como variables de entrada la disponibilidad de los componentes que conformen el sistema y la variabilidad de los fenómenos atmosféricos, específicamente la aleatoriedad del viento.

En este sentido, se desarrolla un modelo matemático que permite estimar la energía producida por una turbina eólica, considerando las variables atmosféricas y la naturaleza consustancial de los componentes, ingresando los parámetros de disponibilidad de cada uno de los subsistemas evaluados.

2 METODOLOGÍA. DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO DE CÁLCULO.

El algoritmo está conformado por dos módulos de cálculo principales, el módulo de cálculo de la energía producida por el aerogenerador y su análogo para la determinación de la disponibilidad intrínseca de la turbina eólica (sistema) y ha sido implementado en un ambiente de programación comercial. A continuación se describe sucintamente el modelo matemático desarrollado.

2.1 Cálculo de la energía nominal generada por una turbina.

La energía producida por una turbina (E) en el tiempo operativo total (POT) se determina en función de la distribución de velocidades de viento (f(U)) y la curva característica de potencia del aerogenerador (P(U)), según se indica en la Ec. (1).

$$E = POT \int_{U_{arranque}}^{U_{corte}} f(U)\, P(U)\, dU \tag{1}$$

En este trabajo, se adopta una funcionalidad similar a la reportada por (Llombart et al. 2014) como curva de potencia del aerogenerador (Ec. (2a) a (2d)). Se definen 4 y 25 m/s como las velocidades de viento ($U_{arranque}$ y U_{corte}) que determinan el arranque y parada del equipo, respectivamente. Por otra parte, con velocidades mayores a 13 m/s se alcanza un valor de potencia constante e igual a 5000 kW.

$$P(U) = 0 \qquad U \le 4\ m/s \tag{2a}$$

$$P(U) = a_0 + a_1 U + a_2 U^2 + a_3 U^3 + a_4 U^4 \qquad 4\ m/s < U \le 13\ m/s \tag{2b}$$

$$P(U) = 5000 \qquad 13\ m/s < U < 25\ m/s \tag{2c}$$

$$P(U) = 0 \qquad U \le 25\ m/s \tag{2d}$$

Es sabido que el viento, tanto por su velocidad como por su dirección, es una variable de comportamiento estocástico. Considerando que la producción de potencia está directamente relacionada a la intensidad de viento que incide sobre la turbina, es importante contar con datos meteorológicos confiables.

La distribución de velocidades de viento (f(U)) para un horizonte de tiempo dado, puede describirse mediante una distribución de Weibull (Ec. (3)) o bien mediante un histograma de frecuencias referido a la magnitud y dirección del viento, generalmente representado mediante la rosa de los vientos.

$$f(U) = \frac{l}{p}\left(\frac{x}{p}\right)^{l-1} e^{-\left(\frac{x}{p}\right)^{l}} \tag{3}$$

En la distribución de Weibull, el parámetro de forma (l) está asociado a la variabilidad alrededor de la media y el factor de escala (p) está asociado con la media anual de la distribución.

En el modelo desarrollado, es posible elaborar un histograma de frecuencias de viento (a partir de la generación de números aleatorios en función de los valores de velocidad de viento

para cada una de las direcciones consideradas, rosa de viento) o bien ingresar los parámetros que caracterizan la distribución de Weibull (p y l).

2.2 Cálculo de la disponibilidad del aerogenerador.

El estudio de la disponibilidad/confiabilidad está vinculado fundamentalmente a las ocurrencias aleatorias de eventos indeseables o fallas, durante la vida de un sistema o componente físico.

Los diferentes estados de falla de un sistema (y/o componente) a lo largo de su vida útil se pueden representar mediante la curva de la bañera (Fig. 1). La característica desarrolla una velocidad de falla relativamente alta en el período de nacimiento, seguido por un período de falla aproximadamente constante (donde ocurren fallas aleatorias) y finalmente el período de desgaste con una alta velocidad de falla. Idealmente, los componentes son puestos en servicio después del período de nacimiento y retirados antes de la fase de desgaste.

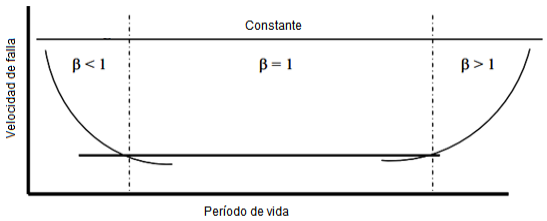


Fig. 1 Curva de la bañera.

Existen diversas funciones matemáticas que permiten modelar los estados de falla y reparación de cualquier componente, tales como la distribución de Weibull y la Exponencial. Asumiendo que el sistema (objeto de estudio) tiene solo dos estados: funciona normalmente o está fallado (y en reparación) y que los sucesos son mutuamente independientes, la disponibilidad de un componente o subsistema (Ai) puede representarse matemáticamente mediante una función exponencial (Ec. 4), dadas sus velocidades de falla (λi) y de reparación (mi).

$$A_i = \left(\frac{m_i}{m_i + \lambda_i} \right) \left(1 + e^{-(m_i + \lambda_i)t} \right) \tag{4}$$

Cabe aclarar que la velocidad de falla corresponde a una característica propia de cada componente, en cambio, la tasa de reparación posee una relación biunívoca con acciones tales como:

- Introducir mejores planes de detección de fallas
- Llevar historiales de funcionamiento más rigurosos
- Incrementar el personal a cargo del área de reparación y mantenimiento
- Disminuir los tiempos de logística
- Incrementar inventarios

Si se considera que luego de la reparación el sistema queda como nuevo, el sistema puede cíclicamente pasar de un estado a otro, a lo largo del tiempo, sin notarse una degradación en el funcionamiento; aunque, nada se dice con respecto a la frecuencia con que se producen las fallas a lo largo del tiempo. En los estudios tradicionales de disponibilidad es frecuente modelar toda la vida útil de la instalación con valores constantes de las tasas de falla de los componentes, simplificando el cálculo individual de la disponibilidad. Sin embargo, esta suposición puede tener un efecto importante en la política de mantenimiento y de restitución de equipos y piezas, y obviamente en los costos de mantenimiento. Algunos autores han adoptado modelos lineales en

los que se afecta la tasa original de falla de cada componente, por un factor que toma en cuenta el "envejecimiento" o degradación de los componentes período a período (Erguina 2004).

En este trabajo, se asume que la velocidad de falla se incrementa con el tiempo según una ley potencial, dada por la Ec. (5).

$$\lambda(t) = \lambda_0 \, t^{k_d} \tag{5}$$

Donde: λ_0, t y k_d son el valor de velocidad de falla inicial, el horizonte de tiempo esperado (años) y la constante de degradación, respectivamente.

Por otro parte, y desde el punto de vista de la disponibilidad, cualquier sistema (turbina eólico o máquina en particular) se representa mediante un diagrama de bloques que permite identificar la interacción de los subsistemas y/o componentes en relación a los modos de fallas definidos para el sistema. En general, estos diagramas lógicos son del tipo serie puro, paralelo puro o combinaciones serie-paralelo.

Dentro de este contexto, cabe aclarar que cada bloque es parte de un subsistema formado por componentes con características particulares que describen su funcionamiento. Resulta claro que, desagregar los bloques hasta su mínima concepción posible, permite encarar un diseño y/o modelado más realista, aunque el diagrama/modelo es más complejo y los datos para el análisis de fallas necesarios son mayores, a medida que se desagrega en subsistemas básicos, exigiendo contar con adecuados bancos de datos de fallas.

La topología del acople de los componentes puede tener una gran influencia en la determinación del nivel de disponibilidad de un equipo complejo, así como también es un instrumento significativo para el análisis y prevención de fallas.

Según se definirá en el punto 2.2, se adopta una configuración en serie para representar las interacciones entre los subsistemas componentes de la máquina eólica. De esta manera, las ecuaciones definidas a continuación corresponden a este tipo de taxonomía. Sin embargo, el modelo permite calcular la disponibilidad de los tres tipos de disposiciones: serie puro, paralelo puro o serie-paralelo.

La disponibilidad de un sistema (A_S) definida según un diagrama lógico en serie, se determina como la productoria de las disponibilidades de cada bloque (subsistema o componente), según se indica en la Ec. (5)

$$A_S = \prod_{i=1}^{N} A_i \tag{5}$$

2.3 Cálculo de la energía generada en función de la disponibilidad de la máquina eólica.

Finalmente, la energía disponible producida por la turbina eólica se define por medio del producto escalar entre la disponibilidad del sistema y la energía nominal generada por la máquina. Matemáticamente se expresa como lo indica la ecuación (6).

$$E^A = E \cdot A_S \tag{6}$$

3 DEFINICIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.

3.1 Componentes de la turbina. Diagrama lógico.

La turbina eólica bajo análisis se define considerando el siguiente conjunto de subsistemas fundamentales: 1) palas y rotor, 2) control de pitch, 3) eje principal 4) caja de velocidades, 5) generador, 6) freno mecánico, 7) sistema hidráulico, 8) direccionamiento 9) sistema eléctrico,10) control y 11) torre y fundaciones. De esta manera, la taxonomía de la turbina eólica adoptada para el caso de estudio corresponde al esquema lógico de la Fig. 2.

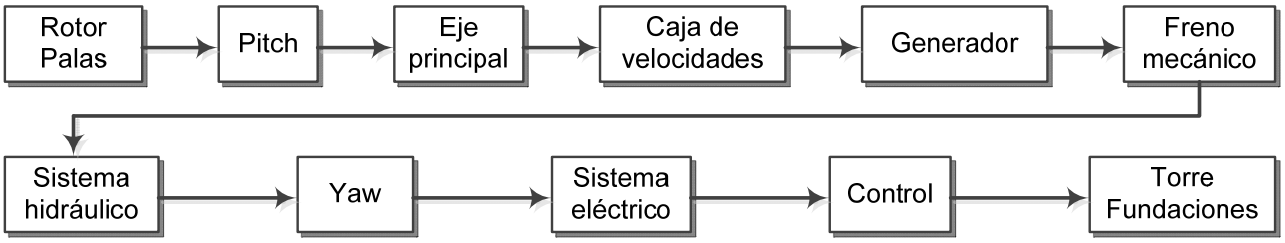


Fig. 2 Diagrama de bloques de la turbina eólica.

3.2 Definición de parámetros de entrada.

El programa solicita al usuario ingresar el horizonte de tiempo de estudio, es decir, la vida útil de los sistemas, subsistemas y componentes. Para el análisis, se adopta un horizonte de tiempo de 20 años, discretizado en períodos de un año (8760 h/año).

Para la caracterización de las turbinas eólicas, se selecciona el tipo de configuración a utilizar (serie, paralelo o serie-paralelo) y a continuación se ingresan los parámetros de velocidades de falla y tasas de reparación, al igual que los parámetros para el cálculo de la tasa de degradación. Se asume que al final de la vida útil se alcanzará un aumento en la velocidad de falla de los componentes del orden del 25%.

Las velocidades de falla (λ_0) y de reparación (m) de cada subsistema se listan en la Tabla 1. Los valores indicados reflejan una compilación estadística de datos de falla en campo, agrupados por componente y considerando todas las causas posibles de falla en un tiempo dado. Los valores de velocidad de falla para cada subsistema, fueron adoptados de publicaciones científicas (Santoso et al. 2005, Roger et al. 2008). Es importante destacar aquí que los datos disponibles en el acervo bibliográfico y el nivel de desagregación de los subsistemas consideran valores de velocidad de falla promedios característicos.

Tabla 1. Datos de velocidades de falla y de reparación.

Subsistema	Velocidad de Falla (λ_0) [fallas/año]	Velocidad de Reparación (1/m) [horas/falla]
Rotor/Palas	0.0080	296
Eje principal	0.0095	243
Torre/Fundaciones	0.0300	206
Freno mecánico	0.0400	270
Control	0.0700	205
Generador	0.0800	251
Pitch	0.0830	175
Sistema hidráulico	0.0950	220
Sistema eléctrico	0.0970	166
Direccionamiento	0.0980	312
Caja de velocidades	0.1050	851

Finalmente se ingresan los datos de velocidad e intensidad del viento para la generación del histograma o bien los parámetros característicos de la distribución de Weibull.

En este caso se genera un histograma característico. El procesamiento estadístico de los parámetros velocidad del viento y dirección, cuyo comportamiento es intrínsecamente no determinístico, consiste en generar números aleatorios en función de los valores de velocidad de viento para cada una de las direcciones consideradas. Luego se construye un histograma el cual clasifica los datos ingresados anteriormente en una nueva matriz de frecuencias para cada par dirección-velocidad. El histograma, representado en la Fig. 3, se construyó discretizando la dirección del viento cada 15 grados (0:15:345) y la velocidad del viento cada 5 m/s (0:5:45).

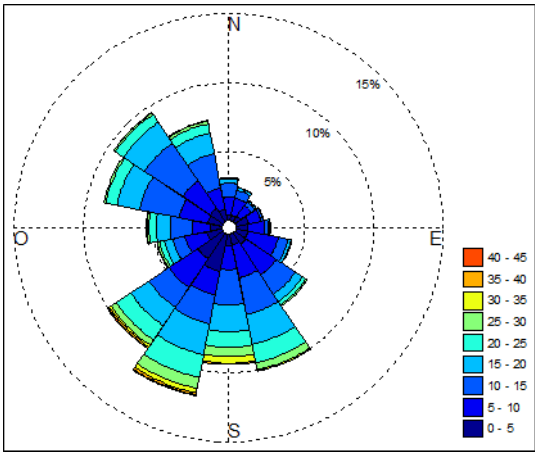


Fig. 3 Histograma de velocidades y direcciones de viento.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El valor de la energía nominal determinada en función de los datos meteorológicos reportados en la Fig. 3 tiene un valor constante en todo el horizonte de tiempo adoptado de 2.76×10^7 kWh en base anual. Esto se debe a que no se consideran las características intrínsecas de los componentes, las cuales están asociadas a la probabilidad de falla de los mismos.

Con el fin de considerar variaciones en la disponibilidad del sistema, se plantean dos situaciones:

1) La tasa de reparación permanece constante a lo largo de la vida útil de la turbina (Fig. 4).

2) En un período determinado (sexto año) y suponiendo mejoras en las acciones de mantenimiento preventivo, la tasa de reparación del bloque, se incrementa con el fin de aumentar el valor de la disponibilidad al valor correspondiente al tiempo 0 (Fig. 5). Un aumento de la tasa de reparación del 36.5 % produce el incremento deseado en la disponibilidad del sistema (0.83 %).

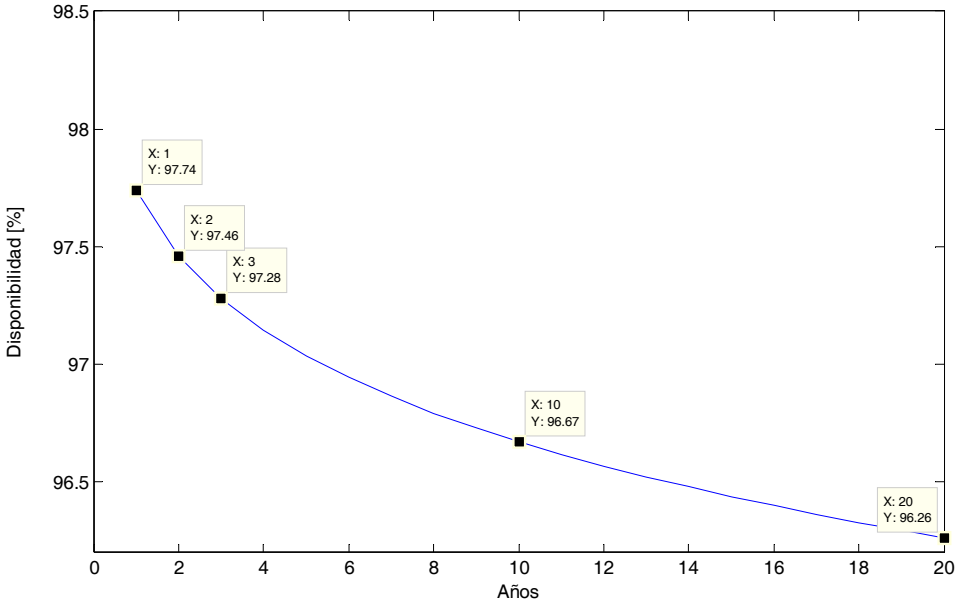


Fig. 4 Disponibilidad de la turbina eólica a lo largo de su vida útil.

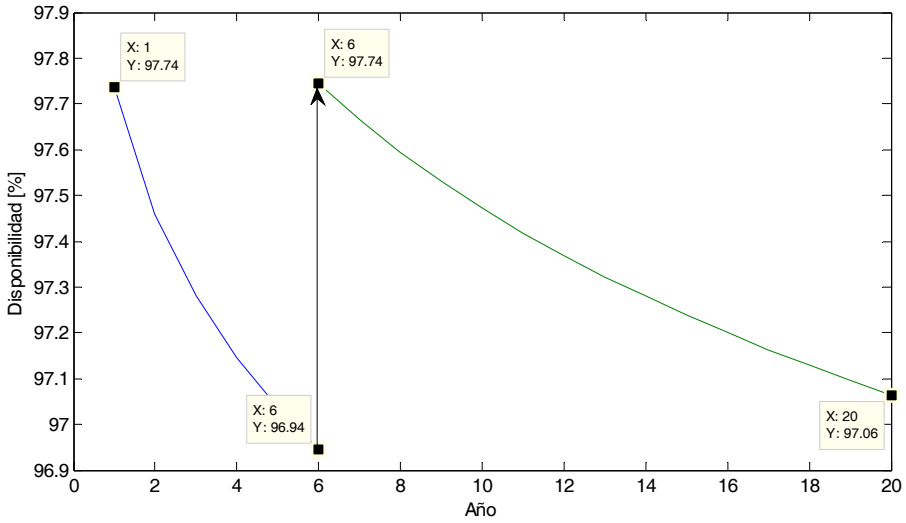


Fig. 5 Disponibilidad del sistema con un ajuste de la tasa de reparación en el 6º año de operación.

Comparativamente ambas políticas de mantenimiento definen valores altos de disponibilidad (Fig. 4 y Fig. 5). Sin embargo, es necesario sopesar las relaciones existentes entre los incrementos en las tasas de reparación y sus costos asociados, para definir de manera óptima cuando se deben llevar a cabo las mejoras en las políticas de mantenimiento preventivo y el nivel de mejora correspondiente.

El mismo comportamiento se traslada a los perfiles de energía total disponible según se indica en la Fig. 6.

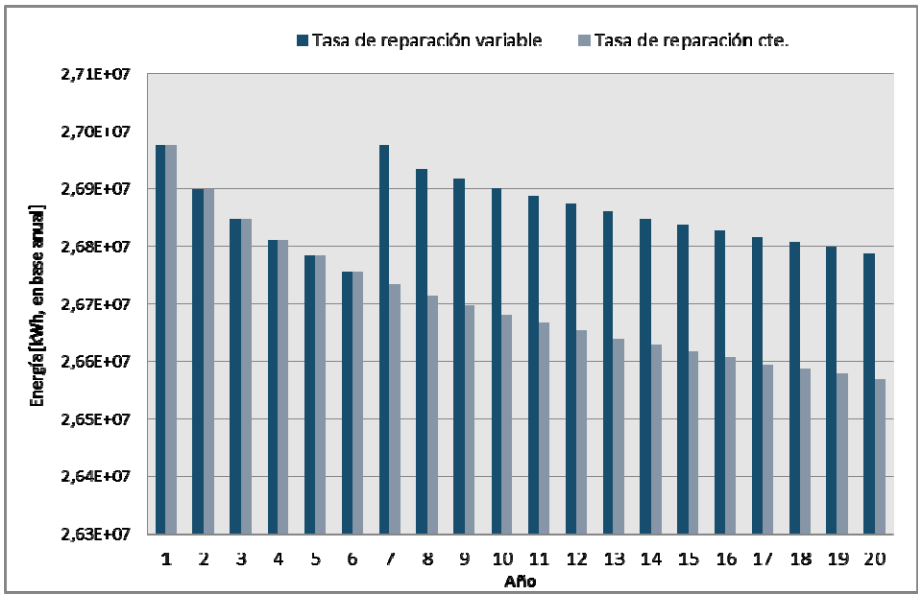


Fig. 6 Energía producida en función de la disponibilidad del sistema.

La energía producida en el período 6, en el que se implementaron modificaciones en las políticas de mantenimiento preventivo, aumenta hasta los valores del primer año, integrando al final de la vida útil del sistema una mejora en la producción de energía.

5. CONCLUSIONES

La determinación de la disponibilidad de un aerogenerador es un parámetro necesario para estimar la energía a suministrar por un parque eólico.

Se desarrolló una metodología para resolver el problema de estimar la energía disponible en un sistema de generación eólica en función del recurso eólico disponible, una turbina eólica genérica y las velocidades de falla y reparación de los componentes del sistema.

La herramienta informática así obtenida permite evaluar en forma incipiente los valores de energía estimados para luego adoptar las medidas necesarias desde dos grandes campos de acción: 1) diseño y construcción y 2) operación y mantenimiento.

Este trabajo consiste en la etapa preliminar de un proyecto más ambicioso en el que se incorporarán como datos de entrada las características topológicas de un parque eólico (disposición de las turbinas eólicas) con el fin de evaluar la energía suministrada “esperada” integrando los conceptos de disponibilidad y efecto estela en conjunto con los diferentes estados operativos probables de un parque eólico para luego recurrir a algoritmos de optimización y modelos de costos que permitan evaluar la configuración del parque en un estado incipiente bajo diferentes indicadores.

6. REFERENCIAS

Fischer K, Besnard F, y Bertling L. 2011. A limited scope reliability centred maintenance analysis of wind turbines. Transactions on Energy Conversion. Vol. 99. Pág. 1-12.

Llombart A. Watson S. J. Fandos J.M. y Llombart D. Power Curve Characterization modelling using polynomial regression. Renewable Energy & Power Quality Journal. Nº 304.

Erguina V. 2004. Safety Assured Financial Evaluation of Maintenance. PhD Dissertation.

ESTUDIO DEL FORZAMIENTO RADIATIVO EN MEDIOS CONFINADOS COMO APROXIMACIÓN AL CÁLCULO DEL POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL DE DIFERENTES GASES

Rossi, Rosana; Pierantonelli, Mario; Picca, Gustavo; Tuninetti, Luis; Campos, Alberto; Gudemos, Emilio; Carrera, Natalia; Furlan, Lucrecia; Casas, Salomé

Docentes y estudiantes de la Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables de la Universidad Nacional de Villa María.
Av. Arturo Jauretche 1555. Villa María (Cba.)

RESUMEN

Los componentes gaseosos de la atmósfera, que absorben y emiten radiaciones en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes, son denominados gases de efecto invernadero (GEI). Una de las formas de modificar el balance radiativo del planeta (balance de energía recibida, retenida y emitida) es variando las concentraciones atmosféricas de los GEI. Los mismos, son caracterizados con un índice denominado potencial de calentamiento global (PCG), que representa el efecto combinado de los diversos tiempos de permanencia de los gases y de su eficacia relativa para absorber la radiación térmica IR de la atmósfera. Los PCG tienen típicamente una incertidumbre en su cálculo de un 35%, observándose discrepancias en sus valores según las fuentes que se consulten y los métodos de cálculo utilizados por las mismas. Debido a estas discrepancias, se planteó estimar PCG relativos de diferentes gases, mediante la medición de la variación de temperatura que sufren al ser sometidos a idénticas condiciones de radiación solar, utilizando un dispositivo diseñado para tal fin. Hasta el momento se construyó el dispositivo, se calibró el termómetro utilizado para la medición y se realizaron series de mediciones, con resultados no concluyentes. Se arribaron a conclusiones provisorias, tales como: existen grandes diferencias en los resultados según la superficie que se utiliza de base absorbente, por lo que la zona terrestre en la que se emite la radiación infrarroja influiría en el aumento del efecto invernadero. Se pudo apreciar que el gas natural (metano en alto porcentaje) produce un mayor forzamiento radiativo, en medios confinados, que el CO_2.

Palabras clave: PCG, GEI, forzamiento radiativo.

ABSTRACT

The gaseous components of the atmosphere that absorb and emit radiation at specific wavelengths within the spectrum of infrared radiation emitted by the Earth's surface, atmosphere and clouds, are called greenhouse gases (GHGs). One way to modify the radiative balance of the planet (energy balance received, retained and emitted) is varying atmospheric concentrations of GHGs . Thereof, are characterized by an index called global warming potential (GWP) , which represents the combined effect of various residence times of gases and their relative effectiveness IR absorbing thermal radiation from the atmosphere. GWPs typically have an uncertainty in its calculation of 35 %, with differences in their values according to the sources that are accessible

and calculation methods used by them. Because of these discrepancies, we estimate relative GWP of different gases, by measuring the temperature variation suffer when subjected to identical conditions of solar radiation, using a device designed for this purpose. So far the device was constructed, calibrated the thermometer used to measure and test series were conducted with inconclusive results. Provisional conclusions were arrived at, such as large differences in the results depending on the surface absorbing base is used, so that the area of land on which emits infrared radiation influence the greenhouse effect. It was found that natural gas (methane high percentage) produce an increased radiative forcing in confined spaces compared with CO_2.

INTRODUCCIÓN

Según el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), los gases de efecto invernadero (GEI) son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antrópicos, que absorben y emiten radiaciones en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes.

El clima global viene determinado por el balance radiativo (balance de energía recibida, retenida y emitida) del planeta, y una de las formas de modificar el balance radiativo (forzamiento radiativo) es con la variación en la concentraciones atmosféricas de los GEI.

En relación con el calentamiento global existen una serie de hechos totalmente comprobados, entre los cuales se encuentran, incrementos de concentraciones de gases de efecto invernadero, acidificación del agua del mar, un aumento de la temperatura global de 0,85°C durante el período 1880-2012, fusión de hielo oceánico y glaciares, disminución de extensiones de nieve, y elevación del nivel del mar. La rapidez de los cambios es grande, aunque se han detectado cambios similares o incluso mayores en otros periodos. Según las conclusiones del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) que fueron reveladas a finales de septiembre de este año en su 5to reporte (conocido como AR5) del Grupo I de la institución, los científicos prevén que el aumento de la temperatura superará los 1,5 ºC para finales de siglo, dentro de un margen que ahora estiman en entre 0,3 ºC y 4,5 ºC.

Actualmente hay controversia acerca de las causas y consecuencias del calentamiento global, y algunos científicos sostienen que la magnitud del cambio térmico no puede explicarse si no se acepta la influencia del factor antrópico con las emisiones de ciertos gases llamados de efecto invernadero (GEI). Desde la postura, que el aumento en la concentración de los GEI es una de las causas del calentamiento global y que existe una correlación entre estos gases y el aumento de temperatura, los mismos, son caracterizados con lo que se denomina potencial de calentamiento global (PCG). Este índice, representa el efecto combinado de los diversos tiempos de permanencia de los GEI y de su eficacia relativa para absorber la radiación térmica IR de la atmósfera y posibilita comparar los impactos de las emisiones gaseosas.

Los PCG tienen típicamente una incertidumbre en su cálculo de un 35%, y es así, que se observan discrepancias en sus valores según las fuentes que se consulten y los métodos de cálculo utilizados por las mismas.

Debido a estas discrepancias, el objetivo de la investigación es determinar valores de forzamientos radiativos, y estimar los PCG relativos de diferentes GEI con respecto a dióxido de carbono y aire.

La hipótesis planteada es que midiendo la variación de temperatura que sufren diferentes GEI sometidos a idénticas condiciones de radiación solar, se podrán hacer aproximaciones de sus valores PCG.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se diseñó y construyó un dispositivo que consta de dos cámaras (A y B) cuya forma es semiesférica con pestaña, de acrílico transparente y un volumen de 6250cm^3. Su base es sellada con una junta de goma y se hallan montadas sobre una base de madera. Ambas cámaras están equipadas con válvulas que permiten el vaciado y llenado con los gases seleccionados. Dentro de cada cámara se encuentra un recipiente que funciona de superficie absorbente y que puede cambiarse.

Fig.1: Dispositivo y termómetros utilizados si las bases internas.

En el interior de cada cámara, se instala un sensor de temperatura de la atmósfera, el mismo es digital de doble canal con termocuplas K Unit UT320. También se utiliza un termómetro digital infrarrojo Fluke 62 Max con emisividad regulable.

La experiencia consiste en llenar una de las cámaras (que llamamos R1) con un volumen fijo del gas cuyo PCG se desea estimar. La cámara R2 se deja con aire inicialmente.

Los gases que se utilizan son: dióxido de carbono, aire, gas natural de uso domiciliario, y freón R437A.

Se somete el dispositivo a la radiación solar (igual tiempo y ángulo de radiación). Luego, ambas cámaras se cubren para evitar la insolación.

Los datos de temperatura se obtienen “on line” (principalmente en la etapa oscura) y se almacenan en la unidad de adquisición de datos para su posterior tratamiento.

Variantes de la metodología: distintas concentraciones de gases, comparación con CO_2 en reemplazo de aire, distintos materiales en las bases internas y distintos niveles de radiación solar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la siguiente tabla se resume las condiciones y resultados obtenidos en la etapa de calibración, los mismos han llevado al planteo de nuevas hipótesis y al ajuste de la metodología.

	Experiencia 1	Experiencia 2	Experiencia 3
Base absorbente.	Arena de granulometría variable. R1=2865g R2=2985g	Arena de granulometría variable. R1=2865g R2=2985g	Arena de granulometría homogénea. R1=2750g R2=2750g
Termómetro	termocuplas K Unit UT320 una en cada cámara	termocuplas K Unit UT320 una en cada cámara	termocuplas K Unit UT320 una en cada cámara
Anemómetro	5 - 7.2 km/h	5 - 7.2 km/h	no se midió
T ambiente a la sombra	22ºC	22ºC	no se midió
Gases:	R1: aire. R2: CO_2	R1: aire. R2: freón R437A	R1: aire. R2: aire
Resultados durante la exposición solar	Al cargar R2 con CO_2 la temperatura descendió inicialmente y luego subió 2ºC por encima. El R1 se observaba empañado. El termómetro infrarrojo no detectaba diferencias de temperatura.	Al cargar R2 con freón la temperatura descendió inicialmente y luego subió 1ºC por encima de R1. El R1 se observaba empañado. El termómetro infrarrojo no detectaba diferencias de temperatura.	La temperatura se estabiliza en una diferencia entre ambas cámaras de 0,4 a favor de T1. El termómetro infrarrojo no detectaba diferencias de temperatura.
Resultados durante la fase oscura	no se realizó medición	no se realizó medición	La temperatura se estabiliza en una diferencia entre ambas cámaras de 0,4 a favor de T1.

Tabla 1: Condiciones y resultados obtenidos durante la etapa de calibración.

Luego de la etapa de calibración y partiendo de una diferencia promedio de temperatura de 0,4ºC a favor de T1, al usar aire en ambas cámaras, se realizan una serie de cuatro corridas con el mismo GEI. Primero se llevaron a cabo con gas natural y luego con CO_2. El volumen utilizado para cada corrida fue de 600cm^3 de gas incorporado al R1.

Se presentan a continuación las curvas de enfriamiento promedio de las corridas para el gas natural (Fig.: 2), y para el dióxido de carbono (Fig.:4) con las temperaturas corregidas según la etapa de calibración. Al graficar la variación de temperaturas para gas natural–aire se obtienen la fig.:3 y para dióxido-aire la fig.:5.

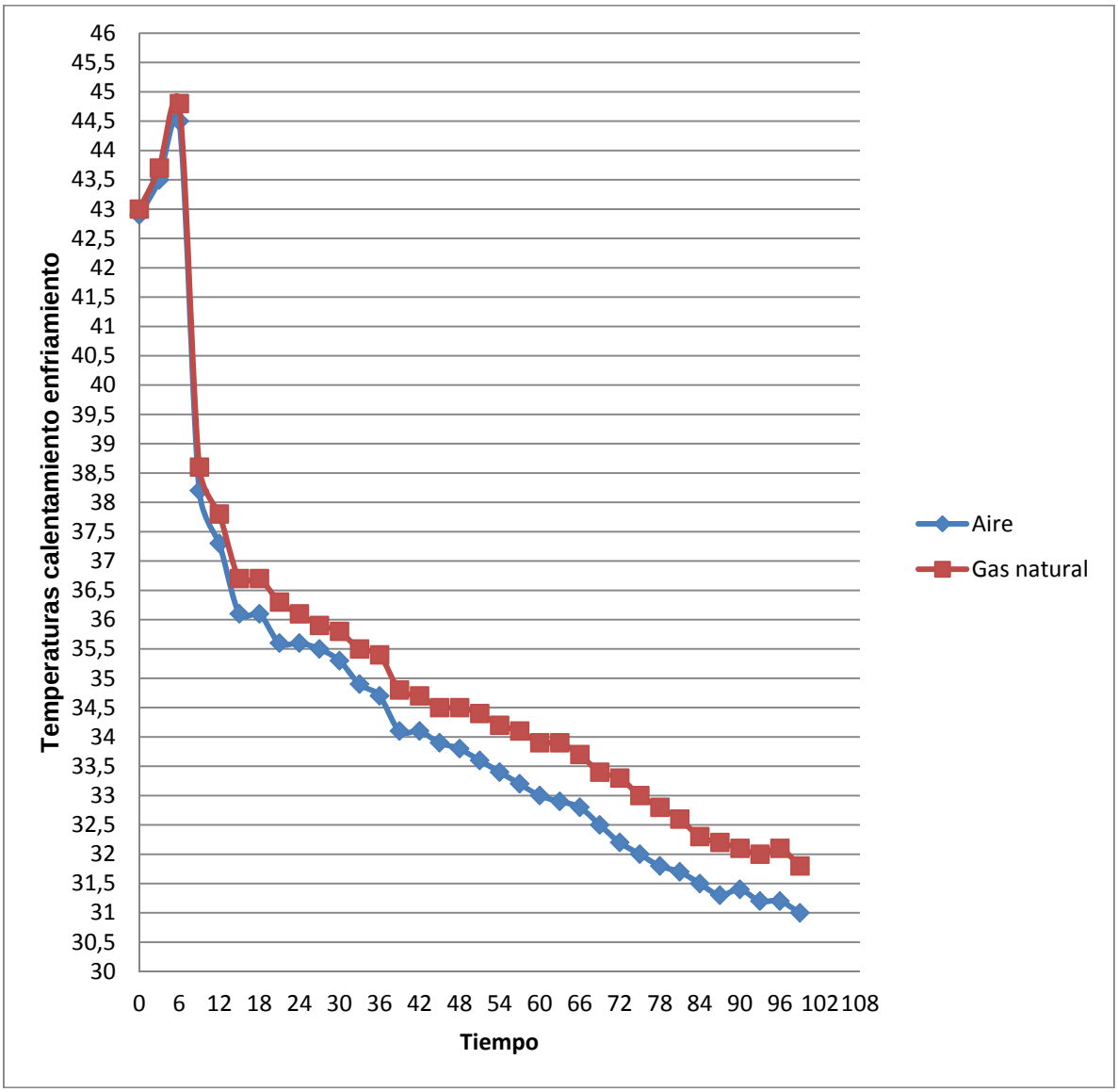


Fig.: 2. Curvas de enfriamiento promedio de las corridas para el gas natural vs. aire

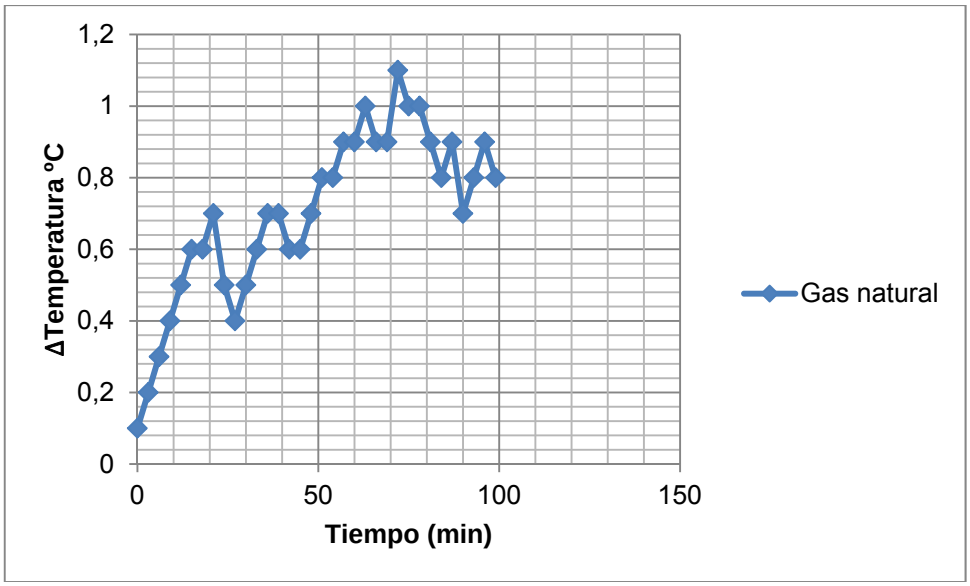


Fig.: 3. Δ Temperatura durante el enfriamiento para el gas natural vs. aire

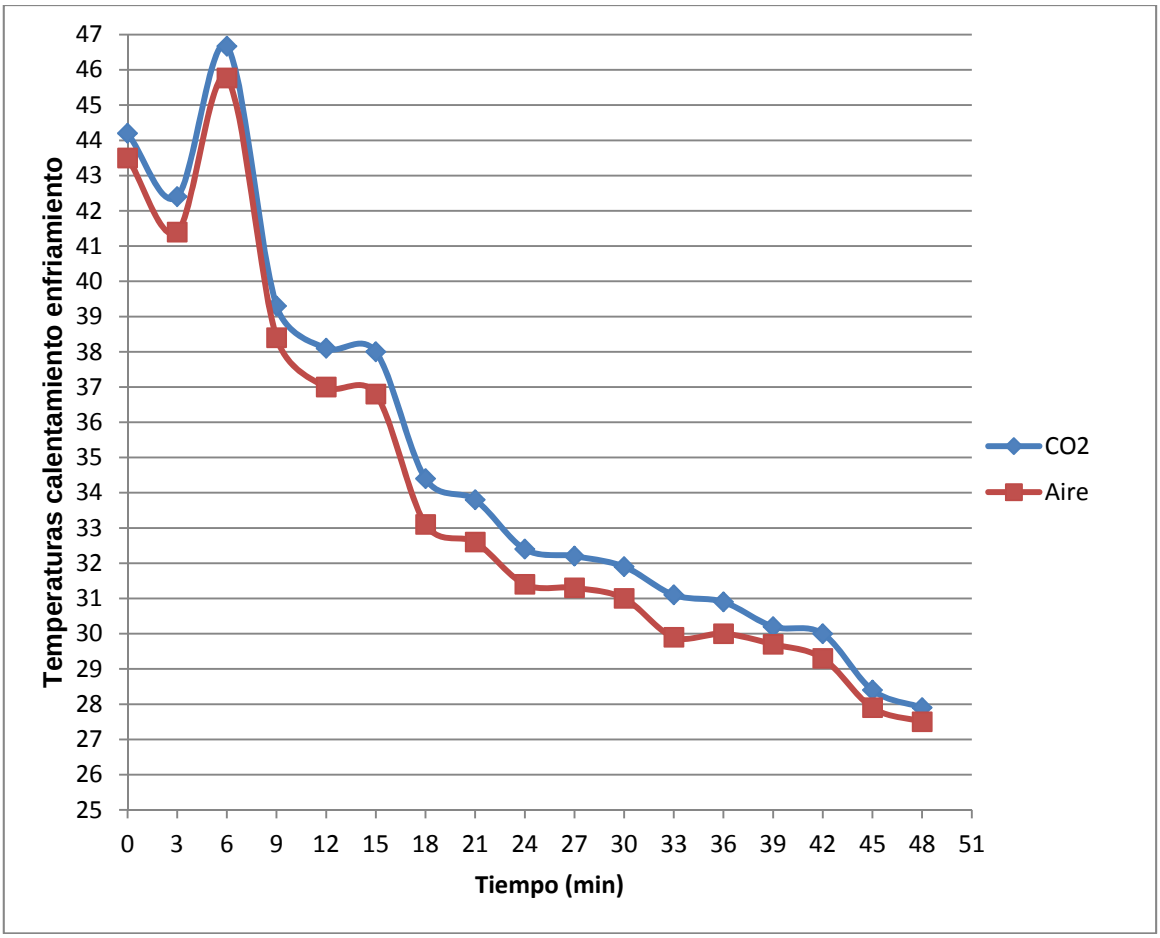


Fig.: 4. Curvas de enfriamiento promedio de las corridas para el dióxido de carbono vs. aire

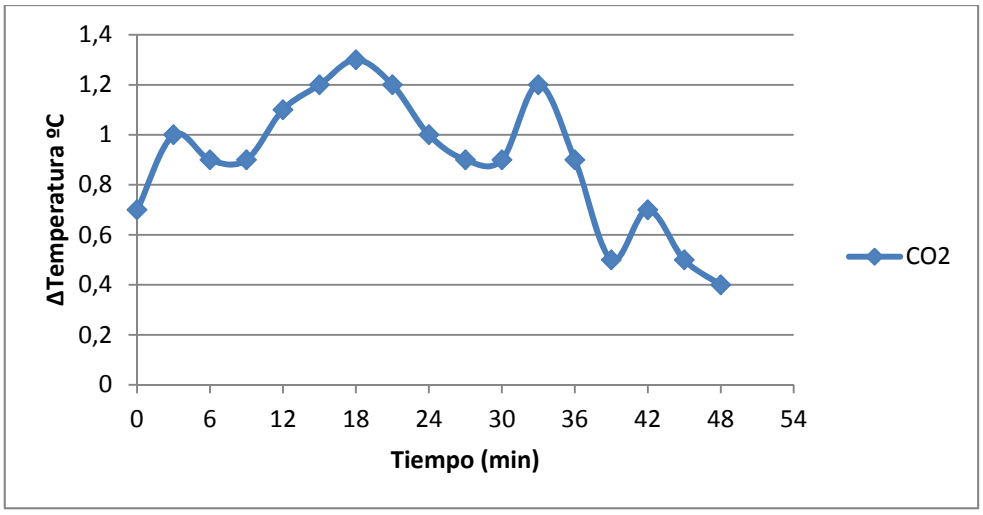


Fig.: 5. Δ Temperatura durante el enfriamiento para el dióxido de carbono vs. aire

Si bien las experiencias son parciales, ya que no se midieron temperaturas con algunas de las variantes planificadas, los resultados obtenidos tienen una correlación coincidente con el planteo inicial.

CONCLUSIONES

Durante las dos primeras experiencias se utilizó arena de granulometría variable, si bien en la primera prueba ya se había decidido cambiar por arena homogénea y seca, ya que se supuso que el agua por un lado interferiría en los resultados pues es una sustancia con potencial de calentamiento global, en el caso experimental, empañaba la cámara impidiendo la normal insolación.

En la experiencia 3, ya reemplazada la arena, se arriba a la conclusión que una pequeña diferencia en la ubicación de la termocupla incidía en los valores de temperatura obtenidos. Por lo que las termocuplas deben ubicarse de manera tal que se logre un mínimo de diferencia de temperatura inicial. En las experiencias realizadas se logra 0,4ºC. En otras palabras, es necesario calibrar el equipo en cada corrida.

Con respecto al termómetro K Unit UT320, se cree necesario cambiar el equipo por otro de mayor precisión para mejorar la repetitividad en los datos. El termómetro digital infrarrojo fue descartado como sensor pues se supone mide temperaturas externamente en las cúpulas.

En la experiencia se utilizaron altas concentraciones de gases para lograr detectar diferencias en las mediciones relativas. Esto no sería correcto pues la concentración se supone influye en el potencial de calentamiento global, por lo que es una variable a tener en cuenta. Es por ello, que es imprescindible que el sensor de temperatura posea un umbral de discriminación menor que el que se utilizó, para poder detectar menores variaciones de temperaturas. De cualquier forma deberían realizarse experiencias con inferiores concentraciones y analizar resultados.

Se podría afirmar que la superficie que se utiliza de base absorbente es determinante en los resultados de la variación de temperaturas, en medios confinados. Por lo que podría suponerse que la zona terrestre en la que se absorbe y emite la radiación infrarroja, influye notablemente en el forzamiento radiativo. Para reforzar esta conclusión sería importante variar las superficies absorbentes repitiendo las experiencias en similares condiciones.

Debido a que el lugar de la cámara en la que se realiza la medición de la temperatura influye en los resultados obtenidos, es una variable a tener en cuenta en la etapa de calibración del equipo.

Las diferencias de temperaturas obtenidas durante el enfriamiento para los dos gases utilizados son importantes, confirmando su influencia en el forzamiento radiativo. Sería indispensable realizar iguales mediciones variando las concentraciones.

Comparativamente, el gas natural (aproximadamente 70% de metano) presenta una mayor diferencia de temperaturas durante el enfriamiento con respecto al dióxido de carbono en condiciones similares. Cabría repetir las experiencias pero utilizando CO_2 en el R2 para comparar directamente la variación de temperaturas entre ambos gases. Según el IPCC, el metano posee PCG de 62, 22, y 7, en función de los años de permanencia en la atmósfera, superiores al CO_2 (siempre es 1). Si bien en la experiencia los años de permanencia no se miden, los resultados obtenidos hasta el momento confirmarían la diferencia en el forzamiento radiativo que produce el gas natural con respecto al CO_2. Cabe aclarar que como se utilizó gas natural la cantidad de metano inyectada es menor de $600cm^3$.

Hasta el momento las conclusiones son parciales, faltando realizar un mayor número de experiencias, con las variantes y modificaciones en la metodología ya expuestas. A partir de allí se podrían hacer las estimaciones inicialmente propuestas de los PCG relativos.

REFERENCIAS.

http://cambioclimaticoenergia.blogspot.com.ar/2010/05/el-efecto-invernadero.html
http://ec.europa.eu/clima/events/0007/mcfarland_hcfc_en.pdf
http://www.atmosfera.cl/HTML/TEMAS/CALENTAMIENTO/calen4.HTM
http://www.bvsde.paho.org/cursoa_meteoro/lecc2/lecc2_1.html
http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/wg1/248.htm
http://www.rac.es/ficheros/doc/00914.pdf
http://www.um.es/geograf/sigmur/teledet/tema02.pdf
http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/fis/calorespec.pdf

MOVILIDAD URBANA SUSTENTABLE, ALTERNATIVA ELÉCTRICA, RENDIMIENTO MEJORADO

Pierantonelli Mario[1], Sassia Gerardo[2], Barufaldi Gastón[1], Etchegaray Georgina[1], Picca Gustavo[1], Gudemos Emilio[1], Rodríguez Marta[1], E. Santi Evelyn[1], Gottero Román[1], Sosa Emilia[1]

1. Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables -IACBA -Universidad Nacional de Villa María. Av. Arturo Jauretche 1555. Villa María (Cba.)
2. IPEM Nº 49 , Villa María , Córdoba

Resumen

Hay una marcada presencia del automóvil como medio de transporte individual en desplazamientos urbanos y suburbanos. En base a información documental podemos postular que los vehículos eléctricos son más eficientes en ese ámbito que otros medios de locomoción tanto en consumo como en emisiones y efectos en la matriz energética.
En nuestro caso nos proponemos investigar la anterior aseveración usando dos móviles eléctricos construídos en proyectos anteriores a los que se incorporan mejoras que aumentarían el rendimiento, además se incluye el desarrollo de hardware y software para la medición y el procesamiento de los datos obtenidos.
Las mediciones se harán en el campus de la UNVM y se intentará obtener la aprobación municipal para realizar recorridos urbanos.
Además se hace una investigación documental sobre la evolución de móviles eléctricos similares de otras instituciones y de las fábricas de automotores.
Se evalúa la posibilidad de la posterior transferencia de tecnología a empresas del medio
Palabras clave : eficiencia, eléctrico, baterías, sustentabilidad

Abstract

There is a strong presence of the automobile as a means of personal transport in urban and suburban trips . Based on the level of information we can postulate that electric vehicles are more efficient in this respect than other ways of locomotion in both consumption and emissions and energy matrix effects .
In our case we propose to investigate the above statement using two electric vehicles built on previous projects that incorporate the improvements that increase performance, it also includes the development of hardware and software for measurement and data processing .
The measurements were made on the campus of the UNVM and try to get municipal approval for urban routes .

It also makes a documentary research on the evolution of similar electric traveling from other institutions and automotive factories .
We evaluate the possibility of the subsequent transfer of technology to local companies.
Keywords: efficiency, electric , battery , sustainability

Introducción

Nuestro trabajo de investigación sobre inserción de móviles eléctricos en la matriz energética y de transporte ya lleva cinco años de evolución. Consta de dos vertientes definidas, la documental sobre los vertiginosos avances a nivel mundial en el tema y la experimental con el desarrollo de dos vehículos eléctricos que sirven de plataforma de estudio. En los años 2012 y 2013 hemos obtenido resultados experimentales muy alentadores desde el punto de vista del consumo de energía, a niveles similares a los de autos de alta tecnología y también hemos mejorado el manejo del vehículo Presentaremos primero un estudio que realizamos sobre los circuitos de innovación en el tema de movilidad personal y sustentabilidad con algunas estimaciones a futuro. Luego exponemos un resumen de los avances experimentales comparados con los trabajos anteriores que permite apreciar la evolución conseguida, sirve de referencia y cita la bibliografía.

Consideraciones

Si nos situamos en cualquier autopista urbana de Buenos Aires, Pekín, New York o cualquier gran metrópoli veremos un caos vehicular y una atmósfera saturada de productos de combustión que hace prácticamente irrespirable el aire en estas ciudades. El cuadro se repite en todas las grandes urbes con un tránsito tan congestionado que dificulta en extremo los desplazamientos, afecta la economía, la vida social y la salud de las personas. Es prácticamente un suplicio colectivo de individuos montados en el principal ícono de la época, el automóvil, convertido en objeto de culto y por el cual se pagan cifras exorbitantes obtenidas muchas veces con grandes sacrificios para terminar sufriendo en los embotellamientos diarios.
El transporte público eficiente sería parte de la solución a este problema, pero no es de calidad suficiente en la mayoría de las ciudades y aún así queda un gran porcentaje de personas que por diferentes razones prefieren transportarse en su propio vehículo y son todavía el motor de la economía e industria del automóvil actuales. Nuestro trabajo está dirigido hacia ese sector y como hacerlo sustentable, centraremos nuestra atención en la alternativa eléctrica.
A fines del año 2012 nos encontramos con un parque automotor mundial de 1000 millones de vehículos (incluidos autos camiones y ómnibus), los autos circulando suman unos 700 millones y se fabrican anualmente 80 millones.
El consumo anual de petróleo llegó a los 92 millones de barriles por día (1 barril= 159 litros), de este total el transporte se lleva aproximadamente 45 millones (≈ 50%) y el transporte individual con vehículos livianos 20 millones de barriles (≈ 25%).
Vemos un gráfico (Figura 1) con proyecciones de la Agencia Internacional de Energía (IEA WEO 2011) hasta el 2035 sobre demanda de petróleo para transporte.

Figure 3.4 • World transportation oil demand by mode in the New Policies Scenario

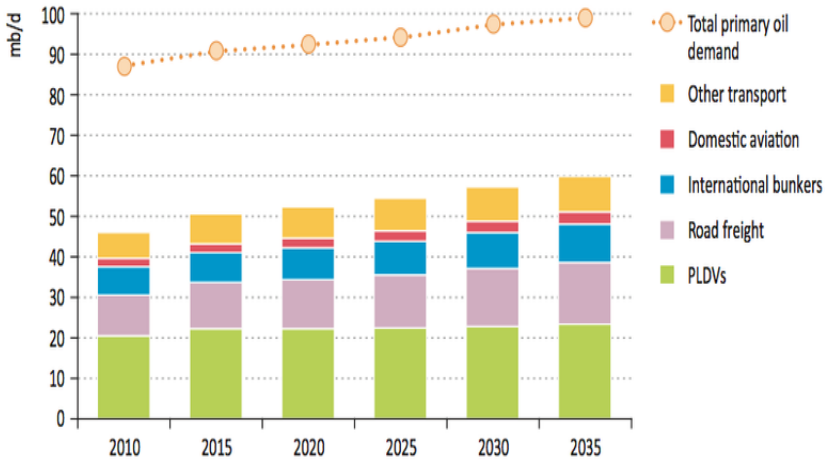
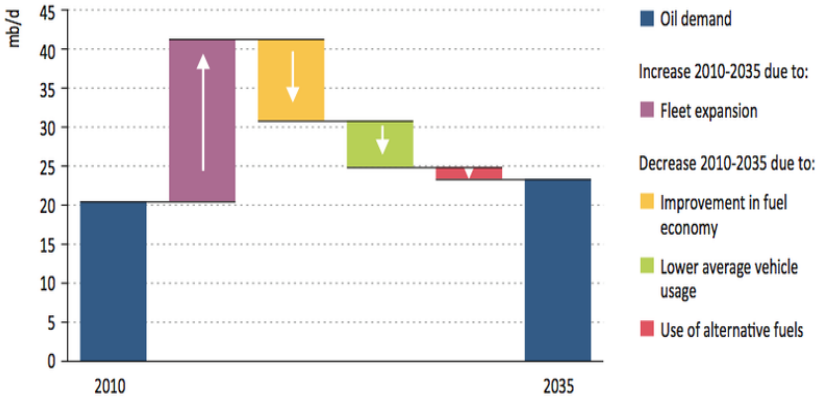


Figura 1

En el segundo gráfico (Figura 2), se representa la demanda futura teniendo en cuenta la expansión de la flota, las mejoras en eficiencia de los motores, uso de combustibles alternativos y menor utilización de los vehículos. Aún así nos da una demanda superior al 2010, lo que representa 25 años con consumos y emisiones superiores al actual, algo que se vislumbra totalmente incompatible con las reservas y con las estimaciones de calentamiento global.

Figure 3.7 • World PLDV oil demand in the New Policies Scenario



Note: The theoretical increase in oil use caused by fleet expansion assumes no change in the fuel mix, the vehicle fuel efficiency and the average vehicle-distance travelled.

Figura 2

Enfocamos nuestro estudio en la fracción de transporte individual y especialmente en el urbano y el suburbano. Este es un mercado absolutamente dominado por un grupo de corporaciones imbricadas en una maraña de asociaciones entre las mismas automotrices y las petroleras que por ahora suministran energía para producir y hacer funcionar los autos. Si nos atenemos al porcentaje que se lleva el transporte del consumo mundial de petróleo (la mitad) vemos que seguimos en la era del petróleo y más aún en la del automóvil. A pesar de todos los avances en la tecnología de comunicaciones y entretenimiento la gente se desplaza más que antes, y lo hace a costa de un petróleo que es cada vez más escaso.
Este mercado es manejado por estas compañías con algunas reglas sencillas desde hace 100 años, la principal es la promoción de necesidades ficticias y dentro de éstas

el manejo de la obsolescencia percibida por el cliente, el cual ve que su preciado bien último modelo al año siguiente parece ser casi chatarra.
Un mínimo análisis de la sustentabilidad de este esquema nos lleva a pensar en un colapso en un plazo mediato de no haber un cambio sustancial en los consumos y en el enfoque del mercado hacia autos más durables y eficientes.
Todas las empresas del sector invierten grandes sumas en I+D y poseen tecnología para, por ejemplo, disminuir los consumos a la mitad sin cambiar de tamaño de vehículo y sin grandes cambios en la planta motriz; esto sería un paliativo y permitiría extender la vida del modelo algunos años, pero la lógica de maximización de ganancias que manejan estos conglomerados no permite estas modificaciones. Aún si las gerencias de las automotrices pudieran convencer a sus directorios las petroleras con sus porcentajes accionarios no lo avalarían.
Pero la apuesta debiera ser mayor, esos grandes esfuerzos en I+D han resultado en una cantidad de innovaciones que son retrasadas para mantener el status quo de variaciones cosméticas.
En este contexto es donde hemos estudiado la posibilidad de seguir con una movilidad urbana individual automotriz sustentable si se produce la difusión de algunas innovaciones que harían que la demanda tire del mercado.
La idea no es producir un colapso sino evitarlo, veremos que con las tecnologías disponibles si se reduce el tamaño y el peso de los vehículos podemos llegar a consumir un décimo de la energía requerida actualmente para mover personas en ámbitos urbanos.
Es necesaria la introducción acelerada de vehículos biplaza, de bajo peso, aerodinámicos, ágiles y atractivos y que según estadísticas sobre porcentaje de ocupación de vehículos citadas en trabajos anteriores (Pierantonelli et al - CAyER 2011) permitirían cubrir un porcentaje significativo del mercado y mantener el empleo en las fábricas.
Es imprescindible un cambio de paradigma hacia la lógica de la eficiencia y la sustentabilidad, y lo vemos más factible desde el lado de la demanda educada y en conocimiento de las innovaciones que desde la oferta atada a los dictados del capital, Para lograr esto se necesita el compromiso de instituciones educativas, ONGs, de los estados y organizaciones supranacionales.
Creemos que la alternativa eléctrica presenta ventajas en cuanto a menor consumo, menor contaminación, menos ruido y si bien la autonomía es menor, en recorridos urbanos con frecuentes paradas y aceleraciones permite recargar parcialmente las baterías mediante frenado regenerativo con la energía de inercia del auto que de otra forma se disiparía como calor en los frenos.
Otra ventaja significativa es que pueden ser recargados desde la red en las casas, lugares de trabajo, etc. Si a esto se asocia un techo solar fotovoltaico en los domicilios puede resultar en un círculo virtuoso que permita una economía energética cuasi-autónoma. La tecnología existe y está disponible y los precios de los paneles fotovoltaicos están más bajos que nunca (0,6 U$/Wp FOB en China para panel certificado) (Photon Magazine, promedio 2012) aún queda una ventaja adicional y es que la batería del auto puede ser usada como amortiguador de picos de consumo en la red a través de un inversor en un esquema V2G (Vehicle to grid).
A continuación mostraremos varios vehículos eléctricos con un consumo de combustible bajo (2 lit/100 Km) e incluso demostramos como con tecnología de segunda línea, disponible en el país, construimos un prototipo eléctrico apto para transporte urbano y que aún con un elevado peso detenta consumos de 1,5 lit/100 Km incluidos la eficiencia de la red eléctrica, cargador y baterías.

Metodología y Procedimientos

Analizaremos las características de automóviles eléctricos puros según las especificaciones de sus fabricantes (páginas oficiales) y tests de publicaciones especializadas y las compararemos con las obtenidas en recorridos en el campus universitario con los dos móviles con que disponemos, prototipos desarrollados en un trabajo de investigación anterior y en éste.
Dentro de la categoría auto grande consideramos al Tesla S, que tiene records de venta en el año 2013.
Tesla S
Sedán 5 puertas- 5 plazas-largo: 4,97 m – ancho: 1,96 m- alto: 1,43 m
Peso: 2108 Kg
Motor: 260 KW
Baterías: Litio – 60 KWh
Veloc. Max: 210 Km/h
Autonomía: 333 Km
Consumo medio: 18 KWh cada 100 Km equivalentes a 180 Wh/Km

Dentro de la categoría medianos consideramos dos automóviles de serie que están en el mercado internacional, Nissan Leaf y Mitsubishi i-Miev.
Nissan Leaf:
Sedán 4 puertas, 4-5 personas – largo: 4,45m – ancho: 1,77 m – alto: 1,55 m
Peso: 1600 Kg
Motor: sincrónico 360 V - 80 kw a 9800 rpm – torque: 280 Nm a 2700 rpm
Baterías: litio – 24 kwh – 270 kg
Veloc. Max: 140 km/h
Aceleración: 0- 100 km/h – 11,9 seg.
Autonomía: 160 km

Mitsubishi i-Miev
Monovolumen 4 puertas, 4 personas – largo: 3,40m –ancho: 1,47 m- alto: 1,60 m
Peso: 1080 Kg
Motor: sincrónico imanes permanentes 49 kw a 8000 rpm- torque: 180 Nm a 2000 rpm y peso 49 Kg.
Baterías : litio – 16 kwh
Veloc. Max: 130 km/h
Autonomía: 130 a 160 km según uso

Dentro de la categoría microcoches consideramos tres autos presentados en el 2011 y el Toyota I-road presentado en el 2013 en y que està actualmente en fase de pruebas en pequeñas series , todos representativos de esta nueva oferta de la industria y que cumplen con los requisitos que enumerábamos anteriormente sobre sustentabilidad :
Opel Rak-e
Monovolumen biplaza en tandem - largo 3m- alto1,19m
Peso: 380 kg
Motor: 10.5 kw constantes- 36 kw max
Baterías: litio -5kwh
Veloc. Max: 120 km/h y una versión limitada a 45 km/h para menores de 16 años
Autonomía: 100 km
Radio de giro: 3m
Consumo: equivalente a 0,6 lit/100 km

Renault Twizy
Monovolumen biplaza en tandem desplazado – largo 2,3 m –alto 1,46 m –ancho 1,2 m

Peso: 450 kg
Motor: 15 kw – 57 Nm – versión con licencia
4 kw – 33 Nm – versión sin licencia
Baterías: litio – 7 kwh – 100 kg – en leasing
Veloc. Max: 80 km/h versión con licencia
45 km/h versión sin licencia
Autonomía: 100 km
Emisiones: totales pozo a rueda con el mix de energía eléctrica en Francia 7 a 32 g/km
Este modelo comienza a ser fabricado en Brasil en el año 2013.

Audi Urban Concept

Monovolumen biplaza desplazado- largo 3,21 m – alto1,19 m-ancho 1,67 m
Peso: 480 kg
Motor: dos, uno en cada rueda trasera ,15 kw, 47 Nm en total
Baterías: litio- 7 kwh -90 kg
Veloc. Max: limitada a 100 km/h
Autonomía: 73 km- ciclo NEOC

Toyota I-Road

Monovolumen biplaza – tres ruedas – largo 2,35 m – alto 1.44m- ancho 0,85 m
Carrocería inclinable en forma activa controlada electrónicamente.
Peso : 300 Kg
Dos motores en las ruedas delanteras, 2 KW cada uno
Baterías : Litio
Autonomía: 50 Km
Este modelo comienza a ser fabricado en serie en octubre del 2013 para ser usado en Japón como coche de alquiler para trayectos cortos (proyecto Ha-Mo) con estaciones de recambio en las paradas de trenes integrando el transporte público de larga distancia con los automóviles eléctricos para el último tramo.

Móviles UNVM

Primer prototipo :

Monovolumen abierto biplaza desplazado, largo 2,2 m ,ancho 1,07 m, alto 1,4 m
Peso: 150 kg
Motor : 0,84 kw, 24 V, 2000 rpm peso 12 kg
Baterías : Pb –Ac , 24 V, 70 Ah recarga parcial con paneles solares 2,5 A
Veloc. Max: 30 km/h
Autonomía: 35 km - Mediciones comparativas en cuadro 1

Cuadro 1: Mediciones primer prototipo

	Prototipo eléctrico						Automóvil mediano	Bicicleta	Peatón
	Sin panel solar			Con panel solar					
	Ren	TG	CC	Ren	TG	CC			
E/Km (Kcal/Km)	42,7	170,8	77,6	32,4	160,5	67,3	850	13,8	52,5
Ce (Kcal/Kg/Km)	0,194	0,776	0,352	**0,147**	0,729	0,3	0,77	**0,15**	0,75
Em esp CO_2 (g/Kg/Km)	____	SD	SD	____	0,22	0,09	0,227	SD	SD
Em CO_2 (g/KM)	____	SD	SD	____	48	**20**	**250**	SD	SD

Segundo Prototipo : Fiat Uno eléctrico
Sedán bicuerpo con dos asientos, largo 3,64 m, alto 1,44 m, ancho1,54 m
Peso: 920 kg
Motor : asincrónico 5,5 kw a 3000 rpm, torque 18,5 Nm
Baterías: Pb- Ac electrolito absorbido, 9,8 kwh – 264 kg
Veloc. Max: aprox 60 km/h
Autonomía: aprox 80 km, ciclo urbano. Faltan mediciones con diversas puestas a punto

Fig. 3- Móviles eléctricos UNVM

Fig 4-Grupo motor-transmisión Fiat Uno eléctrico

Continuando con nuestra investigación práctica sobre valores de eficiencia energética comparativa seguimos con el desarrollo del prototipo, sobre chasis Fiat Uno con una serie de mejoras con respecto al periodo 2010-2011 (Pierantonelli et al. CAyER 2011)
-Se cambia el motor por uno de la misma potencia 5,5 KW pero de 4 polos – 1500 rpm con lo que se obtiene el doble de torque que se traduce en una mejor salida desde reposo y mayor aceleración, para lograr la misma velocidad se lleva al controlador hasta 100 Hz con lo que el motor trabaja con un 100 % por encima del régimen normal de giro, pero que no afecta a su integridad según consultas con el fabricante.
- se introdujeron reformas de software en el controlador (Siemens 420) para optimizar el frenado regenerativo sin que se produzcan tironeos
- se ha diferido la prueba del móvil en recorridos urbanos por razones legales, no obstante se ha trazado un circuito de 3053 m dentro del campus y en las avenidas aledañas de poco transito, este trayecto fue medido con telémetro laser y GPS .
- en lo que corresponden a mediciones se incorporó un osciloscopio digital Hantek en modo multÍmetro con salida USB que es usado como interfase de adquisición de datos de corriente en tiempo real , los cuales se almacenan en una netbook , se contrastan las mediciones con un amperímetro analógico de punto medio y con una pinza amperométrica digital TES 3060 con Datalogger.
Una vez almacenado los datos de corriente se procesan para obtener la energía consumida y la regenerada en un cierto recorrido, la integración se hace considerando la tensión de batería constante , hecho corroborado en el recorrido de prueba mediante mediciones .
-Para mejorar la eficacia del frenado fue necesario incorporar una bomba de vacio que alimenta al pulmón del servofreno accionada por un motor eléctrico de 12 V , alimentado por una batería auxiliar que se recarga desde la principal por medio de una fuente de PC modificada que actúa como convertidor CC-CC de 300 V a 12V. También se incorpora un depósito de vacío adicional que permite varias frenadas sin que arranque la bomba de vacío
- Para la recarga de baterías desde la línea se diseñó y construyó un cargador tiristorizado de 360 Vcc.

Resultados y discusión

- Cuando incluìmos la energía regenerada en el frenado se han obtenido valores de consumo cercanos a los 105 Wh/Km con dos personas a bordo lo que nos sitúa en el orden de autos de producción màs sofisticados equipados con baterías de Litio y las ventajas comparativas en cuanto a peso, aunque con menores prestaciones dado la escasa potencia.
- Se establecieron vínculos con una empresa del medio (B&P) que está trabajando en un motor de imanes permanentes para rueda con el apoyo del Myncit de la provincia y con un emprendedor de la zona que trabaja sobre un triciclo articulado y desea incorporarle tracción eléctrica.
- También se ha establecido una relación con el Comité de Energías Córdoba (CEC) controlado por el Conicet para la evaluación de sistemas de energía solar y su aplicación a la recarga de vehículos eléctricos, y la posibilidad de utilizar las baterìas del vehículo como reserva de energía y reinyección a la red eléctrica en un esquema V2G (vehicle to grid) .
- Se construyeron tablas de datos en base a las mediciones efectuadas en el recorrido establecido en el campus y sus inmediaciones que nos permiten obtener gráficos de energía y de potencia representativos del consumo del móvil:

Recorrido: 3053 m Tiempo requerido: 376 seg Veloc. Media: 29,5 Km/h
Tensión de batería: 290 V Frecuencia de medición: 1 Hz
Peso en orden de marcha: 1090 Kg

La prueba se efectuó en un trazado estipulado que consta de 12 cambios de dirección de 90 º y con dos personas a bordo. Las velocidades de esquina y curva se trataron de mantener menores a 20 Km/h para simular un recorrido urbano, en recta se mantuvo inferior a 60 Km/h.

En base a los datos recogidos en formato del equipo de medición y pasados a Excel podemos hacer gráficos de la energía consumida, regenerada y neta (Figura 5) y de la potencia instantánea (Figura 6).

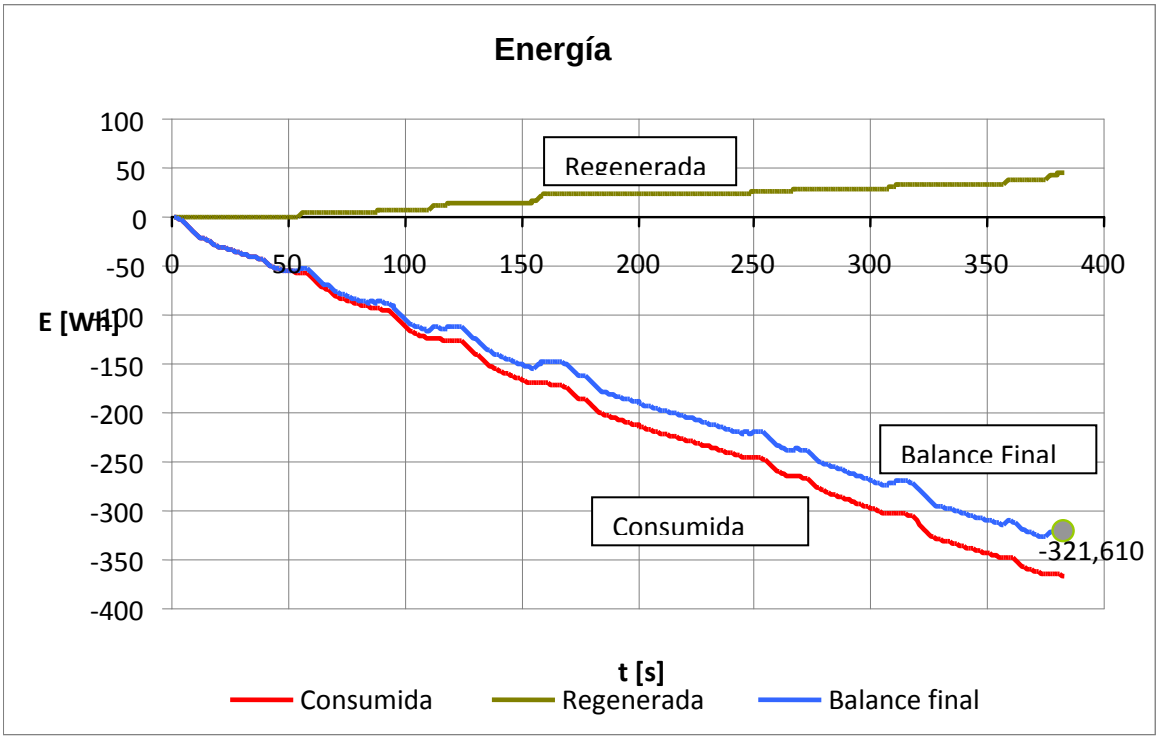


Figura 5

Con los datos de energía al final del recorrido podemos hacer un balance:

Energía consumida: 366,338 Wh
Energía regenerada: 44, 728 Wh
Balance energía :321,610 Wh Consumo: 105 Wh/Km

Vemos que con el frenado regenerativo se produce un ahorro del 12,2 % de energía, en un trayecto en tránsito real donde hay más frenadas por esquinas o para evitar colisiones este porcentaje puede ser mayor. Cabe aclarar que podemos variar la magnitud del frenado regenerativo mediante cambios en el software del controlador, el punto en el que está ahora lo consideramos satisfactorio ya que regenera una cantidad considerable de energía sin producir tironeos.
Estas pruebas se repitieron en diversas condiciones ambientales en el mismo circuito prácticamente sin cambios apreciables en los valores de consumo específico, por lo que los datos obtenidos se pueden considerar representativos de un consumo medio en condiciones normales de tránsito urbano

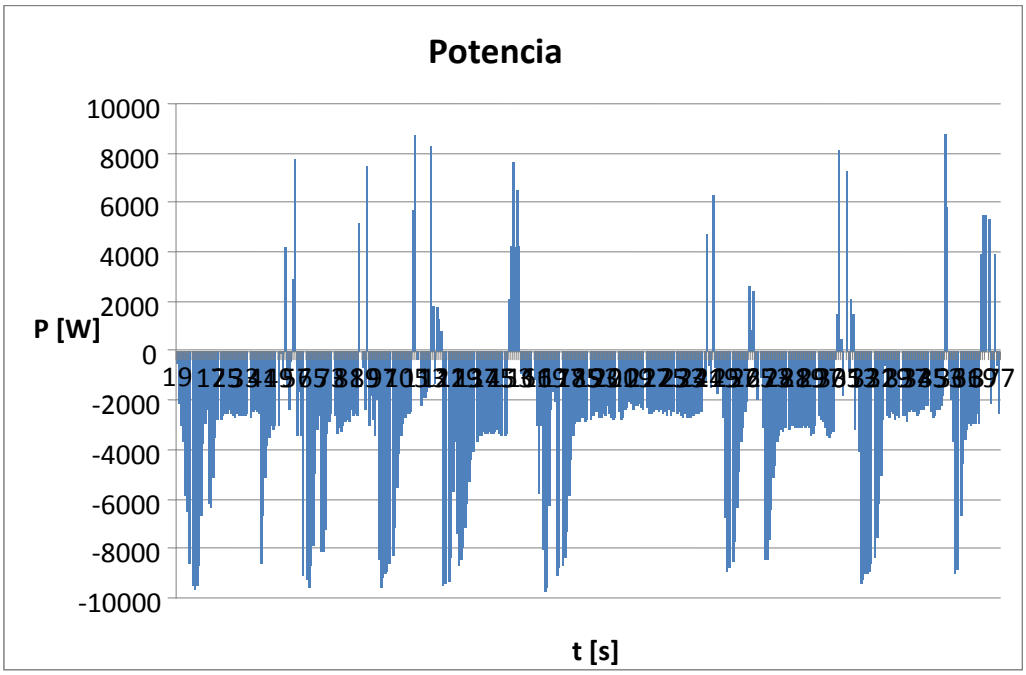


Figura 6

Conclusiones

Las previsiones hechas en trabajos anteriores (Transporte Personal Urbano, Alternativa Eléctrica – CAyER 2009) y (Movilidad Urbana Sustentable, Alternativa Eléctrica – CayER 2011) sobre la irrupción en el mercado de automóviles eléctricos han sido correctas.
El estado actual de la técnica permitiría fabricar vehículos de serie con un consumo tres veces menor del actual con motores de combustión interna, sacrificando un poco

los prestaciones y bajando los pesos. No obstante en un mercado dominado todavía por paradigmas de velocidad y lujo las empresas no aplican esas mejoras.
Es imprescindible un acuerdo de gobiernos y entidades transnacionales para orientar el transporte personal hacia un esquema de sustentabilidad.
Es en este contexto y específicamente en el uso urbano donde la alternativa de automotores eléctricos cobra importancia, con cero emisiones locales, poco ruido y un consumo por Kg. transportado hasta diez veces menor al promedio actual.
Los autos eléctricos son comparativamente más fáciles de diseñar y fabricar, porque sus motores son mucho más sencillos, pequeños y livianos que los motores de combustión además de ser mucho más eficientes. Ventajas adicionales son el poder recuperar energía en el frenado y diseñar transmisiones más sencillas por la curva de torque constante o evitarlas en el caso de motores en rueda.
Los fabricantes lo han entendido y tienen modelos híbridos o eléctricos pequeños y medianos en espera de señales del mercado y de los gobiernos, pero todo indica que en un futuro cercano veremos un porcentaje cada vez mayor de móviles eléctricos en las calles.
Todas las fábricas tienen híbridos o eléctricos puros en su línea de medianos, el precursor Prius de Toyota ya lleva más de tres millones de unidades vendidas, incluso un modelo grande como el Tesla S es un éxito de ventas. Pero el verdadero salto hacia la sustentabilidad en el transporte personal urbano va a venir de la mano de los microcoches tipo Renault Twizy o Toyota I-road con consumos muy bajos, espacio en planta hasta cuatro veces menor que un mediano actual y muy ágiles.
A esto se suma la posibilidad de recarga con paneles solares en domicilios o estacionamientos y en el caso de redes inteligentes (V2G) el uso de un porcentaje de la energía de la batería del coche como amortiguador de picos de consumo de la red eléctrica.
En nuestro trabajo experimental con el Fiat Uno eléctrico hemos mejorado la aceleración con respecto al anterior proyecto gracias a la inclusión de un motor de la misma potencia pero de cuatro polos con el doble de torque y también mejoró el frenado regenerativo mediante cambios en los algoritmos de deceleración del convertidor.
Con todo esto se logra un mejor manejo y consumos muy bajos (promedio 105 Wh/Km) que nos sitúan por debajo de un auto de alta tecnología como el Nissan Leaf, aunque con menores prestaciones, pero que en recorrido urbano con un promedio de 30 Km/h no se observan diferencias. Este excelente valor de consumo se ha logrado con baterías de plomo, motor asincrónico y controlador de serie y una carrocería normal de acero. Esto nos lleva a afirmar que con materiales livianos para la carrocería, baterías livianas, motores de imanes permanentes y controladores de alta eficiencia el consumo puede ser notablemente mejorado, y si además se disminuyen los tamaños de estos móviles urbanos se puede bajar de 50 Wh/Km con facilidad que comparados con los 1100 Wh/Km que consume en promedio en recorrido urbano un auto mediano a gasolina actual nos da una idea del ahorro en combustible, emisiones, ruido y ocupación en planta que se lograría con estos vehículos.
Una ventaja adicional es la posibilidad de manufactura local, especialmente si prospera el proyecto de fabricación nacional de baterías de litio, que es el elemento más crítico.

Bibliografía

- IEA World Energy Outlook 2011
- www.photon-magazine.com./newsletter
-The German sectoral reporting module on transport and environment- Walter Adler, Karl Schoer – Wiesbaden -2006- Statisttisches Dundesant Deutschland- DEStatis.

-Contribution of Li-Ion Batteries to the Environmental Impact of Electric Vehicles Dominic A. Notter , Marcel Gauch, Rolf Widmer, Patrick Wager, Anna Stamp, Rainer Zah and Hans-Jorg Althaus -2010.
Technology and Society Laboratory, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (Empa), Ueberlandstrasse 129, 8600 Duebendorf, Switzerland
-Sperling D – Electric vehicles and sustainable transportation –Scientific American – January 1997
- Transporte Personal Urbano, alternativa eléctrica,CAyER 2009 .Universidad Nacional de Villa María. Pierantonelli Mario, Prato Laura, Rodríguez Marta, Picca Gustavo, Riera Javier, Sassia Gerardo-
- Movilidad Urbana Sustentable, Alternativa Eléctrica CAyER 2011- UNVM - Pierantonelli Mario, Sassia Gerardo, Prato Laura, Rodríguez Marta, Tuninetti Luis, Picca Gustavo.
-www.greencarcongress.com – Technologies for Sustainable Mobility.
- Páginas oficiales de empresas automotrices.

Tema 6: Tecnología y Ambiente - Gestión Ambiental

- CERTIFICACIÓN RTRS DE SOJA RESPONSABLE EN LA REGIÓN DEL NOROESTE ARGENTINO, ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN Y EL IMPACTO ACTUAL Y POTENCIAL
- ESTRUCTURA DE LA GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN BRASIL
- IMPORTANCIA ECONÓMICO-AMBIENTAL DE LA AISLACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE EDILICIA EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN RELACIÓN A LAS CONDICIONES DEL CLIMA
- ELABORACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA CADENA APÍCOLA ARGENTINA
- CODIGESTIÓN ANAERÓBICA DE RESIDUOS DE TRATAMIENTO DAF Y EFLUENTES DE PREDIOS LECHEROS. ESTUDIO PRELIMINAR
- EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LEVADURAS DEL GÉNERO *RHODOTORULA*. EN UN EFLUENTE LÁCTEO
- VALORACIÓN DE GLICEROL, SUBPRODUCTO DEL BIODIESEL, MEDIANTE CATÁLISIS HETEROGÉNEA
- PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INTEGRACIÓN DEL TRATAMIENTO Y USO AGRÍCOLA DEL AGUA RESIDUAL. CATAMARCA

CERTIFICACIÓN RTRS DE SOJA RESPONSABLE EN LA REGIÓN DEL NOROESTE ARGENTINO, ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN Y EL IMPACTO ACTUAL Y POTENCIAL

Cabezas Arreseigor, M. d P. y Vilella, F

Cátedra de Agronegocios. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
Av. San Martín 4453. CABA. TEL: 4524-2490
mdelpilarcabezas@gmail.com

Resumen

Se analiza si una estrategia de certificación ambiental puede colaborar en generar sistemas productivos sustentables ambiental, económico y socialmente, para facilitar el desarrollo y el cambio social en el NOA. Se concluye que es una estrategia adecuada, evaluando los efectos actuales y los potenciales del caso Viluco S.A. con la certificación de la Mesa Redonda para Soja Responsable (RTRS); basada en el cumplimiento de las buenas prácticas empresariales y agronómicas, las relaciones laborales justas, el apoyo a la comunidad, y la responsabilidad ambiental. Se evalúan y describen la necesidad regional de esquemas de producción responsable por tener un desarrollo social tardío, alto nivel de marginalidad; bajo acceso a la salud (46%), elevada tasa de mortalidad infantil (22,6/1000), alto porcentaje de hogares por debajo de la línea de pobreza (27%), y elevado índice de analfabetismo (2,7%). La región está atrasada en su desarrollo, explicado por exportaciones de bajo valor agregado, escasas inversiones en infraestructura y sistemas de logística poco desarrollados. Con fuerte tendencia al monocultivo, el 65% cultivado con soja, uso irracional de agroquímicos y deforestación de zonas de alto valor biológico. La metodología empleada es el "estudio de caso", utilizando información primaria, secundaria y entrevistas in situ. Por lo tanto, si se expandiera la superficie certificada a 400 mil hectáreas se lograría desalentar el monocultivo (soja) sobre zonas de alto valor biológico; generando rotaciones sustentables (50% Soja-Maíz) y el uso racional de agroquímicos. Mejoraría el apoyo a la comunidad por medio de planes sociales, beneficiando muchos chicos escolarizándolos y generando más trabajo registrado. Así mismo, se genera un activo intangible, que permite el acceso a los mercados más exigentes y mayor agregación local de valor. Emprendimientos como el analizado son ejemplo de desarrollo regional y deben ser preservados e imitados en el desarrollo del entramado productivo del NOA.

Palabras Claves: RTRS - Certificación – Soja - NOA -Sustentabilidad

Summary

We analyze whether environmental certification strategy can help to generate sustainable productive systems environmental, economic and socially, to facilitate the development and social change in the NOA (Noroeste Argentino). It is an appropriate strategy assessing the current and potential Viluco SA case certified by the Roundtable for Responsible Soybean (RTRS), based on compliance of good business and agronomic practices, the fair labor relations, community support and environmental responsibility. The regional need for diagrams of responsible production is

because of the delayed in social development, high level of marginalization, low access to health (46 %), high infant mortality rate (22.6/1,000), high percentage of households below the poverty line (27 %), and high illiteracy rate (2.7 %). The region lags behind in its development, explained by exports of low value-added, low investment in infrastructure and logistics systems underdeveloped. With strong tendency to monoculture, 65% cultivated soybean, irrational use of agrochemicals and deforestation in areas of high biological value. The methodology used is the "case study" using primary data, secondary and onsite interviews. We can conclude that if we expanded the area certified to 400 thousand hectares we would discourage monoculture (soybean) on areas of high biological value, generating sustainable rotations (50 % Soybean - Corn) and the rational use of agrochemicals. Also it could improve support to the community through social programs, benefiting many children and generating more registered work. It would also allow access to the most demanding markets and local aggregation greater value. Entrepreneurship as analyzed are examples of regional development and should be preserved and imitated in developing of the productive in the NOA.

Keywords: RTRS – Certification - Soybean – Sustainability

Introducción

Este trabajo se basa en el análisis del impacto logrado y potencial de la adopción del protocolo RTRS, usando como ejemplo a la firma que lidera, en el NOA, este proceso: Viluco S.A. Este análisis se vincula con la dinámica productiva local y las consecuencias del avance de la frontera agrícola, que genera casos de monocultivo de soja como situaciones virtuosas donde se incorporan tecnologías, verificables, más amigables con el ambiente como las establecidas por el protocolo de la Mesa Redonda para Soja Responsable (RTRS). También se analiza el impacto de llegar regionalmente a 400 mil has certificadas de soja.

Viluco SA construyó la planta Ag – Energy en la localidad de Frías, Santiago del Estero, pertenece a un grupo económico de capitales nacionales de Tucumán, que busca la sustentabilidad económica, ambiental y social en todas sus empresas. La actividad industrial permitió la generación de unos 300 puestos de trabajo en blanco directo, y más de 1500 indirectos. La misma inició la demanda, de soja certificada con estándar RTRS e implementó la cadena de custodia para el control de emisiones, con la certificación International Sustainability & Carbon Certification (ISCC). En 2011, firmó el Plan Provincial de Producción Limpia, basado en la prevención de la contaminación industrial y la mejora ambiental continua, luego en el año 2013 inaugura su Planta de Tratamiento de Efluentes

La Fundación Vicente Lucci canaliza las acciones sociales, y desarrolla su trabajo en Frías, en el fortalecimiento institucional y la generación de capital social, fue declarado de interés municipal, educativo, cultural y social para la ciudad, mediante la Resolución N° 960. El proyecto industrial iniciado en el año 2010 ha permitido un desarrollo y crecimiento real y potencial, no evidenciado hasta entonces.

En Argentina en general y en el NOA en particular, el monocultivo de soja o las rotaciones deficientes son estimuladas por políticas públicas que desalientan la producción de cereales, por la disponibilidad de nuevas tecnologías de producción como las que permiten cultivos sin remoción de suelo, bajando los costos de producción, y por precios internacionales record y en alza en las últimas décadas.

Para cultivos extensivos, en los últimos diez años, las rotaciones, en la región, son crecientemente inapropiadas con tendencia al monocultivo. El promedio de superficie cultivada de soja periodo 2000-2011 sobre el total de granos fue del 65%. A nivel país el promedio fue del 56% y a nivel global del 16%. Gráfico 1. Esta situación hace imperante que la producción contemple la sustentabilidad ambiental, y se promuevan los estándares de certificación RTRS o los de Agricultura Certificada, que además buscan disminuir el nivel de externalidades negativas que devienen del proceso productivo y de trasformación

En el NOA, los indicadores de crecimiento económico y social, presentan gran atraso con respecto al promedio del país. El nivel de participación en las exportaciones nacionales es bajo (6%), con escaso valor agregado en las mismas. El nivel de trabajo no registrado es elevado (46%), con gran precarización de las condiciones laborales. Santiago del Estero tiene el peor registro del país. El acceso a la salud por parte de la población es bajo (46%), con elevada tasa de mortalidad infantil (22,6 cada 1000 habitantes), siendo impostergable la aplicación de programas que estimulen el desarrollo social. La tasa de analfabetismo (en mayores de 10 años) es del 2,76%, siendo 1,79% el promedio nacional.

El NOA, abarca 560.000 km^2, siendo el 20% de la superficie continental del país, y el 12,2% de la población. Está conformada por las provincias de Jujuy, Salta, Catamarca, Tucumán, La Rioja y Santiago del Estero. Con gran diversidad social, ambiental y productiva. El clima es subtropical, seco y cálido; es la región con mayor heterogeneidad ambiental del país. El régimen de lluvias es de tipo monzónico, con irregularidades anuales, tanto temporales como espaciales. En las dos últimas campañas (2011y 2012) hubo sequías muy severas que afectaron a toda la región.

Según los datos del Censo 2001, (no se disponen de estos datos del censo 2010), el 23% de los hogares del NOA, presentan necesidades básicas insatisfechas, superior a la media del país con el 14%.

Datos del Centro de Estudios Económicos de la UIA, en base a la EPH 2010, expresan que el 27% de los hogares del NOA se encuentra por debajo de la línea de pobreza, esta condición involucra al 35% de la población. La tasa de empleo se encuentra en el orden del 39,3%.

Este conjunto de datos muestran a la región NOA en una etapa de transición rezagada con respecto al promedio Nacional. Por ello toda iniciativa que genere trabajo registrado, salarios altos y acceso a mejor calidad de vida tiene mayor impacto que en el resto del país.

La superficie cosechada de soja en el NOA, en la campaña 2009-2010, fue de 1.732.835 has. (Santiago del Estero 47%, Salta 34%, Tucumán 15,5%, Catamarca 3%, Jujuy 0,5%), logrando cerca de 6 millones de toneladas, con una relación almacenaje/producción total de tan solo 13,58%, lo que constituye una limitante endógena relevante. En las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y La Pampa, esta relación aumenta, al 32%. Esto se subsana en el corto plazo mediante el almacenaje en bolsas plásticas, (silo bolsa).

En transporte y logística, el NOA tiene un alto grado de ineficiencia, aumentando los costos de producción y comercialización. El 70% de las exportaciones, se concentran en granos, cítricos y minerales, siendo productos de baja relación valor/volumen (homogéneos y con precios referenciados), que deben recorrer grandes distancias hasta los centros de exportación y de mayor consumo (Capital Federal), lo que es ideal para el uso del ferrocarril.

Pero por el deterioro del ferrocarril se debe afrontar con la preponderancia del uso del camión que implica el de más alto costos de transporte. El uso del camión llega al 75%, barcaza 7% y ferrocarril 18%. En granos, el 84% se realiza por camiones, el 14,5% vía ferrocarril, y el 1,5% en barcazas. (Comisión de Transporte Bolsa de Rosario y Santa Fe, 2006).

Cuadro 1: Relación de costos entre los Medios de Transporte.

MEDIOS	RELACION
Camión vs. Barcaza	3,25 a 1
Ferrocarril vs. Barcaza	1,18 a 1
Camión vs. Ferrocarril	2,50 a 1

Fuente: Vilella, F [et. al.] *"El sistema de Agronegocios de la soja en la Argentina, su cadena y prospectiva al 2020"*,2010

La reducción drástica en los costos del ferrocarril se basa en parte en que con un 1 litro de combustible puede trasportar 1 tonelada por 147 km, mientras que el camión tan solo la traslada por 37 km (IERAL 2010). Esto mejora la eficiencia energética, y ambiental con mucha menor emisión de gases de efecto invernadero por unidad transportada. Actualmente el panorama es desalentador, ya que el Belgrano Cargas se encuentra en gran medida paralizado.

La reactivación del Belgrano Cargas, es importante, como así también el diseño de un enfoque multimodal de transporte constituido por camión – ferrocarril – hidrovia. Lo relatado vale tanto para la exportación de granos como para productos elaborados ya que siempre los volúmenes son muy importantes en cualquier caso. De este modo, es clave, la realización de obras públicas, para el mejoramiento de las rutas y accesos que unen a la región, con los principales centros de consumo y de exportación.

El NOA está especialmente necesitado de inversiones que generen trabajo de calidad, agreguen valor por la vía del procesamiento y/o de la certificación ambiental, para lograrlo las inversiones deben encontrar un ambiente institucional proactivo y un estado con estrategias de largo plazo.

El caso analizado presenta un esquema de producción competitivo que, de fomentarse y crecer, dará un crecimiento y desarrollo sostenible en la región, resolviendo en parte sus déficits.

Objetivos del Trabajo

1. Analizar el Esquema de Certificación de soja RTRS en relación a los objetivos de producción sustentable en términos ambientales, sociales y económicos
2. Analizar la adopción por parte de los productores del esquema RTRS en la región y evaluar los incentivos existentes.
3. Analizar el impacto y las condiciones necesarias, para lograr expandir la producción de soja RTRS a 400.000 hectáreas, en la región NOA.

Materiales y Métodos

La metodología usada es el método del caso, perteneciente a la epistemología fenomenológica, la misma permite ofrecer explicaciones o interpretaciones sobre el fenómeno investigado, simplemente hacer una descripción, explorar sus características y funcionamiento o hacer una evaluación (Merriam, 1988: 28-29; Yin 1994: 38). La formulación de las soluciones provisionales y su papel cambiará en función de estos objetivos. Se plantea principalmente a partir de las preguntas ¿Cómo? y ¿Por qué? (Yin 1994:38) En este trabajo los objetivos 1 y 2 se vinculan al ¿Cómo? y el 3 a los ¿porqué? Los datos presentados surgen de información primaria, secundaria, y entrevistas in situ.

Resultados y discusión

1. Análisis del Esquema de Certificación de soja RTRS en relación a los objetivos de producción sustentable en términos ambientales, sociales y económicos

La Asociación Internacional de Soja Responsable es una iniciativa internacional fundada en Suiza, en el año 2006. Su objetivo es promover el uso y la producción de soja responsable, con el compromiso de los principales actores de la cadena de valor (productores, sector de industria comercio y finanzas y organizaciones civiles), que mediante la creación de una norma mundial y un esquema de certificación, asegure la producción de soja en forma sustentable.

El estándar RTRS, se basa en la sustentabilidad económica, social y ambiental, por medio de requerimientos, como la preservación de aéreas de alto valor de conservación, el evitar nuevas deforestaciones, al poner un límite a las posteriores al 2008, el aseguramiento de las condiciones de trabajo justas y el respeto a los reclamos por la tenencia de la tierra.

Así mismo, tiene características distintivas de otros esquemas relacionados a la producción de soja, tales como:

1) La posibilidad de ser aplicado en cualquier lugar del mundo, siendo las regiones más involucradas en la producción América del Sur, India y China

2) Puede ser aplicado a la producción de soja con cualquier tipo de destino, ya sea para consumo humano, animal, o biocombustibles

3) La certificación puede ser alcanzada por todo tipo de productor, sin importar el tamaño, habiendo posibilidades del acceso a la certificación grupal

4) Se puede aplicar a todo tipo de producción, sea genéticamente manipulada, convencional u orgánica.

5) El estándar responder a las metas globales de sustentabilidad, permitiendo el acceso a mercados de altos valor como los principales países de la Unión Europea importadores de soja.

Entre los beneficios, se observan mejoras en la rentabilidad, debido al sistema de premios vigente (llego a 4/5 usd/tn), en la competitividad y /o accesos a mercados por medio de la diferenciación que otorga la certificación, en la mayor eficacia y eficiencia de la gestión, mediante el registro ordenado de datos y capacitación al personal, lo que permite el crecimiento, la innovación y la previsión de contingencias. Si bien el premio puede bajar en el futuro, una certificación de este estilo puede llegar a ser un requisito para acceder a mercados en el futuro.

El esquema se basa en cinco principios generales, desarrollados por un grupo de trabajo de múltiples partes interesadas, aprobados en Junio 2010. Los principios y criterios son:

1 Cumplimiento legal de las buenas prácticas empresariales
2- Condiciones laborables responsables
3- Relaciones responsables con la comunidad
4- Responsabilidad ambiental
5- Cumplimiento de las buenas prácticas agrícolas

Los mismos se subdividen en criterios con sus correspondientes indicadores que en términos medibles permiten dar conformidad a la certificación.

Actualmente, la RTRS cuenta con casi 160 miembros provenientes de países de todo el mundo. Los miembros del Comité Ejecutivo son elegidos por dos años en forma anual por la Asamblea General para los tres diferentes estamentos: Productores, Industria, comercio y finanzas, y Sociedad Civil, los cuales son representados equitativamente.

2. Analizar la adopción por parte de los productores del esquema RTRS en la región y evaluar los incentivos existentes.

La campaña 2010-2011 fue la primera en la cual, se implemento el estándar por parte de la firma, con 12.067 has. certificadas, duplicando la superficie en dos años, 25.104 has.

La búsqueda de adhesión de productores de la región al esquema, no solo se basó en el fomento del mismo, por medio de la difusión de las ventajas que presenta; sino que también, aportó los fondos necesarios para la financiación y el apoyo de técnicos y especialistas.

La firma creó alianzas estratégicas con organismos internacionales, promotores del aumento de la producción de soja certificada, uniéndose al programa ¨Soy Fast Track Fund¨. Este fue creado por la Iniciativa del Comercio Sostenible, (IDH, por sus siglas en Ingles), y realiza las acciones para que los productores logren la certificación de RTRS, mediante el financiamiento económico. Así, colabora con quienes deseen desarrollar su producción, bajo los principios propuestos por RTRS. El Fondo, se alinea con inversiones, ya sea por parte de productores, procesadores o compradores. Los proyectos pueden ser propuestos por cualquiera de los actores de la cadena de suministro. La ONG Solidaridad, es la encargada de gestionar los fondos destinados por el programa en América Latina. El mecanismo de acción, es por medio del

financiamiento de un máximo del 50% del costo, siendo el resto aportado por el sector privado. (Cabezas Arreseigor; Vilella F., 2013)

En enero de 2011, se aprobó el proyecto, presentado por Viluco SA para implementar la norma RTRS entre los productores que entregan su soja en la Planta de Frías. Con esta acción la firma generó estímulos eficaces al hacerse cargo de las inversiones necesarias para alcanzar la certificación. Los costos involucrados en el proyecto son los correspondientes al personal (técnicos, asesores), capacitaciones, análisis de semillas, suelo, y agua, estudio de imágenes satelitales, carteles indicadores varios, Pre- Auditorias y Auditorías Externas.

En la campaña 2011-2012, se certifican por primer vez 3.200 has ajenas a la firma, logrando 4.096 tn, con un bajo rendimiento por efecto de la sequía; todas las cuales fueron adquiridas por la Firma. A partir de la implementación del proyecto coordinado entre Viluco SA y la ONG Solidaridad, se posibilitó un mayor avance de soja RTRS.

En 2012 se certificaron 44.424 hectáreas del NOA, pertenecientes el 56% a la firma y el resto a los productores que reciben el apoyo técnico y financiamiento. (Cuadro 2)

Cuadro 2: Certificación RTRS en la región del NOA

	PROPIO			**TERCEROS**		**TOTAL**	
Campaña	Has	Rendimiento	Tn	Has	Tn	Has	Tn
2010-2011	12067	3	36201	0	0	12067	36201
2011-2012	25104	1,28	32133	3200	4096	28304	36229
2012-2013	25104	0,9	22593	19320	17388	44424	39981

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la empresa demandante, Viluco SA.

El cumplimiento del sistema de calidad especificado por el estándar, generó orden y el registro ordenado en los establecimientos. Hubo mejoras en infraestructura interna, en los 25 establecimientos participantes se construyeron depósitos para los agroquímicos, depósitos de semillas, docks de residuos, los envases de productos químicos son perforados y sometidos a triple lavado. Se establecieron módulos sanitarios completos, respetando las condiciones de salud e higiene de los trabajadores permitiendo un mayor bienestar.

Se brindaron capacitaciones 75 trabajadores agrarios por un total de 80 horas, en temas como el uso y cuidado de elementos de protección personal, toxicidad de agroquímicos, normas de seguridad, uso de matafuegos, procedimientos ante emergencias, primeros auxilios, norma RTRS, ley de trabajo agrario, correcta lectura del recibo de sueldo, política de la empresa y beneficios, procedimiento de sanciones y suspensiones, y la evaluación de riesgo; siendo examinados mediante cuestionarios orales, por los auditores.

La certificación tiene un gran componente social, implica el cumplimiento responsable de las condiciones laborales y las acciones con la comunidad .El 100% de los trabajadores rurales, que pertenecen a los campos, se encuentran registrados, al amparo de la ley del Trabajador Agrario 26.727, en una zona donde es poco frecuente. Esto implica, por ejemplo, que disponen de obra social para su grupo familiar, y aportes jubilatorios.

Las acciones de Responsabilidad Social Empresaria (RSE) son canalizadas por la Fundación Vicente Lucci .Realizaron un análisis y diagnóstico de la sociedad local, que identificó grandes falencias educativas. Por eso colaboran con 10 escuelas, beneficiando a 2400 niños con programas de educación, junto al Municipio de Frías se desarrolló el programa ¨Un verano diferente¨ en comedores a los que asisten 945 chicos; donaron bibliotecas a la Secretaría de Educación de Frías, un laboratorio completo a la Escuela Inmaculada Concepción y 2 autobombas completas a los bomberos.

En cuanto a la gestión ambiental, y el desarrollo de buenas prácticas agrícolas, se lograron esquemas de rotación sustentables; estimulando la relación 50% Soja – Maíz, donde el maíz se comportó mejor, por un mayor ajuste del ciclo a las escasas lluvias, logrando buenos rindes. El uso de agroquímicos fue reducido, con un uso más racional y moderado, hecho verificado por los auditores. Se realizó un importante estudio, sobre la biodiversidad forestal y de mamíferos, en conjunto con el Instituto de Ecología Regional, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, el cual constituye una herramienta de manejo del impacto de la actividad agrícola sobre la biodiversidad.

Con respecto al flujo físico de soja, se ha obtenido un premio sobre el precio del mercado, de 4 usd/tn. (Año 2012), lo que es significativo para un negocio de pequeños márgenes. En lo que respecta a la industria, la venta de biodiesel sustentable a la Unión Europea en 2011 y 2012 ha logrado premios de entre los 30 usd y 100 usd/tn; siendo un importante estimulo para la producción. Cabe destacar, que estos síntomas del mercado pueden llegar a ser contradictorios, ya que si bien, por el momento la diferenciación de la producción, ofrece mejoras en la rentabilidad; si la producción de soja certificada aumentará de manera exponencial, dejaría de ser una speciality para convertirse en un commodity, por lo que el sistema de premios se reduciría o desparecería. En la UE, la certificación, se podría exigir como un requisito o transformarse en una barrera paraarancelaria.

Hasta la fecha, 29 productores de soja (y organizaciones de productores que representan a muchos pequeños productores) han completado el proceso de certificación RTRS, que da como resultado casi 374.000 hectáreas bajo certificación y 1 millón de toneladas de soja responsable certificada en el mercado mundial. El NOA argentino representa el 12 por ciento de la superficie mundial total actual.

Países de la UE y firmas como Unilever (Brasil) se compromete a que el 100% de su consumo sea de soja RTRS en el 2015; la firma Neveri (Holanda) ya compro más de 85.000 tn de soja certificada a Brasil y la industria holandesa en su conjunto anunció que en 2015 comercializara solo soja RTRS. Suiza por su parte considera que en el 2014 el total de sus importaciones serán de soja certificada. Waitrose, un supermercado del Reino Unido, se comprometió que en 2015 solo utilizara soja responsable en marcas propias.

3. Analizar el impacto y las condiciones necesarias, para lograr expandir la producción de soja RTRS a 400.000 hectáreas, en la región NOA.

Desde el inicio de la actividad la planta industrial Viluco SA, no ha alcanzado aun su nivel potencial de crushing, explicado por diferentes limitantes, principalmente de tipo ambiental e institucional. La planta, tiene una capacidad de molienda para 3.000 tn. de soja por día, llegando a 1 millón de toneladas en el año calendario. El objetivo de la firma, se basa en ser sustentables en todas las etapas del proceso productivo, teniendo como principal propósito que la soja utilizada para la molienda, provenga de campos certificados de la región del NOA. Hasta la actualidad solo el 9,8% de la soja utilizada ha sido con certificación RTRS. (Cuadro 3)

Los últimos años, han sido desfavorables para el NOA, por efecto de la sequía, lo que generó una merma importante en los rendimientos, frente al promedio histórico de 2,5 tn/has (Cuadro 2). A pesar de la baja en los montos totales, la certificada aumento un poco su volumen y aumento el porcentaje sobre el valor total. El objetivo de completar la capacidad potencial de la industria con soja RTRS, presume que 400.000 has sean certificadas (considerando un rinde sin sequía de 2,5 tn/ha promedio de la región). Este valor que puede ser ambicioso, ya que igualaría el total mundial actual, sin embargo es una fracción de lo que se espera aumente la demanda de estos productos.

Cuadro 3: Soja RTRS y Soja Total Molida por Viluco SA, desde 2011 hasta junio/2013

	Soja Total Molienda	Soja Tradicional	Soja RTRS	Porcentaje de Soja RTRS
2010-2011	698.213	662.012	36.201	**5%**
2011-2012	365.210	328.981	36.229	**10%**
2012-2013	191.181	151.200	39.981	**21%**

Elaboración propia, en base a datos proporcionado por responsables de la planta industrial.

La cantidad de 75 trabajadores agrarios, podría pasar a más de 675, solo en forma directa, amparados por la ley y con los derechos que otorga el trabajo registrado. Ellos y sus respectivas familias, (más de 3000 personas en total) verían crecer su nivel de vida.

El apoyo a la comunidad, podría crecer sustancialmente, colaborando con un mayor número de escuelas, comedores centros comunitarios e instituciones sociales. Hasta el momento 3.500 chicos por año, reciben planes vinculados a su crecimiento y desarrollo, por lo que se podría estimar que la cifra aumentará sustancialmente en el futuro.

El uso de agroquímicos, disminuyó considerablemente, logrando el uso eficiente y cuidado del medio ambiente; el nivel de rotaciones promedio fue del 50% Soja – Maíz, frente a la media regional de 65% de suelo destinado de soja. La expansión de las buenas prácticas agronómicas, sobre 315.000 has más, implicaría mejoras sustanciales en el cuidado del recurso suelo, la biodiversidad, y el ambiente.

El nivel de rentabilidad de la soja, por parte de los productores, se vio beneficiado por el premio recibido en la liquidación de venta, contando con el activo intangible, que constituye la certificación. Hasta el momento por la venta física, se logro 4 usd/tn, con 1 millón de toneladas serian 4 millones de dólares adicionales para los productores.

Este oportuno escenario, se plantea aun con pocas posibilidades de ser logrado en el corto plazo, considerando el contexto actual. Cuando el grupo empresario diseño el proyecto, y lo ejecuto en el año 2010, el ambiente institucional era distinto, así como las proyecciones sobre el mismo. La cuantiosa inversión en infraestructura, y el armado de un esquema de negocios que permitiera el crecimiento y el desarrollo para la región del NOA de forma sustentable, aspiraban a poder tener una continuidad en el tiempo de las reglas de juego, cosa que no ocurrió.

En este último tiempo, la continuidad del proyecto se encuentra afectada y en riesgo. El primer gran golpe a la industria del biodiesel fue cuando España en mayo 2012, luego de la expropiación de YPF por parte del gobierno argentino, comienza a impedir la importación de biodiesel, cerrando así la posibilidad de exportación desde Argentina, representaba el 70% de las exportaciones de Argentina. Este hecho, se agudiza, considerado la importancia del mercado español en la valorización de certificaciones de sustentabilidad que ofrece Viluco SA. En octubre del mismo año, en Argentina se produjo una baja del 15% en el precio interno de la tonelada del biodiesel, pasando de $ 5.195 a $ 4.405,3, y el aumento de las retenciones a la exportación, desde un 14% hasta una tasa efectiva del 24%; lo que perjudico aun más el panorama. El efecto no deseado de esa medida fue el inicio de una crisis sin precedente de las pymes productoras. El rechazo que tuvo la decisión obligó luego a elevar el precio a $4.661 la tonelada. Seguidamente a fines de noviembre, el gobierno a través de la Secretaría de Energía, decidió segmentar los precios del biodiesel en tres niveles, mejorando los valores de venta que recibían las pymes del sector, que habían cerrado.

La resolución indica que las firmas que producen hasta 20.000 toneladas al año cobrarán $ 5.333,29 por tonelada; las que van desde 20.000 hasta 100.000 toneladas cobrarán $ 5.182,53, y las empresas que elaboran más de 100.000 toneladas tendrán un precio de $ 4.565,34. Esos

precios se aplican en forma retroactiva desde la segunda quincena de enero 2013 y son variables y no conocidos por la industria al momento de la entrega.

Esta nueva regulación afecta fuertemente a Viluco SA que en las últimas campañas sumó la sequía que afecta a la región, que implico una fuerte baja en la producción.

Luego del gran impulso y promoción dada a la producción de biocombustible desde mediados de la década pasada por este mismo gobierno, se torna confuso y contradictorio el nuevo paquete de medidas políticas, que dejan casi sin rentabilidad a la actividad. El corte de biodiesel en gasoil, en 2010 era del 5% y luego pasó al 7 %, con la promesa que en 2012 alcanzaría el 10%, lo que finalmente no ocurrió.

La producción de soja RTRS está estrechamente vinculada, con la industrialización de la misma, con destino a países importadores de alto valor, como los de la UE, ya que el mercado domestico, actualmente no tiene la capacidad de pagar por la misma. De este modo, por la situación antes descripta, el impulso de la RTRS, está sujeto a políticas institucionales de regulación y de promoción, hoy ausentes.

Conclusiones

La certificación representa un eje sobre el cual promover un proceso de desarrollo especialmente en una región retrasada económicamente, con desequilibrios en los sistemas productivos, con mal nivel de infraestructura y escasas opciones productivas. Constituye un activo intangible de gran importancia, generando competitividad y valor agregado tanto a la producción primaria como a la industrializada; permitiendo acceder a mercados de alto valor nivel de exigencias, como los principales países importadores de la Unión Europea.

La certificación RTRS, u otra similar que tenga reconocimiento internacional, tienen ventajas comerciales actuales y sobre todo futuras, ya que permite a los productores acceda a mejores precios, al igual que la industria procesadora, y en el futuro ser la llave para acceder a los mercados más sofisticados. El NOA argentino hoy ya representa el 12 por ciento de la superficie mundial total certificadas con RTRS.

Los productores al tener una demanda cierta tienen menores incertidumbres, en este caso acrecentada por Viluco SA que facilita el acceso a la certificación con acciones de asesoramiento y soporte financiero especifico.

Las industrias que colaboren con la agregación de valor en forma local, por ejemplo a la soja, generan nuevos escenarios productivos virtuosos que colaboran desarrollar el territorio.

El cumplimiento del estándar, generó orden y el registro ordenado en los establecimientos, este y las capacitaciones y evaluaciones continuas al personal, lograron aumentar la eficiencia y eficacia del sistema productivo, permitiendo la previsión de contingencias.

Las políticas de fomento a la producción sustentable a nivel nacional, pueden ser un estimulo sustancial para que los productores adopten el esquema.

Las acciones de RSE la Fundación Vicente Lucci, canalizan las acciones sociales centradas en la educación y capacitación.

Emprendimientos como el analizado son ejemplo de desarrollo regional y deben ser preservados e imitados. El salto de escala de llegar a las 400 mil has representará un cambio sustantivo a la región

En el entramado que requiere el NOA para avanzar en su desarrollo, la implementación de estas estrategias de certificación, tiene mucho potencial y son virtuosas en sus diferentes dimensiones. Los principales desafíos, radican en la consolidación de un ambiente institucional que de un marco jurídico de seguridad para las inversiones y los proyectos de negocios.

Bibliografía

Cabezas Arreseigor; Vilella F. ¨*Analisis de la implementacion del Estandar RTRS, e ISCC, en el Noroeste Argentino*¨ Congreso COPIME, Ocutubre 2013

Cabezas Arreseigor; Vilella F. ¨I*mpactos economicos, sociales y ambientales en el Noroeste Argentino por la primer industria agregadora de valor local para Soja*¨ XLIV Reunion Anual de Economia Agraria, Octubre 2013

Castro y Saslavsky. ¨*Determinantes de la Inserción Internacional Provincial*¨; Revista de Economía y Estadística, Cuarta Época Vol. 47, No. 1(2009), pp. 163-190.

Félix Piacentini ¨*Desafíos en Economías Regional*¨, IERAL 2010 http://www.ieral.org/images_db/noticias_archivos/1907.pdf

INDEC, *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas*, 2010

Merriam, Shara B. (1998). ¨*Qualitative research and case study applications in education*¨. San Francisco: Jossey-Bass, 1998

Miembros de la RTRS, Secretariado de la RTRS y Proforest, ¨*Estándar RTRS de Certificación Grupal y Multi-sitio*¨, 2011

UIA ¨*La pobreza en el área más rezagada de Argentina: El Norte Grande*¨, Desarrollo regional 2011 www.uia.org.ar/download.do?id=3488

Vilella, F , Senesi, S; Dulce, E.; Daziano, M y Pérez San Martín, R. *"El sistema de Agronegocios de la soja en la Argentina, su cadena y prospectiva al 2020".* 1ª ed. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 2010

Yin, Robert K. (1994). ¨*Case Study Research. Design and Methods*¨. London: SAGE, 1994.

Páginas web visitadas

BOLSA DE CEREALES DE ROSARIO: http://www.bcr.com.ar/

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA: http://www.cepal.org/

GRUPO LUCCI: http://www.grupolucci.com.ar

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSO: http://www.indec.mecon.ar

MESA REDONDA PARA SOJA RESPONSABLE (RTRS): http://www.responsiblesoy.org

VILUCO SA: http://www.vilucosa.com.ar

ESTRUCTURA DE LA GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN BRASIL

PIZA, Mariana Wagner de Toledo[1]; BUENO, Osmar de Carvalho[2].

Facultad de Ciencias Agronómicas – UNESP. Calle José Barbosa de Barros nº 1780 Jardín Paraíso - Botucatu/SP, teléfono: (14) 38117193. E-mail de los autores: marywagner.adm@gmail.com[1], osmar@fca.unesp.br[2].

RESUMEN

Debido a la creciente preocupación con la escasez de sus recursos hídricos, Brasil, fundamentado en el modelo francés (1960), instituyó en 1997 la Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a través de la Ley nº 9.433, basándose en el agua como recurso natural limitado y dotado de valor económico; esta ley incluso formuló una estructura proponiendo la gestión de estes recursos. El objetivo del presente trabajo es presentar las partes que constituyen la estructura de gestión de recursos hídricos en Brasil, abordando de manera general como ella es realizada. Por medio de investigaciones bibliográficas junto a la legislación, instituciones gubernamentales, secretarías y órganos envueltos en este proceso de gestión, fue posible la presentación del organigrama y además, se llegó a la conclusión de que es necesario que cada órgano desarrolle su papel y que las acciones entre ellos sean integradas, pues así es posible la mediación y la mitigación de los conflictos referentes al uso del agua.

Palabras Clave: Gestión; Recursos Hídricos; Gestión de Recursos Hídricos.

ABSTRACT

Due to the increasing concern with scarcity of water resources, Brazil, based on the french model (1960), instituted in 1997, the National Policy of Water Resources (PNRH) by the Law number 9,433, based on water as limited natural resource and endowed of economic value. This law yet formulated a structure for the management of these resources. The purpose of this study is to present the parts that constitute the structure of water resources management in Brazil, adding in general how the management of these is done. Through bibliographic researches by the legislation, government institutions, departments and agencies involved in the management process, it was possible the presentation of the organization chart and also, it was concluded that it is necessary that each organ meets his role and actions among them be integrated, so that it is possible the mediation and mitigation of conflicts concerning the use of the waters.

Key words: Management; Water Resources; Management of Water Resources.

INTRODUCCIÓN

El agua es fundamental a la vida y mantiene el equilibrio del medio ambiente, pero era vista por todos como un recurso infinito.

Son considerados recursos hídricos las aguas superficiales y subterráneas, constituyéndose en bienes públicos que toda persona física o jurídica tiene derecho al acceso y utilización, competiendo al Poder Público su administración y control (ANA 2013).

Brasil posee situación privilegiada en relación a su disponibilidad hídrica, pero aproximadamente 70% del agua dulce del país se encuentra en la región amazónica, que es habitada por menos de 5% de la población. La idea de abundancia sirvió por mucho tiempo como soporte a la "cultura del desperdicio" del agua disponible, a la poca valoración como recurso y al alejamiento de inversiones de capitales necesarios a la optimización de su utilización (SETTI et al. 2001).

Basado en el modelo Francés (1960) de gobernanza del recurso hídrico y en la política hídrica del Estado de São Paulo (1991), Brasil en 1997 instituyó la Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a través de la Ley nº 9.433/97, basándose en el agua como recurso natural limitado y dotado de valor económico. El artigo 32 instituye la creación del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos objetivando la coordinación de la gestión integrada de las aguas; mediación administrativa de conflictos relacionados con los recursos hídricos; implementación de la Ley 9.433/97; planificación, regularización y control del uso, prevención y recuperación de los recursos hídricos e, incluso, promoción del cobro por el uso del agua (BRASIL 1997).

Como objetivo el presente artigo pretende presentar una estructura de gestión de Recursos Hídricos en Brasil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Por medio de la investigación de la legislación pertinente a la gestión de recursos hídricos y además, junto al Ministerio del Medio Ambiente, fue posible encontrar los órganos que integran este proceso de gestión y sus funciones. Al tratarse del nivel estatal, se llevó en cuenta la estructura de gestión de los Recursos Hídricos del Estado de São Paulo en este proceso, de todo ese trayecto resulta el presente artículo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Ley nº 9.433/97, también conocida como Ley de las Aguas, instituye la Política Nacional de Recursos Hídricos. Ella creó el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos y reglamentó el inciso XIX del artículo 21 de la Constitución Federal (BRASIL 1997). Este, a su vez, previó la institución del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos y definió criterios de otorgamiento de derechos de utilización del agua (BRASIL 1988).

El artículo 32 de la Ley de las Aguas instituyó la creación del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos que tiene como objetivos:

- Coordinar la gestión integrada de las aguas;
- Arbitrar administrativamente los conflictos relacionados con los recursos hídricos;
- Implementar la Política Nacional de Recursos Hídricos;
- Planear, regular y controlar la utilización, la prevención y la recuperación de los recursos hídricos y;
- Promover cobro por el uso de los recursos hídricos (BRASIL 1997).

Para alcanzar los objetivos citados arriba, Brasil cuenta con una estructura que puede ser observada en el organigrama que está presentado en la Figura 1.

Figura 1 - Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (MMA 2013).

Órganos Integrantes del Sistema Brasileño de Gestión de Recursos Hídricos

Al siguiente es presentado un resumen sobre las partes que componen el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos:

MMA - Ministerio del Medio Ambiente, creado en noviembre de 1992, tiene la misión de promover la adopción de principios y estrategias para el conocimiento, la protección y la recuperación del medio ambiente, el uso sustentable de los recursos naturales, la valorización de los servicios ambientales y la inserción del desarrollo sustentable en la formulación y en la implementación de políticas públicas, de forma transversal y compartida, participativa y democrática, en todos los niveles e instancias del gobierno y de la sociedad (MMA 2013).

Los asuntos de competencia del Ministerio del Medio Ambiente son dispuestos en la Ley nº 10.683, de 28 de mayo de 2003, como sigue:

- Política nacional del medio ambiente y de los recursos hídricos;
- Política de preservación, conservación y utilización sustentable de ecosistemas, y biodiversidad y florestas;
- Proposición de estrategias, mecanismos e instrumentos económicos y sociales para la mejora de la calidad ambiental y el uso sustentable de los recursos naturales;
- Políticas para la integración del medio ambiente y de la producción;
- Políticas y programas ambientales para Amazonia Legal y;
- División de zonas ecológico-económicas (MMA 2013).

SRHU - La Secretaría de Recursos Hídricos y Ambiente Urbano del Ministerio del Medio Ambiente es el órgano del gobierno federal responsable por los procedimientos de gestión de los Recursos Hídricos y Ambiente Urbano. Sus acciones tienen el agua como elemento propulsor e integrador, fundamentándose en la integración de políticas, sustentabilidad socio-ambiental y en el control y participación social. Para desempañar sus atribuciones cuenta con 3 departamentos; son ellos:

- Departamento de Recursos Hídricos (DRH);
- Departamento del Ambiente Urbano (DAU) y;
- Departamento de Revitalización de Cuencas Hidrográficas (DRB) (MMA 2013).

En el área de recursos hídricos, objeto de este estudio, se destaca el Plan Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), siendo este un amplio pacto que propone el fortalecimiento del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (SINGREH) y la gestión sustentable de las aguas en Brasil, coordinado por la SRHU. Aprobado en 2006, su primera etapa de implementación fue entre 2008 y 2011, con la consolidación de 13 programas (33 subprogramas) que envuelven actores institucionales de los tres ejes gubernamentales, de los sectores usuarios de recursos hídricos y de la sociedad civil organizada (MMA 2013).

La SRHU/MMA también coordina, en conjunto con otros 16 ministerios, el Programa de Revitalización de Cuencas Hidrográficas, que tiene como objetivo promover la recuperación, la conservación y la preservación de las cuencas hidrográficas nacionales en situación de degradación ambiental; además de la prevención y disminución de potenciales impactos decurrentes de la implantación de proyectos y de la creciente acción humana con elevado comprometimiento ambiental de esas cuencas hidrográficas (MMA 2013).

Ya en el área de gestión ambiental urbana, tema recientemente incorporado por la Secretaría, el Ministerio es el coordinador del Programa de Residuos Sólidos Urbanos (PNRS), que tiene actuación con foco en el apoyo al desarrollo de los procesos de gestión y gerenciamiento adecuado de residuos, en busca de posibles alternativas para los graves problemas ambientales y de salud. La SRHU/MMA también ejerce el papel de secretaría ejecutiva del Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), presidido por el ministro de Estado del Medio Ambiente (MMA 2013).

CNRH - El Consejo Nacional de Recursos Hídricos desarrolla actividades desde junio de 1998, ocupando la instancia más alta en la jerarquía del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, instituido por la Ley nº 9.433, de 8 de enero de 1997. Consiste en un colegiado que desarrolla reglas de mediación entre los diversos usuarios del agua siendo, así, uno de los grandes responsables por la implementación de la gestión de los recursos hídricos en el país. Por articular la integración de las políticas públicas en Brasil, es reconocido por la sociedad como dirigente para un diálogo transparente en el proceso de decisiones en el campo de la legislación de recursos hídricos.

Se puede citar como sus principales competencias:

- Analizar las propuestas de cambios en la legislación pertinente a los recursos hídricos;
- Establecer directrices complementares para la implementación de la Política Nacional de Recursos Hídricos;
- Promover la articulación del planeamiento de recursos hídricos con los planeamientos nacional, regional, estatal y de los sectores usuarios;
- Arbitrar conflictos sobre recursos hídricos;
- Deliberar sobre los proyectos de aprovechamiento de recursos hídricos cuyas repercusiones excedan el ámbito de los Estados en que serán implantados;
- Aprobar propuestas de institución de comités de cuenca hidrográfica;
- Establecer criterios generales para otorgamiento de derecho al uso de los recursos hídricos y para cobro por su utilización y;
- Aprobar el Plan Nacional de Recursos Hídricos y acompañar su ejecución (CNRH 2013).

ANA: Agencia Nacional de las Aguas tuvo su creación con la Ley nº 9.984/2000. Es una agencia compleja, ya que, además de la función de reguladora del uso del agua bruta en los cuerpos hídricos de dominio de la Unión, tiene incluso la atribución de coordinar la implementación de la Política Nacional de Recursos Hídricos, cuya principal característica es garantizar la gestión democrática y descentralizada de los Recursos Hídricos. Esta Agencia es una autarquía bajo régimen especial, con autonomía administrativa y financiera, vinculada al Ministerio del Medio Ambiente, administrada por un Junta Colegiada (ANA 2013).

Agencia de Cuenca: Entidad jurídica con estructura administrativa y financiera propia creada para las cuencas hidrográficas donde los problemas relacionados a los recursos hídricos así se lo justifica. Creado por decisión del Comité de Cuenca Hidrográfica (CBH) y aprobado por el Consejo Estatal de Recursos Hídricos - CRH (SÃO PAULO 2006).

CBH: Comisión de Cuenca Hidrográfica, nivel federal, es creado cuando se trata de un río de dominio de la Unión, cuya cuenca hidrográfica abarca dos o más Estados de la Federación, así, la gestión de los recursos hídricos de la cuenca debe apoyarse en la integración y en la articulación del planeamiento en diversos ámbitos de los Sistemas de Gestión de Recursos Hídricos Estatales y Nacional (CBH PARANAPANEMA 2013).

Para discurrir a respecto del dominio estatal del Sistema de Gestión de Recursos Hídricos trataremos del Estado de São Paulo, así, este sistema cuenta con las siguientes estructuras:

CERH: Consejo Estatal de Recursos Hídricos, colegiado decisorio del Sistema Integrado de Gestión de Recursos Hídricos. Para alcanzar la efectiva ejecución de esa política fueron creados mecanismos básicos que buscan responder a las cuestiones fundamentales para la Gestión de los Recursos Hídricos. Son ellos: Plan Estatal de Recursos Hídricos (PERH), Fondo Estatal de Recursos Hídricos (FEHIDRO), Sistema Integrado de Gestión de Recursos Hídricos (SIGRH) con sus colegiados decisorios: Consejo Estatal de Recursos Hídricos (CRH) y los Comités de Cuencas Hidrográficas (CBHs) (SIGRH 2013).

Secretaría del Estado: En el caso del Estado de São Paulo esta secretaría es la Secretaría de Saneamiento de Recursos Hídricos (SSRH) con sus atribuciones definidas por los Decretos nº 47.906, de 24 de junio de 2003, Decreto nº 51.460/2007 y Artigo 62 de la Ley Complementar Estadual nº 1.025/2007 (SÃO PAULO 2013).

Entidades Estaduales: Todavía en el caso del Estado de São Paulo, el Departamento de Aguas y Energía Eléctrica (DAEE) es el órgano gestor de los recursos hídricos. Para mejor desarrollar sus actividades, y ejercer sus atribuciones conferidas por ley, actúa de manera descentralizada, en el atendimiento a los municipios, usuarios y ciudadanos, ejecutando la Política de Recursos Hídricos del Estado de São Paulo, así como coordina el Sistema Integrado de Gestión de Recursos Hídricos, en los termos de la Ley nº 7.663/91, adoptando las cuencas hidrográficas como unidad físico-territorial de planeamiento y gestión (DAEE 2013).

CBH: Comité de Cuenca Hidrográfica, nível estadual. Los comités de cuenca son fueros deliberativos creados por el poder ejecutivo para la gestión de las aguas de una cuenca hidrográfica. Su principal competencia es garantizar el uso planeado y múltiplo de las aguas por intermedio de la implementación del Plan de Recursos Hídricos de la Cuenca. Le toca al Comité la aprobación final de este plan, lo que permitirá a los poderes públicos competentes definir criterios para la regulación de los usos de las aguas en la cuenca (ANA 2013).

Los comités de cuenca hidrográfica son, de este modo, la base del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos. En ellos son debatidas las cuestiones relacionadas a la gestión de las aguas de manera descentralizada, garantizando la participación del poder público, de los usuarios del agua y de las organizaciones de la sociedad civil.

El cumplimiento de las atribuciones de los comités se propone permitir:

- La gestión sistemática de los recursos hídricos, sin disociación de los aspectos de calidad y cantidad;
- La utilización racional de los recursos hídricos;
- La articulación de las acciones de los gobiernos de los municipios, de los Estados o de la Unión y de las políticas sectoriales de los usuarios y;
- La integración de la gestión de recursos hídricos con la gestión ambiental.

Son también competencias de los comités, establecidas por la Ley de las Aguas:

- Arbitrar los conflictos relacionados a los recursos hídricos en la cuenca hidrográfica;
- Acompañar la ejecución del plan y sugerir las providencias necesarias para el cumplimento de sus metas;
- Establecer los mecanismos de cobro por el uso de recursos hídricos y sugerir los precios que serán cobrados;
- Indicar la entidad que ejercerá las funciones de agencia de aguas de la cuenca y;
- Definir las inversiones que serán implementadas con la aplicación de los recursos de cobro (ANA 2013).

La división hidrográfica del Estado de São Paulo comprende 22 Unidades de Gestión de Recursos Hídricos (UGRHI), en las cuales actúan 21 Comités de Cuencas Hidrográficas (CBH) - dos UGRHI optaran por unirse formando un sólo Comité de Cuenca, como es el caso del Comité de las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Aguapeí y Peixe (SÃO PAULO 2006); esta división es expuesta a través de la Figura 2.

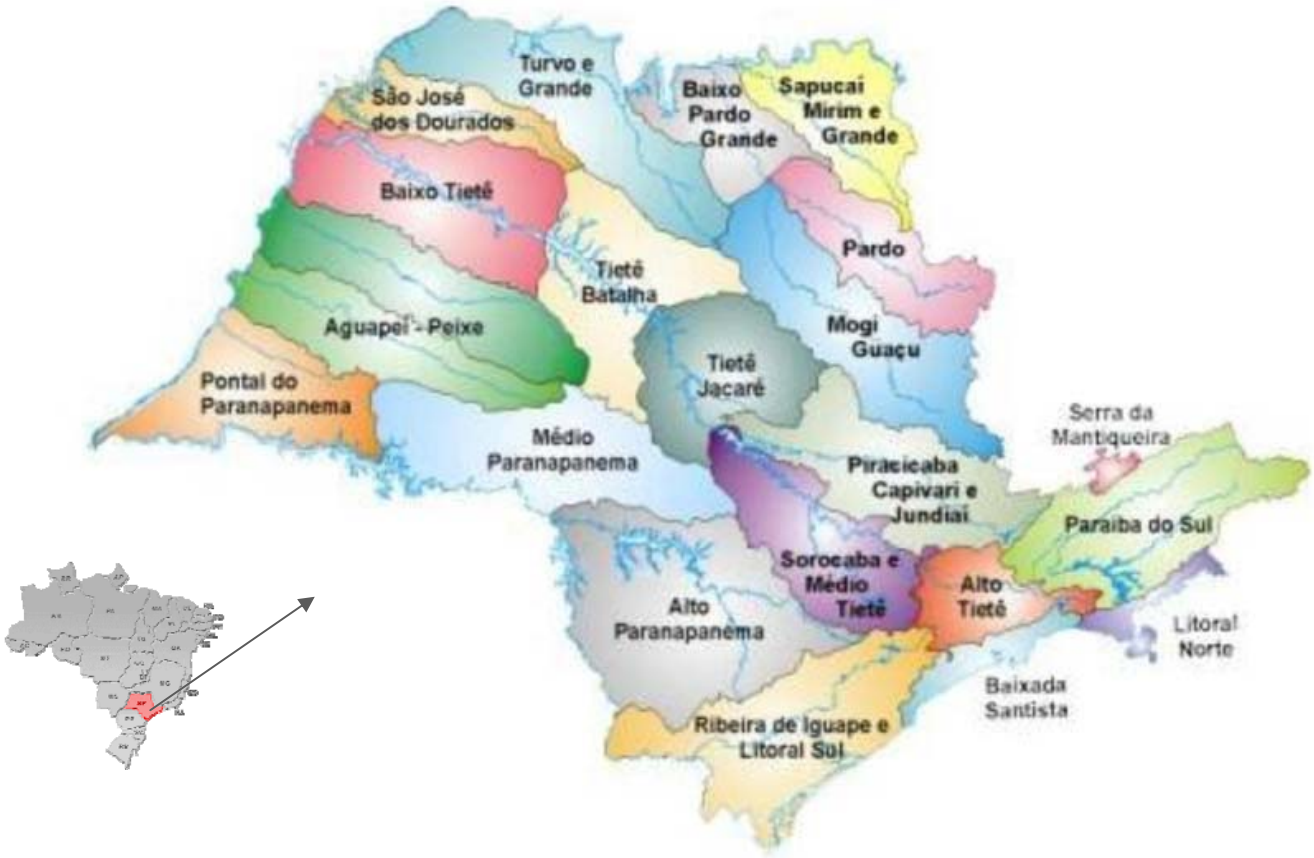


Figura 2 – División del Estado de São Paulo en 21 comités de Cuencas Hidrográficas. (adaptado desde NATUREZA 2013).

Proceso de Otorgamiento

El otorgamiento de derecho a la utilización de recursos hídricos es uno de los seis instrumentos de la Política Nacional de Recursos Hídricos; así, cuando un ciudadano o empresa decide utilizar los recursos hídricos, tendrá que solicitar una autorización, concesión o licencia (otorgamiento) al Poder Público. El uso de que hablamos se refiere, por ejemplo, a la construcción de obras hidráulicas como represas, a la captación de agua para proceso industrial o irrigación, a la canalización de ríos, a la ejecución de pozos profundos, al lanzamiento de efluentes industriales o urbanos, etc. (ANA 2013).

El otorgamiento de derecho a la utilización o interferencia de recursos hídricos es un acto administrativo, de autorización o concesión, delante del cual el Poder Público permite al otorgado que utilice el agua por determinado tiempo, con finalidad y condición expresa en el respectivo acto, que puede ser emitido por órgano federal o estadual, dependiendo de la jurisdicción a la que el cuerpo de agua en cuestión pertenezca (ANA 2013).

Entonces, para cuerpos de agua de dominio de la Unión, la competencia para conferir el otorgamiento es prerrogativa de la ANA, según la Ley nº 9.984/2000. Ya los cuerpos hídricos de dominio de los Estados y del Distrito Federal, la solicitación del otorgamiento debe ser hecha al órgano gestor estadual de recursos hídricos. Para solicitar un otorgamiento el interesado deberá registrarse en Catastro Nacional de Usuarios de Recursos Hídricos, imprimir y enviar la Declaración de Uso generada por el sistema, rellenar los formularios de solicitación de otorgamiento y enviarlos, por el Correo, a la dirección disponible en el sitio web de la ANA. Antes del envío del pedido de otorgamiento es necesario consultar las Resoluciones que normatizan los procedimientos de otorgamiento en el ámbito de la Agencia Nacional de Aguas (ANA 2013).

Ya para cuerpos de agua de dominio estadual, toca el poder de otorgamiento, en el Estado de São Paulo, al DAEE, por intermedio del Decreto 41.258, de 31/10/96, de acuerdo con el artículo 7º de las disposiciones transitorias de la Ley 7.663/91. Para obtener el otorgamiento de derecho de utilización de los recursos hídricos es necesario que esta sea requerida por medio de formularios propios, disponibles en la Dirección de Cuenca del DAEE, escogida conforme el Estado donde se ubica el uso, donde también obtendrá informaciones referentes a la documentación y a los estudios hidrológicos necesarios (DAEE 2013).

CONCLUSIONES

Brasil, con la creciente preocupación con la escasez de sus recursos hídricos, formuló una estructura con el objetivo de gestionar estes recursos. De esta manera, es necesario que cada órgano cumpla su papel y que las acciones entre ellos sean integradas, pues así es posible la mediación y la mitigación de los conflictos referentes al uso del agua.

La estructura actual creada por el gobierno brasileño permite, además, la jerarquización de las prioridades de usos dentro del concepto de usos múltiplos, así como la mediación técnica y administrativa de eventuales casos omisos.

La presentación del sistema de gestión y de los órganos integrantes fue posible, mostrando así el papel de cada parte para que sea viabilizada la utilización racional e integrada de los recursos hídricos y asegurada así, la necesaria disponibilidad de agua en padrones cualitativos adecuados para los respectivos usos, tanto para la actual cuanto para las futuras generaciones.

REFERENCIAS

ANA. Agência Nacional das Águas. Perguntas Frequentes. Disponible en: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/acessoainformacao/perguntasfrequentes.aspx>. Acceso en: 04 abr. 2013.

ANA. Agência Nacional das Águas. Sobre a ANA. Disponible en:< http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/Default.aspx>. Acceso en: 04 abr. 2013.

ANA. Agência Nacional das Águas. Pedido de Outorga. Disponible en: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/outorgaefiscalizacao/agilize.aspx>. Acceso en: 09 abr. 2013.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Assembléia Constituinte, Brasília, DF, 2013. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acceso: en 27 jun. 2013.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Senado Federal, Brasília, DF, 2011. Disponible en: <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=145411>. Acceso en: 01 ago. 2011.

CBH PARANAPANEMA. Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema. Disponible en: < http://paranapanema.org/cbh/historico/apresentacao/>. Acceso en: 04 abr. 2013.

CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. Disponible en:< http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1>. Acceso en: 23 jul. 2013.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. O que é o DAEE. Disponible en: < http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=29>. Acceso en: 04 abr. 2013.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Conceitos. Disponible en:<http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=68%3Aoutorgas&catid=41%3Aoutorga&Itemid=30>. Acceso en: 21 maio 2013

NATUREZA, MÃE. Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs). Disponible en: <http://www.maenatureza.org.br/projetoeducando/folders/poster31_bacia_hidrografica_sp/index.htm>. Acceso em: 25 jul. 2013.

MMA. Ministério de Meio Ambiente. Apresentação. Disponible en: <http://homolog-w.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=157&idMenu=7631>. Acceso en: 23 jul. 2013.

MMA. Ministério de Meio Ambiente. Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponible en: <http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/sistema-nacional-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>. Acceso en: 04 abr. 2013.

MMA. Ministério de Meio Ambiente. Apresentação. Disponible en: <http://www.mma.gov.br/o-ministerio/apresentacao>. Acceso en: 04 abr. 2013.

SÃO PAULO. Legislação de Recursos Hídricos: Política Estadual. Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. São Paulo, DAEE, 2006. 96p.

SÃO PAULO. Regulamentação e Estrutura Organizacional. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.saneamento.sp.gov.br/crbst_16.html>. Acceso en: 04 abr. 2013.

SETTI, A. A. et al. Introdução ao gerenciamento dos recursos hídricos. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Superintendência de estudos e informações hidrológicas, 2001. 207p.

SIGRH. Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponible en: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/APRESENTACAO/CRH/11/ApresentacaoDoCRH.pdf>. Acceso en: 04 abr. 2013.

IMPORTANCIA ECONÓMICO-AMBIENTAL DE LA AISLACIÓN TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE EDILICIA EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN RELACIÓN A LAS CONDICIONES DEL CLIMA

Cecilia Fernanda Martinez

Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente (CEEMA) – FAU – UNT
Av. Kirchner 1800 – Tucumán – CP 4000 – Argentina
Tel. 0381-4364093 int 7914 cfernandamartinez@yahoo.com.ar

Resumen

La consideración de la capacidad de aislación térmica de la envolvente es uno de los aspectos, responsabilidad del proyectista, que tiene influencia en el comportamiento térmico del edificio y en su eficiencia energética, afectando tanto a aspectos monetarios relacionados al acondicionamiento artificial, como a aspectos cualitativos relacionados al confort, situación que también se refleja monetariamente, ya que, las malas condiciones de habitabilidad generan malestares psicofísico que afectan la salud de las personas, individual y socialmente. Dos componentes de los cerramientos exteriores que tienen una participación importante en la eficiencia energética, son la cubierta y las aberturas transparentes. Estos son dos puntos térmicamente vulnerables de la envolvente, tanto en clima cálido como en clima frío. Las aberturas son las superficies de menor resistencia térmica, por lo cual generan una importante transferencia de calor, siendo responsables de significativas pérdidas o ganancias. La cubierta, es el elemento de mayor exposición a la radiación solar durante el período cálido, generando una gran ganancia de calor, mientras que en el período invernal permiten la pérdida del calor de calefacción interior. La posibilidad de evaluar mejoras en los niveles de transmitancia térmica de estos componentes constructivos, aumentando la aislación en cubierta y utilizando carpinterías de doble vidriado hermético, su aporte a mejorar las condiciones de habitabilidad, buscando un mayor nivel de confort, y su influencia en el incremento del costo de la obra, resulta de relevancia para tomar una decisión adecuada al momento de seleccionar los materiales para componer la envolvente exterior. El software RETScreen, programa gratuito del Gobierno de Canadá, permite evaluar el ahorro en energía logrado con diferentes alternativas constructivas, la reducción de emisiones CO_2, la factibilidad económica de las propuestas con análisis de la taza interna de retorno y los plazos de amortización de los mayores costos por implementación de mejoras.

Palabras claves Aislación térmica, eficiencia energética, envolvente exterior, RETscreen.

Abstract

The consideration of the thermal insulation in exterior surfaces is one aspect that has influence in the thermal behavior buildings, having relevancy in aspects so much enough energetic as comfort. Two elements that have a significant importance in the thermal behavior buildings are roofs and windows, due to the fact that roof does not have enough insulation, for which it generates big losses and heat earnings and windows with simple glass, have a high heat transfer. To take suitable decisions on the use of materials to build efficient buildings it's necessary to know

the thermal characteristics of the same ones, but also it is important to be able to evaluate economically the improvements in the insulating capacity of these components in order to find the most effective solution considering the major costs of investment and the reached benefits. The software RETscreen, developed by the Canadian Government, with free access, it allows to evaluate the saving in energy achieved with different constructive alternatives, the reduction of CO_2 emission, the economic feasibility of the offers with analysis of the internal cup of return and the payback periods of the major costs for implementation of improvements.

Keywords Thermal insulation, energy efficiency, exterior surfaces, RETscreen.

Introducción

Los profesionales dedicados al proyecto y construcción de obras de arquitectura, tanto ingenieros como arquitectos, tienen un papel fundamental en el comportamiento energético de un edificio, como consecuencia de las decisiones de diseño y materialidad que deben asumir. La elección de los materiales con los cuales se dará forma a las construcciones edilicias, tiene un papel vital en el desempeño energético de la obra, siendo así que una mala decisión tomada en este aspecto puede generar consecuencias significativas, tanto económicas como de salud.

La toma de decisiones adecuadas debe fundamentarse en el conocimiento de las características y propiedades de los materiales, así como en su comportamiento térmico en relación a las condiciones climáticas del lugar de ubicación de la obra. Pero estos conocimientos no resultan suficientes en muchos casos, especialmente cuando se trata de cuestiones económicas que balancear, es decir lograr una buena eficiencia energética pero con costos económicos de inversión razonables.

Normalmente cuando se realiza la evaluación económica de un proyecto, solo se tienen en cuenta aquellos aspectos posibles de mensurar en relación al costo inicial de construcción y a la ganancia derivada de ello para las empresas constructoras. No se toman en consideración aspectos relevantes que influyen en la habitabilidad y el consumo energético para la obtención de condiciones de confort, aspectos que marcarán la vida de los usuarios de estas construcciones.

Contar con una herramienta con la que se pueda comparar las ventajas y desventajas, tanto económicas como ambientales, de diversas posibilidades de resolución constructiva de la envolvente de un edificio, permite disponer de un elemento más de juicio para llegar a tomar una decisión más adecuada en relación a los materiales a emplear. El programa RETscreen (Software de Análisis de Proyectos de Energía Limpia), de acceso gratuito, es una herramienta de apoyo para la toma de decisiones, desarrollada por el gobierno de Canadá a través del centro de investigación del CanmetENERGY de Quebec. El programa permite llevar a cabo el análisis de proyectos incluyendo, entre otros aspectos, análisis energético, de emisiones CO_2, y financiero, figura 1. El mismo cuanta con una base de datos climáticos extensa, da acceso a formación y consulta en línea, así como a diversos casos reales de análisis desarrollados en todas partes del mundo.

Figura 1: Pantalla inicial del programa RETscreen

Mejorar la eficiencia energética de la envolvente de los edificios supone un importante aporte a la reducción del consumo de energía en general, y también en la reducción de emisiones de CO_2 generadas por ello, ya que según datos de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable el 20,52% de los gases de efecto invernadero generados en Argentina, son producto del consumo medio de energía de cada individuo, figura 2.

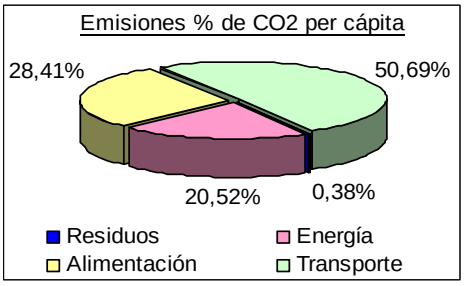


Figura 2. Emisiones CO_2 por sector (SAyDS, 2009)

Entre los componentes de la envolvente exterior de un edificio, la cubierta y las aberturas transparentes son de gran importancia desde el punto de vista térmico debido, en el caso de la cubierta a la poca aislación térmica que se les da, y en las aberturas por el uso de carpinterías de vidriado simple, condiciones que se demuestran en diversos trabajos y estudios realizados (Filipín y Flores, 2010; Casabianca y Castellano, 2009; Nota et al, 2003; Gonzalo et al, 2000a; Picción et al, 1998; Mascaró y Mascaró Raffo de, 1992), figura 3.

Figura 3. Análisis de cargas térmicas en edificio tipo de oficinas en S.M. de Tucumán (Nota et al, 2003)

Teniendo en cuenta esto es que se plantea el análisis de mejoras en las condiciones térmicas de estos dos componentes, considerando las condiciones climáticas de dos zonas diferentes y opuestas: San Miguel de Tucumán, con un clima cálido-húmedo (zona bioambiental II) y Río Gallegos, con un clima frío (zona bioambiental VI), figura 4, las que se evalúan con el uso del programa RETscreen.

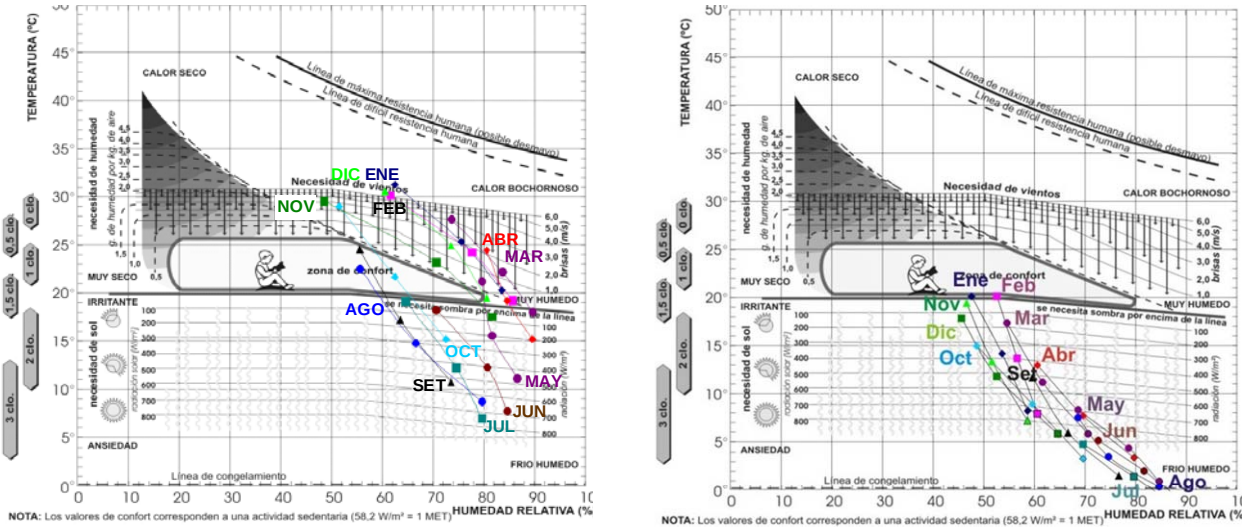


Figura 4. Gráficas de Olgyay para S.M. de Tucumán (izq.) y Río Gallegos (der.) (Gonzalo, 2003)

Metodología y datos de análisis

El estudio de mejoras se realiza sobre un proyecto de vivienda de tipo social. Tanto en el diseño de la vivienda, como en su agrupación en el conjunto, ya se han considerado su forma, orientación y diseño funcional teniendo en cuenta las estrategias bioclimáticas básicas para las dos zonas bioclimáticas adoptadas:

Zona bioambiental II

- *Verano*: 1- ventilación natural, 2- reducción de ganancias de calor a través de la envolvente.
- *Invierno*: 1- calefacción solar pasiva, mediante captación de radiación directa por superficies transparentes orientadas al norte, 2- evitar pérdidas de calor a través de muros y cubiertas.

Zona bioambiental VI

- *Verano* e *Invierno*: 1- calefacción solar pasiva, mediante captación de radiación directa por superficies transparentes orientadas al norte, 2- evitar pérdidas de calor a través de muros y cubiertas.

Las viviendas, de dos dormitorios, son de 58,8 m² cubiertos con una galería de aproximadamente 14,10 m². Las mismas se agrupan apareadas por una de sus medianeras, correspondiente al muro este u oeste. La orientación de los frentes principales de las mismas es norte-sur, manteniendo siempre el frente de locales principales hacia el norte, aunque el frente principal del terreno presente otra orientación de acceso, ya que la organización funcional de la vivienda permite mantener la mejor orientación para cualquier caso, evitando el espejado o rotación del diseño, figuras 5 y 6.

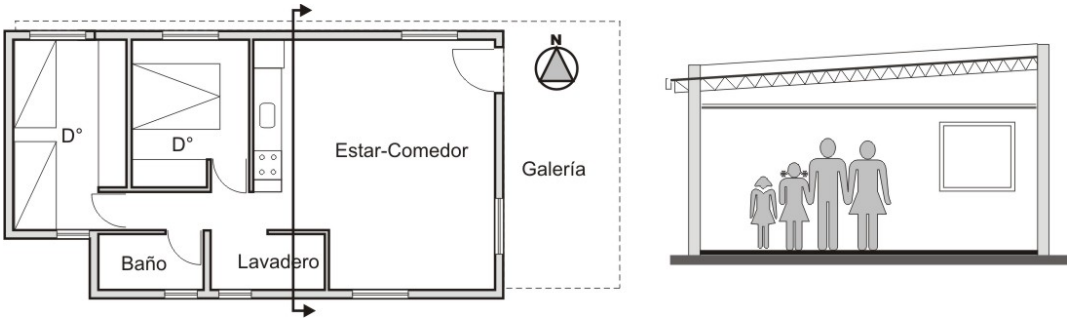


Figura 5: Planta y corte general de la vivienda

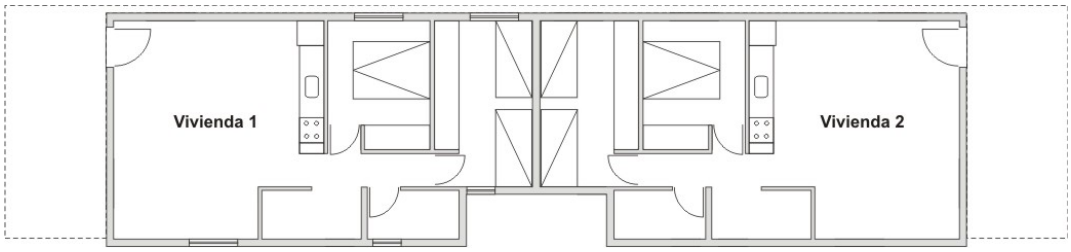


Figura 6: Apareamiento de viviendas y planta de conjunto

Para el proyecto base, sobre el cual se plantean las mejoras, se considera la envolvente exterior resuelta en los materiales de uso más común en obras públicas: muros de ladrillo cerámico hueco de 0,18 m con ambas caras revocadas y estructura portante de hormigón armado. La cubierta es de chapa de onda común, con estructura de filigrana, cámara de aire y cielorraso suspendido de yeso. La aislación térmica que se coloca normalmente es de 0,025 m de poliestireno expandido (EPS). Las carpinterías consideradas son de 1,20 m x 1,10 m, en aluminio blanco, de dos hojas corredizas con vidrio simple, sin celosías o protección solar exterior.

Se determinaron las propiedades termo-físicas de la envolvente opaca, calculándose por programa computacional, CEEMAKMP.xls (Gonzalo et al 2000b y Gonzalo, 2003). Para los valores de propiedades de los materiales se adoptan los establecidos por Norma IRAM 11.601. El valor de transmitancia térmica de la ventana de vidrio simple se adoptó en 5,82

W/m²ºK. En tabla 1 se muestran los valores de transmitancia térmica calculados para los elementos opacos de los cerramientos verticales.

K máximo Norma IRAM **Zona bioclimática II** Temp. mínima diseño -0,2ºC	Nivel C (verano: 1,80 W/m²ºK – Invierno 1,82 W/m²ºK) Nivel B (verano: 1,10 W/m²ºK – Invierno 1,01 W/m²ºK) Nivel A (verano: 0,45 W/m²ºK – Invierno 0,37 W/m²ºK)		
K máximo Norma IRAM **Zona bioclimática VI** Temp. mínima diseño -12,6ºC	Nivel C (Invierno 1,09 W/m²ºK) Nivel B (Invierno 0,64 W/m²ºK) Nivel A (Invierno 0,26 W/m²ºK)		
K calculo (W/m²ºK)	K muro	K estructura	K medio ponderado (1)
Verano / Invierno	1,74	3,16	1,90

(1) KMP promedio para cerramientos norte, sur, este u oeste (según apareamiento)

Tabla 1: Valores de transmitancia térmica determinados para componentes opacos del cerramiento vertical

Se determinó el valor de transmitancia medio ponderado (KMP) considerando los componentes opacos de los mismos: muro y estructura. Se observa que para el caso de la transmitancia térmica del muro, considerando la zona bioclimática II, sólo verifica con el valor para el nivel C (mínimo), mientras que para zona bioclimática VI no verifica ni siquiera con este nivel. Por otro lado considerando el valor de transmitancia media ponderada, que define con mejor aproximación el comportamiento global del cerramiento vertical heterogéneo, se observa que el mismo no verifica con los valores de Norma en ninguna de las dos zonas bioclimáticas.

En tabla 2 se presentan los valores de transmitancia térmica máximos normados y los calculados para el caso de la cubierta. Se observa que el valor de transmitancia térmica de la misma, solo verifica con el nivel C mínimo de Norma para invierno en ambas zonas bioambientales.

K máximo Norma Zona bioclimática II Temp. Mín. diseño -0,2ºC	Nivel C (verano: 0,72 W/m²ºK – Invierno 1,00 W/m²ºK) Nivel B (verano: 0,45 W/m²ºK – Invierno 0,82 W/m²ºK) Nivel A (verano: 0,18 W/m²ºK – Invierno 0,32 W/m²ºK)	
K máximo Norma Zona bioclimática VI Temp. Mín. diseño -12,6ºC	Nivel C (Invierno 1,00 W/m²ºK) Nivel B (Invierno 0,55 W/m²ºK) Nivel A (Invierno 0,20 W/m²ºK)	
K calculo	Verano: 0,85 W/m²ºK	Invierno: 0,97 W/m²ºK

Tabla 2: Valores de transmitancia térmica para cubierta

Las modificaciones propuestas a analizar, para evaluar la mejora en la eficiencia energética de la envolvente son:

- Para cubierta: aumentar el espesor de la aislación térmica EPS original en valores de 7, 8, 10, 12, 15 y 17 cm.
- Para aberturas principales (de 1,10 m x 1,20m): Adoptando la cubierta determinada anteriormente como la mejor opción, se reemplaza la carpintería original por una de doble vidriado hermético 4-6-4 (DVH), con las mismas medidas, en aluminio blanco y sin ruptor de puente térmico. Se considera un coeficiente de transmitancia térmica de 2,80 W/m²ºK, según datos y catálogo de empresa VASA Argentina.
- Protección solar exterior: Como última modificación se agregará a las ventanas de DVH, norte y sur, un sistema de protección solar simple y móvil, usando un toldo de lona con accionamiento manual, para facilitar su adaptación a las necesidades de protección o no según las exigencias climáticas. Para la ventana este u oeste, según el caso de apareamiento de vivienda, no se considera protección ya que cuenta con la galería.

Para la aplicación del programa RETscreen se consideraron como datos solicitados:
Tipo de proyecto: Medición de eficiencia energética / Residencial / Método 1 / Moneda $AR.
Datos climáticos: Base de datos de RETScreen provisto por la NASA para ambas localidades.

Modelo de energía

1- *Tipo de combustible*: electricidad. Se elige este combustible por que el mismo es de uso común en viviendas para calefacción y refrigeración según análisis de relevamientos y encuestas (Martinez, 2013, pp. 32).

2- *Costo del combustible*: Se determina el costo del KW/h según análisis de costo de facturación para consumo medio en la provincia de Tucumán. Se analizan dos situaciones: costo de la energía con subsidio del Estado (aproximadamente del 56%): $0,317 KW/h y costo sin subsidio $0,497 KW/h[1].

3- *Temperaturas interiores*: calefacción 20ºC y refrigeración 23ºC, definidas considerando lo establecido por la Comission of the European Communities, según tipo de vestimenta, para verano e invierno y una actividad física entre sedentaria y ligera (Martinez, 2013, pp. 45).

4- *Tasa de ocupación*: se considera una ocupación de 24 horas.

5- *Pérdidas de transporte y distribución*: se establece en un 18%, según análisis de datos de producción y consumo de energía eléctrica nacional (Informes, 2011).

6- *Tasa de inflación*: se considera de un 23%, según datos de proyección para 2014 de diversas consultoras privadas (Inflación, 2013).

7- *Vida útil estimada*: 50 años (tiempo máximo permitido por el programa).

8- Valores de mayores costos monetarios de las mejoras. En el caso de la ventana simple se considera en su precio el costo del vidrio (incoloro, común de 3mm, instalado). Para el caso de la aislación térmica EPS, se considera una superficie de 53,4 m², correspondiente al área interna de planta coincidente con el cielorraso. No se modifica la aislación de la cubierta de galería. El precio de la protección solar, toldo de lona, incluye el material, la confección, el sistema de accionamiento y la colocación. Todos los precios tenidos en cuenta han sido suministrados por proveedores locales, con actualización al 23 de agosto de 2013.

Análisis y resultados

En tabla 3 se observan los valores de transmitancia térmica obtenidos para los diferentes espesores de aislación térmica planteados.

Espesor de aislación EPS (cm)	7	8	10	12	15	17
K calculado verano (W/m²ºK) (2)	0,41	0,36	0,30	0,26	0,21	0,19
Nivel confort s/ K máx. Zona bioambiental II (Tabla 2)	B	B	B	B	B	B
(2) La Norma no exige verificación de K para verano en zona bioambiental VI por ser muy fría.						
K calculado invierno (W/m²ºK)	0,43	0,38	0,31	0,27	0,22	0,19
Nivel de confort s/ K máx. Zona bioambiental II (Tabla 2)	B	B	A	A	A	A
Nivel de confort s/ K máx. Zona bioambiental VI (Tabla 2)	B	B	B	B	B	A

Tabla 3: Valores de transmitancia térmica obtenidos para los espesores de aislación propuestos en cubierta

[1] Datos de costo según facturación de empresa EDET, proveedora de energía eléctrica en Tucumán.

En el gráfico de la figura 7, al comparar la reducción del coeficiente de transmitancia térmica y el aumento en el costo de la aislación térmica vemos, en principio, que la condición más favorable se da para un espesor de entre 7 y 8 cm, alcanzando un nivel B de confort en ambas zonas bioambientales, con un costo de inversión razonable.

Sobre las variables de viabilidad financiera que proporciona el programa, el pago simple de retorno y el repago de capital, son indicadores que permiten determinar el número de años que llevará recuperar la inversión en el mayor costo de las modificaciones propuestas.

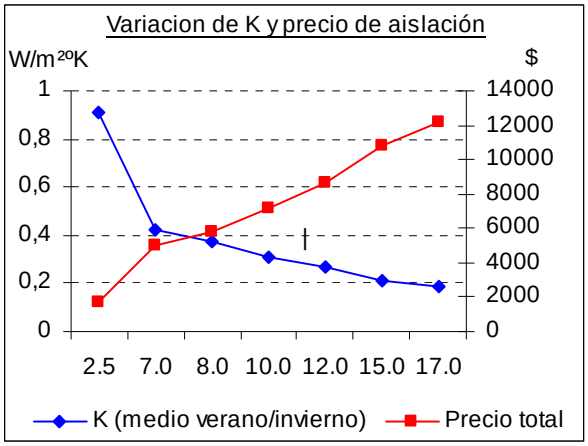


Figura 7: Variación de K y costos para aislación de cubierta

Sin embargo el pago simple de retorno no considera la renta o los ahorros que se generan a futuro, una vez recuperado el capital inicial. Un proyecto con un período de reembolso corto, no necesariamente es una inversión más rentable frente a otra con un período de reembolso mayor, pero que puede generar mayores ganancias a largo plazo. El repago de capital tiene en cuenta los flujos económicos de la inversión por lo que es un mejor indicador de los méritos del mismo. Pero ninguno de los dos sirve como indicador primario para evaluar la factibilidad de un proyecto sobre otro. La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR), es la que permite comparar financieramente varias propuestas a fin de evaluar su conveniencia, más rentable la inversión cuanto mayor es su valor de TIR.

En tabla 3 se muestran los valores obtenidos a través del programa RETscreen para los datos de ahorro anual de energía para acondicionamiento artificial, y los de análisis financiero, la taza interna de retorno y el repago de capital. Estos datos permiten comparar las diferentes opciones de mejora en la eficiencia energética de la cubierta, comparándose ambas zonas bioambientales a fin de visualizar la influencia de las condiciones climáticas.

EPS (cm)	Zona bioambiental II (cálida)					Zona bioambiental IV (muy fría)				
	Ahorro (3) anual de energía %	TIR (%)		Repago de capital (años)		Ahorro (4) anual de energía %	TIR (%)		Repago de capital (años)	
		C/ sub	S/ sub	C/ sub	S/ sub		C/ sub	S/ sub	C/ sub	S/ sub
7	3,9	30,0	34,6	6,8	5,2	7,0	70,9	98,0	1,9	1,3
8	**4,3**	**29,2**	**33,5**	**7,1**	**5,5**	*7,8*	*66,4*	*91,0*	*2,0*	*1,4*
10	4,8	27,8	31,5	7,9	6,2	8,7	58,9	79,3	2,4	1,6
12	5,1	26,6	30,0	8,5	6,8	9,3	53,4	70,6	2,7	1,9
15	5,5	25,4	28,4	9,3	7,5	**10,0**	**47,9**	**62,1**	**3,1**	**2,2**
17	5,7	24,8	27,6	9,8	8,0	10,3	45,3	58,0	3,4	2,4

(3) En relación al caso base con EPS de 2,5 cm (4) C/sub = con subsidio en costo de energía S/sub = sin subsidio

Tabla 3: Valores de ahorro energético y datos financieros para los casos de aislación de cubierta

Resulta evidente que el ahorro de energía por mejora en la aislación térmica de la cubierta se vuelve significativo a medida que el clima se hace más frío, y que económicamente es más rentable, ya que los plazos de recuperación de capital se reducen drásticamente, figuras 8 y 9.

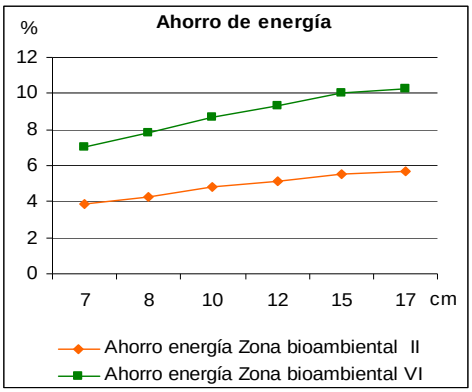


Figura 8: Ahorro anual de energía por zona

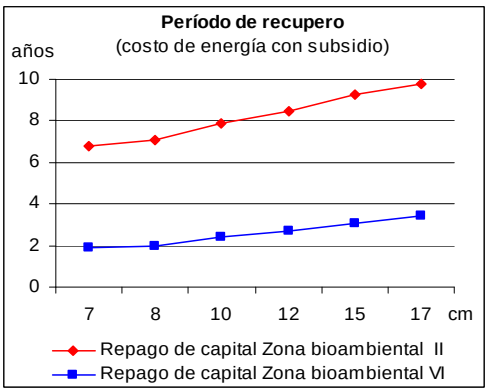


Figura 9: Período de recuperación de capital por zona

Se toma como caso de mejora para la cubierta el espesor de EPS de 8 cm para la zona bioambiental II, ya que con ella se llega a nivel B de confort con un costo razonable, siendo el plazo de recupero de la mayor inversión de 7 años. Para la zona VI, si bien se plantea como adecuada la misma situación, considerando los plazos de recupero de capital, muy cortos en general, se opta por llevar el espesor de la aislación a 15 cm, logrando un nivel B de confort pero con un ahorro de energía mayor y con plazo de recupero de capital de 3 años, considerándolo por ello una buena inversión.

Sobre estas dos situaciones de cubiertas mejoradas, para cada zona bioambiental, se reemplazan las carpinterías de vidrio simple por la carpintería DVH propuesta.

En tabla 4 se muestran los valores obtenidos para los datos de ahorro anual de energía para acondicionamiento artificial y período de repago de capital, considerando la mejora del comportamiento energético del edificio al incorporar en las aberturas transparentes un sistema más eficiente de carpintería.

	Costo de energía	Ahorro anual de energía (%)	TIR (%)	Repago de capital (años)
Zona Bioclimática II Aislación cubierta EPS 8 cm	Con subsidio	8,4	28,3	7,6
	Sin subsidio		32,1	6,0
Zona Bioclimática VI Aislación cubierta EPS 15 cm	Con subsidio	17,3	51,1	2,9
	Sin subsidio		67,1	2,0

Tabla 4: Valores de ahorro energético y datos financieros para los casos de carpintería DVH con cubierta mejorada

Vemos en los resultados que se logran reducciones significativas en los consumo de energía, para calefacción y refrigeración, especialmente para la zona bioclimática II, cálida, donde la eficiencia energética de la vivienda aumenta más del 95%, pasando de un ahorro anual de 4,3% a 8,4%. Para la zona bioclimática VI, muy fría, se pasa de un ahorro anual de energía de 10% a 17,3%, siendo la mejora de un 73% en la eficiencia.

Según los datos obtenidos, observamos que la inversión económica en sistemas de carpintería térmicamente más eficiente, resulta una decisión acertada y rentable, a mediano plazo para clima cálido, y muy rentable para zona de clima frío, ya que en este último caso el mayor capital invertido en la carpintería DVH, aproximadamente 82,4% más, se recupera en un plazo que resulta inferior a los 3 años.

Como última modificación propuesta se evalúa la incorporación de una protección solar exterior, materializada a través de un toldo de accionamiento manual, que se dispone en las tres ventanas principales, orientadas al norte.

En tabla 5 se muestran los valores obtenidos para los datos de ahorro anual de energía y plazo de repago de capital, considerando el uso de la protección solar durante el período de verano, a fin de impedir la incidencia de radiación solar directa sobre las aberturas transparentes.

	Costo de energía	Ahorro anual de energía (%)	TIR (%)	Repago de capital (años)
Zona Bioclimática II Aislación cubierta EPS 8 cm - DVH	Con subsidio	17,2	28,4	7,5
	Sin subsidio		30,7	6,5
Zona Bioclimática VI Aislación cubierta EPS 15 cm - DVH	Con subsidio	10,0	37,5	4,6
	Sin subsidio		45,8	3,3

Tabla 5: Valores de ahorro energético y datos financieros para los casos de vivienda mejorada con: mayor aislación térmica en cubierta, ventanas DVH y protección solar exterior

Se observa que la mejora en la eficiencia energética del edificio en zona cálida, bioclimática II, es altamente significativa, superando el 105%, mientras que para la zona bioclimática VI, fría, resulta contraproducente, ya que el uso de protección solar en el período de verano provoca una reducción en la eficiencia energética de la construcción, pasando de un 17,3% a un 10%.

Con estos últimos resultados queda claramente definido que el uso de protecciones solares exteriores, para controlar la incidencia de radiación sobre superficies transparentes, es de vital importancia cuando se trata de un clima cálido, siendo la protección solar un elemento complementario muy necesario, aun previendo el uso de sistemas térmicamente eficientes de carpinterías. También queda evidenciado que para un clima frío no resulta adecuado el uso de protecciones solares durante el verano, dado que al disminuir el aporte de radiación solar directa se aumenta la necesidad de calefaccionar artificialmente los espacios interiores, situación que se relaciona claramente con las condiciones climáticas de la zona analizada, que dispone de poca radiación solar, por la latitud de ubicación, y con un clima de temperaturas estivales bajas.

Conclusiones

Es claro que hay aspectos de diseño que afectan el comportamiento térmico-energético de los edificios, los que, por su simplicidad, no pueden ser desconsiderados por los proyectistas.

El hecho de que las envolventes edilicias se construyan térmicamente más eficientes no solo permitirá un ahorro en el costo de funcionamiento del edificio a lo largo de su vida útil, sino que también proporciona ambientes interiores más sanos, física y psicológicamente, con lo que se eleva el rendimiento personal y la eficiencia laboral, evitando el llamado Síndrome de Edificio Enfermo.

Una envolvente exterior energéticamente eficiente también permite retrasar algunos problemas de deterioro que afectan a los cerramientos exteriores, exigiendo menores gastos de mantenimiento para las mismas. Así mismo implica la reducción de otros costos, no relacionados directamente con la obra, como por ejemplo la disminución en la inversión para la compra de artefactos de calefacción y refrigeración, ya que la mayor eficiencia térmica del cerramiento lleva a que se necesiten equipos de acondicionamiento artificial de menor capacidad o tamaño, además de permitir una mayor eficiencia en su funcionamiento y por ello alargando su vida útil.

Es así que el incremento monetario necesario a hacer para construir envolventes edilicias con eficiencia térmico-energética, sea vivienda o no, debería ser considerado como una “inversión a mediano y largo plazo”, que siempre nos dará beneficios directa o indirectamente al contribuir a reducir el consumo de energía no renovables y realizar un uso más racional de lo que consumimos.

Contar con una herramienta que permita evaluar las ventajas económicas de aplicar mejoras en la eficiencia energética de un edificio, permite tener una visión más amplia y global de la situación considerada a largo plazo, y con ello poder entender que un mayor costo de obra redunda en beneficios importantes, individualmente para lo usuarios y colectivamente para la sociedad.

Referencias

Casabianca G, Castellano J P, 2009. Evaluación de características térmicas de dos escuelas ubicadas en alte. brown, provincia de buenos aires, utilizando programas sencillos desarrollados en el CIHE. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 13, pp. 05.09-05.14. ISSN 0329-5184. Ed. Milor. Argentina.

Gonzalo G, Ledesma S, Nota V, Martinez C, Cisterna S, Quiñónes G, Márquez G, Tortonese A, Garay A, 2000a. Determinación y análisis de los requerimientos energéticos para el acondicionamiento térmico de un prototipo de vivienda ubicada en San Miguel de Tucumán. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 4 N° 1, pp. 05.19-05.24. ISSN 0329-5184. Ed. Milor. Argentina.

Gonzalo G, Nota V, Martinez C, 2000b. Rediseño y actualización de programa computacional para verificación del riesgo de condensación en cerramientos exteriores. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 4 Nº 2, pp. 08.81-08.87. ISSN 0329-5184. Ed. Milor. Argentina.

Gonzalo G, 2003. Manual de arquitectura bioclimática. ISBN 950-43-9028-5. Editorial Nobuko. Argentina.

Filipín C y Flores Larsen S, 2010. Comportamiento térmico de verano de viviendas unifamiliares compactas en condiciones reales de uso en clima templado en Argentina. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 14, pp. 05.01-05.08. ISSN 0329-5184. Ed. Milor. Argentina.

Inflación, 2013. http://www.tasadeinflacion.com.ar/inflacion-2014-en-argentina-proyeccion/. Acceso agosto 2013.

Informes 2011. Informe Estadístico del Sector Eléctrico y Resumen de facturación. http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3728. Acceso agosto 2013.

Martinez C, 2013. La envolvente edilicia y su adaptación a clima mixto en Argentina. Recomendaciones de diseño en aspectos térmicos. ISBN 978-3-659-06795-2. Editorial Académica Española. España.

Mascaró J.J y Mascaró L. Raffo de, 1992. Incidencia das variâveis projectivas e de construção no consumo energético dos edificios. Capítulo V. SAGRA-DC LUZZATTO Editores. Porto Alegre, Brasil (Capítulo 2).

Nota V, Ledesma S, Gonzalo G, Martinez C y Tortonese A, 2003. Evaluación del comportamiento higrotérmico, de asoleamiento y lumínico de edificios de oficinas en S.M. de Tucumán. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 7 N° 1, p. 05.43-05.48. ISSN 0329-5184. Ed. Milor. Argentina.

Picción A, Echeverria C, Girardín M.G, 1998. Proyecto de exigencias mínimas y recomendaciones para mejorar la calidad higrotérmica de viviendas financiadas por el Banco Hipotecario del Uruguay. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 2 N° 1, pp. 03.123-03.128. ISSN 0329-5184. Ed. Milor. Argentina.

SAyDS 2009, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. La huella de carbono del argentino promedio. www.ambiente.gov.ar/cambio_climatico. Acceso abril 2013.

ELABORACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA CADENA APÍCOLA ARGENTINA

María G. Mujica, Estela M. Santalla

INTELYMEC – Facultad de Ingeniería UNCPBA
Av. Del Valle 5737. B7400JWI Olavarría
TE/FAX 02284 451055 int 282
mgabym_17@hotmail.com

Resumen

Se evaluó la huella de carbono de la producción de miel argentina a partir de la metodología ISO 14040. Se identificaron tecnologías y características del proceso a través de investigación de campo y de información oficial publicada. El valor de la HC resultante a nivel nacional resultó 2,235 tCO_2e/kg miel (± 0,450), con un aporte del 90,9% por parte del proceso de extracción, el cual es una medida de la eficiencia de la tecnología utilizada en Argentina. Las emisiones debidas al transporte durante el proceso y hacia el puerto de exportación sólo son responsables de menos del 9% de las emisiones de carbono de la cadena apícola.

Palabras clave: huella de carbono, miel, emisiones GEIs, cadena apícola

Abstract

The carbon footprint of beekeeping in Argentina was evaluated according to the ISO 14040 methodology. Technologies and process characteristics were identified through field research and official published information. The value of the carbon footprint resulted 2.235 tCO_2e/kg honey (± 0.450), with a contribution of 90,9% by the extraction process, which represents a measures of the efficiency of the technology used in Argentina. Emissions from the transport during process and to the exportation port are responsible of only less than 9% of carbon emission of the beekeeping chain.

Keywords: carbon footprint, honey, GHG emissions, beekeeping chain

Introducción

En el contexto de interrelación entre el comercio internacional y el medio ambiente ha surgido la implementación de estándares vinculados al impacto de los procesos de producción, consumo y comercialización sobre la concentración de gases de efecto invernadero (GEIs). En este marco, la huella de carbono (HC) surge como un indicador que cuantifica estas emisiones durante el ciclo de vida de un producto y actúa como una certificación de producto (eco-etiqueta) que comunica al productor con el consumidor.

Argentina es uno de los principales países exportadores de productos agropecuarios y de bioenergía[1]. La producción de miel, de jugo de limón, de aceite de maní y la harina y aceite de soja ocupan el primer lugar en la serie de productos exportados[2]. Argentina está reconocida como el mayor exportador mundial de miel; anualmente se producen entre 80 y 90 mil toneladas, de las cuales el 95% se exporta principalmente a la Unión Europea y a EEUU. El consumo interno es bajo ya que sólo alcanza a 200 gr/per cápita/año, en relación a los 2 kg/per cápita/año que presentan los países con alta tradición en consumo.

De acuerdo con los últimos datos del Registro Nacional de Productores Apícolas (RENAPA), existen más de 33.000 productores distribuidos en 21 provincias, que cuentan con un total de poco más de 4.200.000 colmenas, de los cuales se estima que el 90% cuenta con menos de 300 colmenas; sólo el 3% de los apicultores cuentan con más de 500 colmenas y el resto no alcanza a 20 colmenas.

El sector apícola argentino se caracteriza por una producción casi artesanal, tecnología de bajo desarrollo y escalas de producción bajas. La estructura del mercado apícola se encuentra fuertemente atomizada por el lado de la oferta, debido a que el proceso de producción se desarrolla preponderantemente a baja escala. Según los datos del RENAPA, que coordina y administra la Dirección Nacional de Agroindustria (Res. SAGPyA 283/01) el rendimiento promedio nacional es de 30/35 kg/col/año, mientras que en algunas regiones la cosecha promedio alcanza 60-70 kg/col/año, similares a los más elevados a nivel mundial. La trazabilidad del producto es un desafío a alcanzar en el corto plazo, factor clave al cual se le suma el incremento del monitoreo de la producción, la industrialización y mejoras en la logística de comercialización.

En base a este escenario, en el presente trabajo se cuantificó la huella de carbono de la cadena apícola argentina identificando las etapas del proceso productivo, la tecnología utilizada y cuantificando en cada una de ellas las emisiones de GEIs con el objetivo de identificar las etapas de mayor intensidad de carbono y contribuir a mejorar la competitividad de este producto de exportación.

Metodología

Para el cálculo de la huella de carbono se aplicó el método de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) desarrollado en la serie ISO 14040, considerando cuatro fases: objetivos y alcance del estudio, análisis del inventario, análisis del impacto e interpretación de los resultados donde los mismos son evaluados en un modo congruente con los objetivos definidos para el estudio, de modo de establecer las conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones.

La información sobre las características de la producción de miel en Argentina se obtuvo a partir de:

a) entrevistas realizadas a productores de la región centro de la provincia de Buenos Aires,

b) planillas de campo y de extracción mensual de miel de cada sala a partir del libro de movimientos que los productores realizan para el control de la trazabilidad en cumplimiento de la Resolución SENASA 186/2003,

c) información de los gobiernos de distintas provincias, prestadores de servicios[3] de tecnologías que cumplan con las normativas vigentes y estudio de distintas salas de extracción a nivel nacional. Entre las distintas salas analizadas se encuentran la sala de extracción de la Cooperativa apícola COPROAPIS[4] Limitada (Salta), la cooperativa apícola El Colmenar de

[1] Apoyo a los procesos de apertura e integración al comercio internacional realizado el 15 de abril de 2011. Programa de Inserción Agrícola.
[2] Primera Reunión de Trabajo sobre la huella de carbono de los productos exportables realizada el 11 y 12 de Septiembre 2012, organizada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.
[3] www.apiculturaargentina.com.ar/servicios.php
[4] www.coproapis.org.ar/dow.pdf

Feliciano[5] (Entre Ríos), Sala de Extracción de Miel de la Fedescase y el IPAC[6] (Santiago del Estero), Cooperativa Apícola de Cerro Azul[7] (Misiones) y sala comunitaria de Tunuyán[8] (Mendoza).

Para calcular las emisiones de GEI se utilizaron factores de emisión locales (Tabla 1) aplicando siguiente ecuación:

$$E = N_a * FE \quad \text{(Ec. 1)}$$

donde:

E: Emisión
FE: Factor de Emisión
N_a: Nivel de actividad de la fuente estimada

Tabla 1. Factores de emisión

Combustible	Factor de emisión	
Gas natural (GN)	1,951	tCO_2/dam^3
Fuel Oil (FO)	3,197	tCO_2/t
Gas Oil (GO)	3,176	tCO_2/t
Nafta	2,37	$kgCO_2/L$
Electricidad	0,479*	tCO_2/MWh

Fuente: Segunda Comunicación Nacional Argentina. Pág. 197

* Secretaría de Energía, (www.ambiente.gov.ar/archivos/web/File/home_documentos) año 2012

El nivel de actividad N_a de la fuente estimada se basó en la información obtenida sobre los consumos de electricidad (kWh), de gas natural (m^3) y de combustible (L) utilizado para el transporte. Las emisiones del transporte se calcularon a partir de la siguiente ecuación:

$$E = R * (\frac{1}{Em}) * FE \quad \text{(Ec. 2)}$$

donde:

R: recorrido anual del transporte (km)
E_m: eficiencia del combustible (km/L) o (km/m^3)

Se asumió que todos los productores de una región concentran su producción en un punto central de la zona y que los camiones que transportan los tambores tienen idénticas características por lo tanto las emisiones correspondiente al consumo de combustible del flete son iguales para todos los productores de una misma región.

Las emisiones vinculadas al proceso de extracción de miel se calcularon aplicando la ecuación 3. Se consideró que las tecnologías utilizan energía eléctrica suministrada por la red pública nacional, por lo tanto se utilizó el factor de emisión de la red eléctrica provisto por la Secretaría de Energía para el año 2012

$$E = P * h * FE \quad \text{(Ec. 3)}$$

donde:

P: potencia instalada en las salas de extracción de miel (MW)
h: tiempo de utilización de los equipos (h)
FE: factor de emisión de la red eléctrica (tCO_2/ MWh)

[5] www.entreriosverde.com.ar/2013/04/cooperativa-apicola-de-feliciano-recibio-aporte-para-culminar-la-sala-de-extraccion.html
[6] Instituto Provincial de Acción Cooperativa, (www.ipac.org.ar/evenrealizados.html)
[7] www.misionesonline.net/noticias/presentaron-sala-movil-para-extraccion-de-miel
[8] www.tunuyan.gov.ar/una-semana-dedicada-al-mundo-de-la-miel-en-tunuyan

Resultados

Para el cálculo de la huella de carbono se requiere una etapa previa de identificación del proceso de producción, comercialización y transporte de la miel hasta el puerto[9]. Una vez caracterizada la tecnología es indispensable definir los límites del sistema, requisito esencial en un estudio de ciclo de vida. La Figura 1 representa un diagrama de flujo con las etapas identificadas, como son la construcción de las colmenas, el sistema de manejo, los viajes durante la etapa de polinización y alimentación, el proceso de extracción de la miel y el transporte hacia el puerto. Los límites del sistema quedan definidos por la línea punteada roja dentro de la cual se incluyen las principales actividades de la producción apícola en Argentina consideradas para el cálculo de la HC del presente trabajo. Las entradas se dividen en dos categorías: energía y materiales. El consumo de combustible involucrado en el proceso de extracción y en el transporte se consideran dentro del cuadro de los "insumos en combustible", que incluye los consumos de gas natural, gas oil, nafta y electricidad. Las operaciones unitarias consideradas para el estudio del ciclo de vida fueron: la gestión de la colmena, el transporte durante el proceso de producción de miel, la extracción y el transporte correspondiente a la exportación de miel hasta el puerto de salida. En este trabajo sólo se consideró el puerto de Buenos Aires como puerto de salida ya que de él sale el 95% de la miel que se exporta[10]. Las emisiones generadas por el transporte hasta destino (país importador) se denominan emisiones integradas y representan las emisiones medidas desde la producción y se atribuyen al país exportador y no al importador. En el presente trabajo no se incluyen las emisiones del transporte a destino.

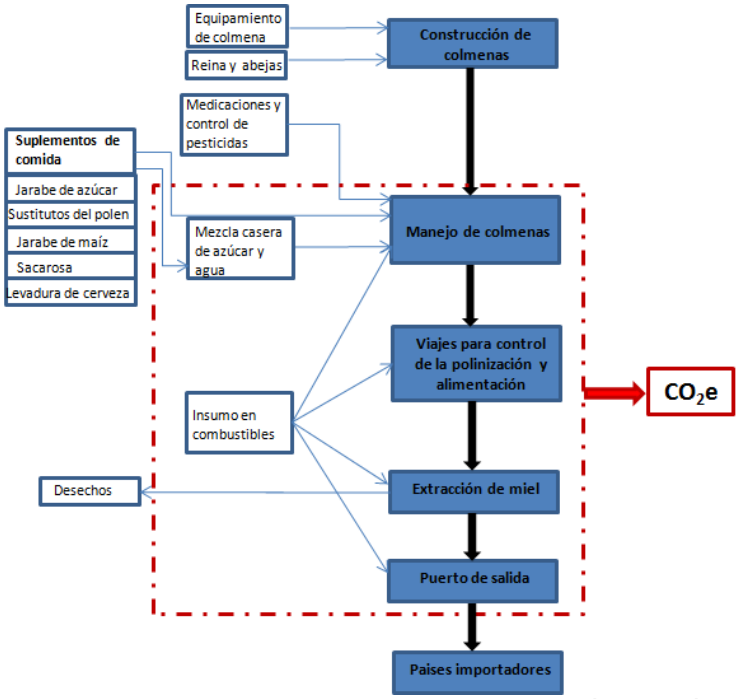


Figura 1. Diagrama de flujo de las principales actividades de producción y los límites establecidos para el estudio de ciclo de vida

Las emisiones vinculadas a la construcción de colmenas no fueron consideradas pues se asume que el utillaje de apicultura tiene una vida útil de varios años. Tampoco se consideran las cargas ambientales vinculadas al final de la vida útil (reciclaje/disposición/reutilización) de los materiales, considerando que muchos de ellos como los tambores son con frecuencia reciclados. Las emisiones producidas por la fabricación y el mantenimiento de las máquinas utilizadas en el proceso de extracción se consideran despreciables pues se les atribuye una vida media superior a 20 años. No se considera consumo de energía adicional durante el almacenamiento de la miel

[9] No se considera el consumo interno, sólo la exportación
[10] www.cofecyt.mincyt.gov.ar/pcias_pdfs

procesada previo a su transporte al puerto ya que el producto se almacena en recipientes sellados a temperatura ambiente. Por último, la producción de la abeja reina y su reemplazo no se incluyeron al igual que medicamentos y el control de pesticidas. Polinización y productos apícolas distintos de miel, como la cera, se consideran co-productos de apicultura y no se contabilizan en este estudio. Los distintos tipos de alimentación artificial que pueden suministrarse para la alimentación de la colmena quedan excluidos del sistema y sólo se considerara la mezcla de agua y azúcar realizada por los apicultores como práctica usual.

Se consideró una unidad funcional la producción un (1) kilogramo de miel y los resultados se evalúan en un horizonte temporal de un (1) año. Respecto a la evaluación del Impacto de Ciclo de Vida, sólo se consideran en el presente estudio el impacto provocado por la generación de dióxido de carbono siendo éste el único GEI evaluado. El modelo desarrollado se realizó en base a una planilla electrónica que permite calcular emisiones específicas expresadas en kilogramos de dióxido de carbono por kilogramo de miel (kg CO_2/kg miel), aunque el diseño permite obtener salidas parciales de la hoja de cálculo que facilitan la identificación de las contribuciones relativas de emisiones equivalentes de CO_2 procedentes de actividades específicas tales como la extracción y el transporte. Para identificar las fuentes de generación de emisiones de GEIs se consideraron las emisiones del proceso (EP), las emisiones debidas al transporte durante el proceso (ETp) y las emisiones debidas al transporte al puerto de exportación (ETe). Las EP incluyen las emisiones generadas durante la etapa de alimentación de la colmena, las correspondientes a la iluminación de la sala de extracción y las generadas durante el proceso de extracción de miel propiamente dicho. Las ETp consideran el transporte durante la gestión de la colmena y el vinculado al traslado de las alzas hasta la sala de extracción. Finalmente, las ETe sólo consideran el transporte de la sala de extracción hasta el puerto de exportación. A continuación se describe el cálculo las emisiones de cada una de las etapas del proceso productivo.

Proceso de producción de miel

A partir la información recopilada se observa que la producción de miel en Argentina se realiza con similar tecnología en las diferentes salas de extracción existentes. Las principales diferencias radican en la productividad de las salas y en la implementación en algunos casos de normas de Buenas Prácticas de Manufactura. A partir de las entrevistas realizadas y del análisis de la información recopilada sobre la producción de miel en Argentina[11] se identificaron como las principales operaciones unitarias del proceso el desoperculado, la centrifugación, y la recuperación y el fundido de la cera. Estas etapas utilizan equipos que funcionan en base a electricidad suministrada por la red pública. Durante el proceso de extracción de miel también se generan emisiones de energía por el consumo de electricidad para la iluminación de la sala de extracción y por el consumo de gas natural para la preparación del alimento de las colmenas. Estas emisiones se calcularon a partir de datos específicos sobre los consumos reportados por los productores que procesan su producción en una sala de la provincia de Buenos Aires. La Tabla 2 detalla los datos de producción de miel, el consumo de energía eléctrica durante el proceso de extracción de miel, las emisiones correspondientes a las etapas de alimentación (calculadas a partir de un consumo de gas natural que varió entre 70 y 83 m^3 por año utilizado para disolver los azúcares durante la etapa de preparación del alimento), y las correspondientes a la iluminación de la sala de extracción (calculadas a partir de un consumo promedio de 160 kW correspondiente al período que dura el proceso de extracción de miel en la sala). Cabe destacar que la sala utilizada como fuente de información tiene una productividad promedio de 500 kg miel/h y un consumo específico de electricidad de 4,4 kWh/kg miel.

[11] www.cofecyt.mincyt.gov.ar/pcias_pdfs/neuquen/UIA_apicultura_08.pdf

Tabla 2. Emisiones del proceso de extracción de miel en una sala concentradora, *EP*

Productor	Miel producida [kg]	Emisiones alimentación [tCO_2]	Emisiones iluminación [tCO_2]	Extracción			EP [kg CO_2/kg miel]
				Tiempo de extracción [h]	Consumo de electricidad [kWh]	Emisiones extracción [tCO_2]	
P1	4.800	0,137	0,005	9,5	21.232,5	10,170	2,148
P2	24.300	0,162	0,005	48,5	108.397,5	51,922	2,144
P3	8.385	0,140	0,005	16,5	36.877,5	20,608	2,475
P4	1.431	0,146	0,005	3	6.705	3,212	2,350
P5	1.956	0,146	0,005	4	8.940	4,282	2,267
P6	1.069	0,146	0,005	2	4.470	2,141	2,145
P7	2.535	0,146	0,005	5	11.175	5,353	2,171
P8	574	0,146	0,005	1	2.235	1,071	2,129
P9	4.266	0,146	0,005	8,5	18.997,5	9,100	2,169
P10	2.418	0,146	0,005	5	11.175	5,353	2,277
P11	2.773	0,146	0,005	5,5	12.292,5	5,888	2,178
P12	2.206	0,146	0,005	4,5	10.057,5	4,818	2,253
P13	1.058	0,146	0,005	2	4.470	2,141	2,167
P14	1.049	0,146	0,005	2	4.470	2,141	2,186
Promedio							**2,219** ± 0,098

Las emisiones específicas promedio correspondientes a las etapas de alimentación y por iluminación resultaron 0,146 y 0,005 kg CO_2/kg miel respectivamente. Durante el proceso de extracción de miel las operaciones de desoperculado, centrifugación, y la recuperación y el fundido de la cera demandan el mayor consumo de energía eléctrica del proceso representando el 96 % del total de emisiones en esta etapa. La preparación de la alimentación de las colmenas y la electricidad consumida para iluminación de la sala de extracción sólo representan un porcentaje inferior 4%. La Figura 2 muestra una fuerte correlación lineal positiva entre la producción de miel y las emisiones generadas durante el proceso de extracción lo que indica la intensidad de carbono de esta etapa del proceso de producción de miel.

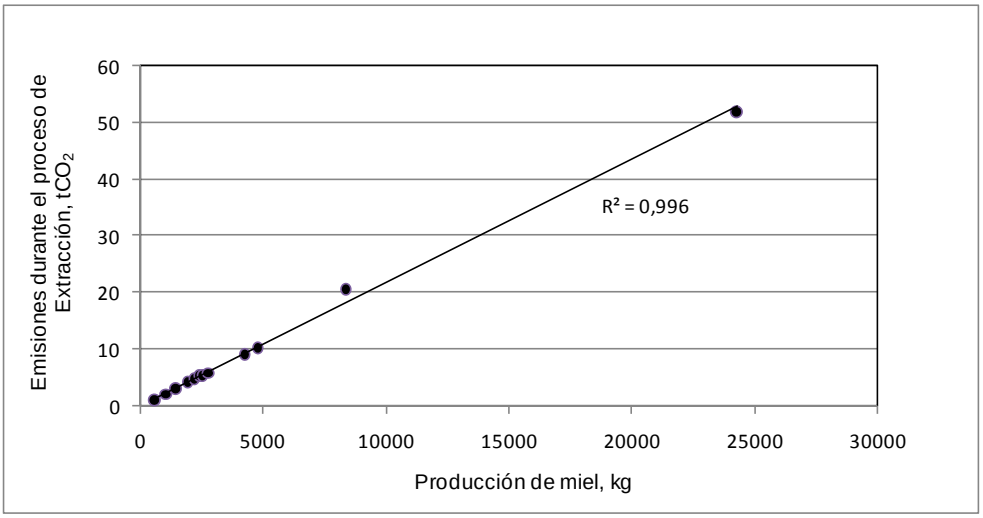


Figura 2. Relación entre las emisiones de CO_2e generadas durante el proceso de extracción y la miel producida

Transporte

Las emisiones del transporte que se consideraron para el cálculo de la HC son las vinculadas al proceso de extracción, ETp y las correspondientes al transporte del producto hasta el puerto (flete), ETe. Las primeras se calcularon en base a los viajes periódicos que se realizan para el manejo de la colmena, para la alimentación y el control de apiarios (incluye control sanitario y de plagas) y el vinculado a la cosecha que comprende la recolección de las alzas y el

traslado de los cuadros hasta la sala de extracción. Este tipo de información no es fácilmente obtenible ya que las características de la actividad en muchos casos de origen artesanal y la práctica usual no ha permitido desarrollar protocolos para registrar distancias recorridas, uso de combustible, confección de rutas y frecuencias de viajes, logística de la gestión de la colmena, etc. Por esta razón se utilizó la información desarrollada por tres productores de la sala de extracción localizada en la provincia de Buenos Aires y a partir de esta información se calcularon emisiones específicas que fueron utilizadas para el cálculo de las emisiones a nivel nacional. Se calcularon las ETp en función de los datos sobre distancias recorridas, consumos y tipo de combustibles y vehículos utilizados durante las etapas de gestión de la colmena (previo a la cosecha) y de recolección de miel. La eficiencia del combustible E_m varió en función del vehículo utilizado entre 3 y 6 km/L; el combustible utilizado en todos los casos fue gas oil. Las distancias recorridas para la gestión de la colmena y para la recolección se muestran entre paréntesis en la Tabla 3. Estas distancias pueden ser muy variables porque depende de la cantidad de apiarios y de la distancia entre los mismos y entre la sala de extracción, por lo que para un cálculo más exacto de la HC se debe desarrollar un protocolo de información que debería ser completado anualmente por cada productor/cooperativa. La suma de estas emisiones representa las emisiones por el transporte vinculado al proceso ETp y resultó un valor específico promedio de 0,153 (± 0,038) kg CO_2/kg miel que fue el valor utilizado más adelante para el cálculo de la HC a nivel país.

Tabla 3. Emisiones generadas por el transporte durante el ciclo productivo de miel, *ETp*

Productor	**Emisiones del transporte por gestión de la colmena [tCO_2]**	**Emisiones del transporte en la recolección [tCO_2]**	**ETp [kg CO_2/kg miel]**
P1	0,650 (704 km)	0,273 (288 km)	0,192
P2	2,327 (2100 km)	0,576 (520 km)	0,119
P3	0,877 (950 km)	0,363 (360 km)	0,148
Promedio	**1,285** ± 0,910 (1251 ± 745)	**0,404** ± 0,156 (456± 147)	**0,153** ± 0,038

Para el cálculo de las emisiones generadas por el transporte al puerto de exportación ETe, para el caso particular de la provincia de Buenos Aires se consideró una distancia de 375 km, vehículos pesados con capacidad de transporte de hasta 87 tambores, uso de gas oil como combustible y una eficiencia de 4 km/L. El valor obtenido resultó 0,02 kg CO_2/kg miel.

La Figura 3 muestra la contribución relativa de las tres etapas consideradas como más significativas desde el punto de vista de las emisiones de carbono.

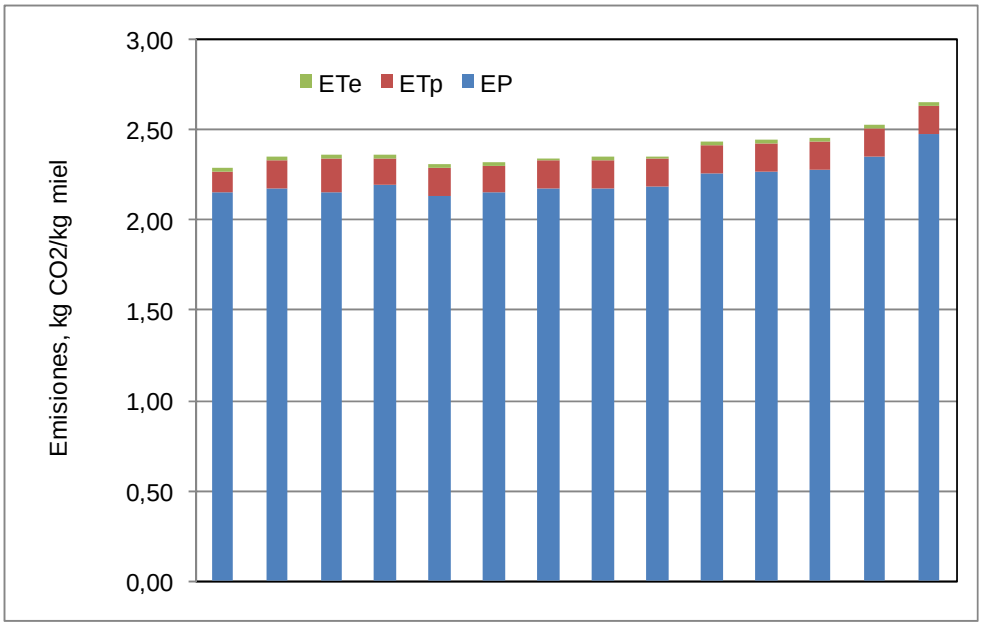


Figura 3. Emisiones de GEIs de la producción de miel

Se realizó un análisis de las salas de producción de miel a nivel nacional[12] identificando la producción por provincia, la potencia instalada en las salas de extracción y considerando que en todos los procesos se utiliza energía eléctrica provista por la red pública. A partir de la productividad de las salas y de la potencia total consumida se calcularon los consumos específicos (kWh/ kg de miel) que afectados por el factor de emisión de la red eléctrica permite obtener las emisiones del proceso por provincia. La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos para las provincias que tienen información disponible. La mayoría de las cooperativas que concentran las producciones de miel en las provincias utilizan similar tecnología, con productividades variables entre 400 y 700 kg miel/h y una potencia total instalada entre 3 y 4,5 HP. El promedio de emisiones resultó 2,03 kg CO_2/kg miel. Este valor no incluye las emisiones generadas por la alimentación ni las debidas al consumo de electricidad para iluminación por lo que resulta inferior al promedio obtenido para la provincia de Buenos Aires (Tabla 2). Si al valor obtenido se le suman las emisiones específicas de estas dos fuentes se tendría un valor promedio de EP de 2,18 kg CO_2/kg miel, valor aproximado (1,8% inferior) al obtenido para la provincia de Buenos Aires.

Tabla 4. Emisiones del proceso de extracción de miel en diferentes provincias

Sala de extracción por provincia	Productividad [kg miel/h]	Potencia instalada [kW]	Consumo específico [kWh/kg miel]	Emisiones del proceso de extracción [kg CO_2/kg miel]
Entre Ríos	400	2.235	5,5875	2,676
Misiones	500	2.607,5	5,215	2,498
Mendoza	650	3.352,5	5,16	2,471
Santiago del Estero	500	2.235	4,47	2,141
Buenos Aires (sala fija)	500	2.235	4,47	2,141
Buenos Aires (sala móvil)*	700	2.607,5	3,725	1,784
Córdoba	700	2.980	4,26	2,039
Promedio			4,23 ± 0,65	**2,03** ± 0,31

Se calcularon las ETe correspondientes a la producción de miel de las provincias exportadoras a partir de los datos de exportación publicados por el RENAPA (Tabla 5) y considerando la distancia desde la capital de cada provincia hasta el puerto de Buenos Aires, el cual concentra la salida del 95% de la exportación de miel (en la Tabla 5 se indican entre paréntesis los km considerados como distancia recorrida por el flete). Al igual que para el cálculo realizado para provincia de Buenos Aires, se consideró el uso de transporte pesado (combustible gas oil) con una capacidad de 87 tambores y una eficiencia de 4 km/L. Se calculó un factor Fp que representa los km recorridos por tonelada de miel transportada obteniendo un rango de variación de este factor entre 0,01 y 3,38. En la Figura 4 se observa el impacto de las ETe de las provincias más alejadas del puerto de Buenos Aires, situación que se acentúa cuando el nivel de producción es menor (correlación exponencial positiva entre ETe y el factor Fp, R^2= 0,85).

[12] http://www.alimentosargentinos.gov.ar/listados_senasa/presenta.htm

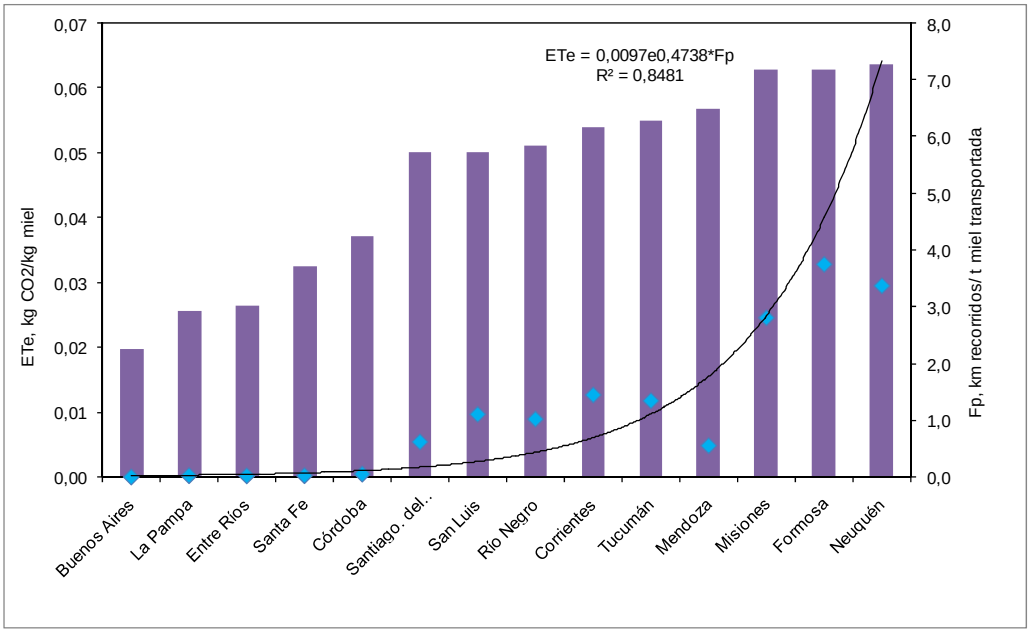


Figura 4. Emisiones generadas en el transporte desde la capital de cada provincia al puerto de Buenos Aires

Finalmente, a partir de los valores previamente calculados se realizó la evaluación de la HC de la cadena apícola argentina considerando todas las provincias exportadoras. Se consideraron como EP las obtenidas para cada provincia que contaban con esta información (Tabla 4) mientras que para el resto de las provincias se calcularon a partir del consumo específico promedio obtenido (Tabla 4) y las ETp generadas a partir de datos de provincia de Buenos Aires (Tabla 3). La Tabla 5 muestra las emisiones totales de la producción de miel en las provincias exportadoras. La HC resultó 2,235 kg CO_2/kg miel (± 0,450), con un aporte del 90,9% del proceso de extracción.

Tabla 5. Huella de carbono (kg CO_2/kg miel) de la producción de miel argentina

Provincia	Producción t miel/año	EP	ETp	ETe	Emisiones Totales
Buenos Aires	62.500	1,963	0,153	0,020 (375)	2,136
La Pampa	19.960	2,026	0,153	0,026 (614)	2,205
Entre Ríos	17.718	2,676	0,153	0,027 (484)	2,856
Santa Fe	16.410	2,026	0,153	0,033 (500)	2,205
Córdoba	12.277	2,039	0,153	0,037 (700)	2,230
Mendoza	2.149	2,471	0,153	0,057 (1200)	2,681
Santiago. del Estero	1.715	2,141	0,153	0,050 (1072)	2,344
Chaco	1.076	2,026	0,153	0,066 (1020)	2,246
Río Negro	940	0,479	0,153	0,051 (970)	0,683
Tucumán	927	2,026	0,153	0,055 (1250)	2,235
San Luis	850	2,026	0,153	0,050 (945)	2,230
Corrientes	713	2,026	0,153	0,054 (1037)	2,234
Misiones	377	2,498	0,153	0,063 (1062)	2,714
Formosa	315	2,026	0,153	0,063 (1185)	2,243
Neuquén	350	2,026	0,153	0,064 (1184)	2,243
Salta	108	2,026	0,153	0,066 (1733)	2,245
La Rioja	54	2,026	0,153	0,092 (1235)	2,272
Promedio	8.143	2,031 ± 0,451	0,153	0,051 ± 0,019	**2,235** ± 0,450
%		90,9%	6,9%	2,3%	

*promedio de dos salas de procesamiento

Tal como lo especifica la norma, al final del ACV de un producto se recomienda comparar los resultados obtenidos con el de otros productos. Generalmente esta comparación se realiza con el ACV de productos sustitutos, pero la miel no los tiene. En su defecto se realizó la comparación del cálculo de la HC de la cadena apícola argentina con los resultados reportados para la producción de miel en EEUU (Kendalla et al. 2010). Se compararon los resultados para rangos de producción y condiciones de proceso similares (alimentación, distancias recorridas) y no se consideraron las ETe ya que en el trabajo de referencia no fueron consideradas por ser EEUU un país importador y la producción se destina al consumo interno. La Figura 5 muestra que la HC de la producción argentina resulta sensiblemente superior a la reportada para EEUU (1,06 kg de CO_2/kg miel). La mayor diferencia se encontró en las EP. Mientras que en la HC argentina el 90,9% de las emisiones corresponde a EP, en la HC estadounidense el 72,6% corresponde a las ETp.

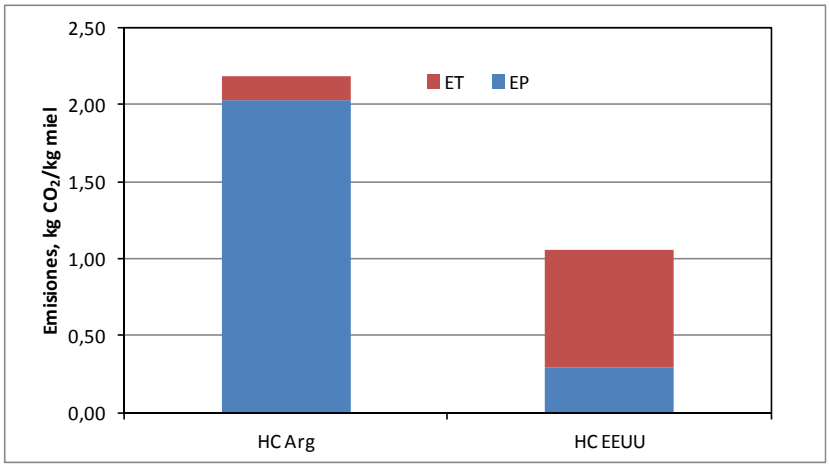


Figura 5: Emisiones de CO_2 generadas por kg miel obtenido en las HC de Argentina y EEUU

Conclusiones

En el presente trabajo se identificaron las principales características vinculadas a la producción de miel en Argentina, actores y prácticas de manejo y comercialización. Se cuantificaron las emisiones de GEIs de las principales etapas del proceso productivo a partir de información oficial publicada por distintos organismos gubernamentales, como así también a través de entrevistas realizadas a distintos apicultores de la región.

El valor de la HC argentina resultó 2,235 tCO_2e/kg miel (±0,450), donde los aportes de cada una de las principales etapas fueron 6,9% correspondiente al transporte durante la gestión de la colmena, 90,9% al proceso productivo (las etapas de desoperculado y centrifugación son las más carbono intensivas de esta actividad) y 2,3 % producido por las emisiones del flete al puerto. Se encontró una fuerte correlación lineal positiva entre las emisiones vinculadas al proceso de extracción y la producción de miel lo indica la intensidad de carbono de la tecnología empleada en Argentina (R^2=0.996).

Los resultados obtenidos permiten identificar los aspectos que pueden ser objeto de mejora en la eficiencia energética del proceso de producción de miel en Argentina, como así también evaluar aspectos vinculados a la logística del transporte y la comercialización con la finalidad de disminuir la huella de carbono de este producto de exportación.

Bibliografía

Aguilar S, 2011. La huella de carbono como herramienta de mitigación, Impactos sobre el comercio Internacional. Foro de Cambio Climático y Comercio.
Aguilar S, 2011. Los estándares ISO y la medición de la huella de carbono. Foro de Cambio Climático y Comercio.
Aguilar S, 2012. La huella de carbono: políticas públicas y comercio internacional. Foro de Cambio Climático y Comercio.
Centro de Comercio Internacional (ITC), 2012. Normas de la huella de carbono de productos agrícolas. Ginebra: ITC, 2012. xi, 52 págs.
CEPAL, 2010. Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina. Francia.
De Jesús E, 2012. Huella ambiental en las exportaciones de alimentos de América Latina: normativa internacional y prácticas empresariales. Informe del cuarto seminario internacional sobre la huella de carbono.
Dittmar L, Libster D, Vijoditz A, 2008. La miel y el mercado local, posibles estrategias. Universidad de Buenos Aires.
Ernst & Young 2010. Product Carbon Footprinting-a study on methodologies and initiatives, por encargo de la Comisión Europea.
Expomiel Azul, 2013. Presentación plan provincial de exportación apícola e industrias conexas.
Frohmann A, Herreros S, Mulder N y Olmos X, 2012. Huella de carbono y exportaciones de alimentos. CEPAL, Naciones Unidas.
Fundación Export.Ar, 2007. Plan de Promoción Sectorial Sector Apícola.
Galbusera S y Hilbert J A, 2011. Análisis de emisiones de gases de efecto invernadero de la producción agrícola extensiva y estudios de la huella de carbono de los productos derivados de la soja en la republica argentina. N° Doc BC-INF-06-11.
Galbusera, S, 2009. Análisis de la Huella de Carbono de los productos derivados de la soja. Programa de las naciones unidas para el desarrollo.Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) a la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO).
Goslino, M P, 2012. Actualización de logros económicos y financieros en grupos apícolas del centro oeste de la provincia de Buenos Aires. Campo & abejas, pág 3.
Idigoras G, Martinez C, 2011. Evaluación de los estudios existentes sobre ciclos de vida de consumo energético y emisiones de gases efecto invernadero para los sectores lechero, cerealero, oleaginoso y carne bobina así como relevamiento de las preocupaciones y expectativas de esos sectores con miras a su inserción internacional. Programa de Inserción Agrícola.
Indicadores de actividad Económica, 2010. La Exportación de miel por el puerto local. Apiservices, Artículo N° 71.
Kendalla A, Yuan J, Brodtc S, Jana Kramer K, 2010. Carbon Footprint of U.S. Honey Production and Packing, UC Davis. Agricultura sustainability Institute.
Lottici M V, 2012. La huella de carbono y su impacto potencial sobre las exportaciones argentinas. 1a ed. Buenos Aires: Centro de Economía Internacional..
Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto, 2010. Informe Sector Alimentos Industrializados, Miel.
Nimo, M., 1996. Variables estratégicas de integración vertical. Productos apícolas. SAGPyA. Buenos Aires.
Norberto Garcia Girou, 2012. Mercado mundial de la miel, situación Argentina ante la UE y los EEUU. Campo & abejas, 7.
Organización Mundial del Comercio (OMC) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2009. El comercio y el cambio climático. Ginebra.
Papendieck Sabine, 2010. La huella de carbono como nuevo estándar ambiental en el comercio internacional de agroalimentos. Programa de inserción agrícola. Sociedad Rural Argentina.
SADA, 2011. Informe preliminar de situación y propuesta del Sector Apícola Argentino.
Samaniego J, 2009. Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
Vázquez F y Nimo M, 2008. Planificando a largo plazo. Plan estratégico apícola, dirección nacional de alimentos.

CODIGESTIÓN ANAERÓBICA DE RESIDUOS DE TRATAMIENTO DAF Y EFLUENTES DE PREDIOS LECHEROS. ESTUDIO PRELIMINAR

Panigatti, M. Cecilia; Boglione, Rosana; Griffa, Carina; Gentinetta, Fabiana; Melidoro, Javier; Medina, Luis; Schierano, M. Celeste; Laorden, Franco; Aimo, Corina.

Facultad Regional Rafaela. Universidad Tecnológica Nacional.
Acuña 49. (2300) Rafaela, Santa Fe. Argentina
Tel: 03492-432702. Interno 106
laboratorio.quimica@frra.utn.edu.ar

Resumen

Actualmente los sectores industriales, incorporan tecnologías y procesos para mejorar la calidad de sus efluentes líquidos, con el objetivo de dar cumplimiento al marco legal ambiental. Dichos tratamientos generan una gran cantidad de barros de características orgánicas, los cuales son necesarios disponer de forma adecuada. Una de las alternativas tecnológicas es generar biogás a partir de estos residuos, donde el mismo es una fuente de energía renovable. El objetivo del trabajo es evaluar la digestión anaeróbica de fangos que se generan en el tratamiento primario de los efluentes de una industria láctea, junto con efluentes de una instalación de ordeño. Se realizó la caracterización de los residuos empleados en el estudio. Para el estudio se diseñó y construyó un reactor anaeróbico a escala piloto de 1000 L de capacidad y se llevaron a cabo experiencias estudiando la codigestión de los residuos en estudio. A partir de los resultados se concluyó que es factible la codigestión combinada de un efluente de tambo y un residuo de tratamiento DAF de industria láctea. En el tratamiento es fundamental el control de determinados parámetros como: ingreso de sustrato, temperatura, pH, relación FOS/TAC y seguimiento de bacterias.

Palabras claves: biogás, fango DAF, industria láctea, digestión anaeróbica.

Abstract

Currently, industries incorporate technologies and processes to improve the effluents quality, in order to comply with the environmental legislation. These treatments generate a large amount of sludge with organic characteristics, which are necessary to properly dispose. A technology alternative is to generate biogas from waste which is a renewable energy source. The objective of this study is to evaluate anaerobic digestion of sludge generated in effluent primary treatment from a dairy industry, with dairy manure effluent. The wastes characterization was done. A pilot scale anaerobic reactor of 1000 liters capacity was designed and constructed. Experiences studying the co-digestion of waste under study were carried out. It was concluded that it is feasible combined codigestion of dairy effluent and dairy DAF waste treatment. Parameters as: substrate feeding, temperature, pH, FOS/TAC ratio and bacteria monitoring, are essential in process controlling.

Keywords: biogas, DAF sludge, dairy industry, anaerobic digestion.

Introducción

La industria láctea genera una significativa cantidad de efluentes orgánicos, los cuales en la mayoría de los casos, son tratados en plantas de tratamiento a través de distintos sistemas. Algunos de éstos generan sólidos y semisólidos como subproductos de diferentes etapas del sistema de tratamiento que utilizan. Un caso particular de estos subproductos son las grasas producidas en el tratamiento primario por flotación por aire disuelto (DAF). Dicho tratamiento es un proceso que se utiliza frecuentemente para eliminar la materia particulada insoluble de las aguas residuales, y reducir la demanda biológica de oxígeno (DBO), los sólidos suspendidos (SS), y las grasas y aceites evitando sobrecargas en la descarga de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Westerman et al., 1989). Los lodos DAF se caracterizan por poseer altas concentraciones de materia grasa (Ritter, 1985) y generalmente este residuo se aplica en el suelo. Su alto contenido energético lo convierte en un sustrato potencial para la digestión anaeróbica, lo cual sería útil su uso para obtención de una energía renovable.

Actualmente, muchas de las industrias lácteas de la región central de la provincia de Santa Fe, utilizan como tratamiento primario la flotación por aire disuelto y destinan los fangos a un sistema denominado landfarming. Dicho tratamiento es una tecnología que consiste en la aplicación controlada de un desecho en la superficie del suelo (American Petroleum Institute, 1983). Este sistema logra la estabilización del sustrato luego de un período de tiempo, mediante la acción de microorganismos presentes en el suelo. Sin embargo, presenta algunas limitaciones y desventajas frente a otros sistemas de remediación, ya que no todos los contaminantes son degradados completamente. Además, desde el punto de vista ingenieril, éstos requieren grandes cantidades de terreno, un manejo intensivo del mismo, la posibilidad de contaminación atmosférica y de aguas subterráneas (Hejazi, et al., 2003).

Otro de los efluentes generados en la zona, proviene de las instalaciones de ordeño, donde se produce un residuo que es un excelente portador de sustratos y microorganismos (Taverna et al., 2004). Este efluente favorecería la digestión anaeróbica de desechos concentrados, como por ejemplo, un residuo generado en un sistema DAF (Angelidaki y Ellegaard, 2003, Creamer et al., 2010).

Muchos investigadores han estudiado la codigestión anaeróbica de efluentes de tambo, en la mayoría de los casos con residuos domiciliarios o con residuos de cultivos (Angelidaki et al., 2006, Cavinato el al., 2010, Lantz et al., 2007, Kavacik y Topaloglu, 2010). La digestión anaeróbica ha demostrado ser un tratamiento eficaz que provee varios beneficios, los cuales incluyen, además del aprovechamiento de un efluente para la obtención de energía, la reducción de olores y agentes patógenos y la posibilidad de uso del residuo final generado como fertilizante (Albertson,et al.,2006; Morris y Lathwell, 2004; Mantovi et al., 2010).

Si bien hay numerosos estudios de codigestión con efluentes de tambo, existen pocas investigaciones con residuos provenientes de tratamiento DAF. Además, se debe tener en cuenta que las características de los residuos pueden variar, dependiendo de los procesos llevados a cabo tanto en la planta industrial como en la instalación de ordeñe, de la estación del año, de la alimentación de los animales, de la forma de manipulación y tratamiento de los efluentes, etc. En consecuencia, tomando como base estudios realizados por otros investigadores, se debe estudiar cada caso particular.

El objetivo general del trabajo es evaluar la codigestión anaeróbica, a escala piloto, de sólidos DAF que se generan en la planta de efluentes de una empresa láctea junto con los originados en instalaciones de ordeño, como alternativa sustentable para el tratamiento de los residuos de ambas actividades productivas, mediante la revalorización de los mismos a través de la producción de energía renovable (biogás) y biofertilizante. Como objetivos especificos se plantean buscar la relación óptima de residuos a codigerir, de manera de obtener una degradación

eficiente y una elevada produccion de gas metano, además de determinar las condiciones adecuadas de operación (temperatura, pH, contenido de sólidos, agitación, biomasa, etc.).

Materiales y Métodos

Caracterización de las fracciones

Antes del inicio de la experiencia, se caracterizaron las dos fracciones empleadas en la codigestión (fango DAF y efluente de tambo), para lo cual se realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos: pH (Método Electrométrico), Sólidos Totales (ST) (Evaporación y secado en estufa a 105 ºC), Sólidos totales volátiles (STV) (Calcinación en mufla a 550 ºC), Nitrógeno Total (NTK) (Método Kjeldhal), Fósforo Total (PT) (Ataque ácido y Método colorimétrico), Demanda Química de Oxígeno (DQO) (Calentamiento a reflujo con dicromato de potasio), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) (Dilución e incubación a 20 ºC a 5 días), Sustancias solubles en éter etílico (SSEE) (Extracción con éter etílico y evaporación), Conductividad Eléctrica (CE) (Método conductimétrico), Sulfuros (Método Iodométrico). Además, se analizaron metales por Absorción Atómica: Potasio, Calcio, Magnesio, Sodio, Cromo, Cadmio, Mercurio, Plomo, Arsénico, Cobre, Manganeso, Hierro, Níquel. Se realizaron los siguientes análisis bacteriológicos sobre el efluente de la instalación de ordeño: Determinación de Coliformes Totales (CT) (determinación de NMP/100 ml a 37 ºC durante 48 hs, en caldo Mc Conkey) y Coliformes Fecales (CF) (fermentación en tubos múltiples en caldo Verde Brillante Bilis a 44,5 ºC durante 24 hs), *Escherichia coli* (aislamiento en agar EMB con identificación IMVIC), *Pseudomonas aeruginosa* (partiendo de los tubos Mc Conkey utilizados en la determinación de coliformes, aquellos que desarrollaron un halo turbio en la superficie de dichos tubos se aislaron e identificaron en agar cetrimida a 37 ºC durante 24 hs), Bacterias Lácticas (Siembra en profundidad en Agar MRS), incubado a 30°C durante 48 horas bajo condiciones de Aerobiosis y Anaerobiosis), Clostridios Sulfito Reductores (Técnica de Número Más Probable con Agar SPS, 37°C durante 48 horas bajo condiciones de anaerobiosis). La metodología utilizada para los análisis se basa en la propuesta por APHA (2001).

Características del reactor a escala piloto y puesta a punto

En el estudio se utilizó un reactor a escala piloto perteneciente a una empresa láctea de la ciudad de Rafaela (Figura 1). El mismo fue construido en acero inoxidable y tiene una capacidad de 1000 litros. Posee un sistema de circulación de acero inoxidable y provisto de una bomba centrífuga de 1 HP; cuenta además con cañerías de succión, distribución e impulsión. El equipo dispone de un sistema de calefacción por medio de resistencia eléctrica y control automático de temperatura. Posee una cañería de alimentación y válvulas para toma de muestra de barros de fondo (purga), de efluentes tratados y de biogás. El reactor cuenta con un manómetro para el control de la presión del biodigestor y una válvula de seguridad. Para favorecer el mezclado y la liberación del gas del medio; el sistema tiene agitación mecánica facilitada por una hélice impulsada por un motor eléctrico de 0,50 HP con motorreductor.

Se realizó la puesta a punto del biorreactor agregando 600 L del efluente de tambo (como inóculo) y el fango DAF, en una proporción 3:1 (de manera de obtener un contenido de sólidos totales entre 6-10% y además para contar con una importante carga bacteriana, dada por el efluente de tambo). Luego, se continuó alimentando con fango DAF(10 L de fango más 15 L de agua) y se realizaron mediciones de pH, temperatura, FOS/TAC y análisis bacteriológico además de comprobar el funcionamiento del biodigestor y el sistema de agitación y calefacción. En base a esto, se determinaron las condiciones óptimas de operación.

Desarrollo de la experiencia

Se efectuó una experiencia utilizando el biorreactor donde se evaluó la codigestión de dos residuos, uno correspondiente al fango del tratamiento primario por flotación de aire disuelto

(DAF) de efluentes de una industria láctea y el otro perteneciente a los efluentes de una instalación de ordeñe.

Se utilizó una carga inicial de 500 L de material semisólido (5,79 g/100 ml de sólidos) proveniente de una laguna anaeróbica de efluentes de tambo, de manera de asegurar la presencia de los distintas cepas bacterianas necesarias para la digestión anaeróbica, ya que en la experiencia de puesta a punto del reactor se comenzó con una mezcla de efluente de tambo y fango DAF y no se logró una buena reproducción de los microorganismos.

Figura 1: Fotografías del Biodigestor anaeróbico construido a escala piloto (1000 L)

La temperatura de operación del digestor, es considerada uno de los principales parámetros de diseño, debido a la gran influencia de este factor en la velocidad de digestión anaeróbica. Se inició la experiencia a 25 ºC y se incrementó la temperatura a razón de 1 ºC/día hasta llegar a 31 ºC. El objetivo de este aumento gradual es adaptar la flora bacteriana y favorecer el comienzo del proceso anaeróbico. Durante este período se efectuaron mediciones de pH, FOS/TAC y análisis bacteriológico. El parámetro FOS/TAC establece la relación entre ácidos orgánicos volátiles (FOS) y carbonato inorgánico total (TAC) o capacidad de compensación alcalina. El mismo, es una medida del riesgo de acidificación de la planta de biogás (Voß et al., 2009). Tanto este parámetro como pH, brindan información sobre el estado general del proceso, permitiendo actuar preventivamente ante un cambio de las condiciones y además definir la alimentación adecuada. Al verificar que los valores de pH se encontraba cercano a la neutralidad, y que los valores de FOS/TAC y los recuentos microbianos eran adecuados y constantes, se comenzaron a incorporar cargas diarias del residuo DAF (10 L de fango más 15 L de agua), hasta llegar a un volumen final de 750 L. Se continuó aumentando la temperatura hasta alcanzar los 34 ºC y a partir de ese momento se mantuvo la temperatura mesofílica contante.

Para garantizar una temperatura homogénea, fue imprescindible contar con un sistema de agitación y un controlador de temperatura, ya que las variaciones bruscas de la misma en el digestor podrían producir la desestabilización del proceso. La calefacción y agitación se realizaron de manera continua, lo que permitió mantener el contenido del reactor mezclado, prevenir la sedimentación de los sólidos suspendidos y favorecer el proceso de degradación microbiana.

Luego del llenado del reactor, se realizó diariamente la medición de pH y temperatura. Tres veces por semana se determinó el parámetro denominado FOS/TAC. A lo largo de la experiencia se efectuaron los siguientes análisis (en alguno casos cada 48 horas y otros cada 7 días): Sólidos Totales (ST), Sólidos Volátiles (SV), Nitrógeno total (NTK), Fósforo total (PT), Sulfuros, DQO, conductividad eléctrica (CE), Determinación de Coliformes Totales (CT) y Coliformes Fecales (CF), *Escherichia coli*, Bacterias Lácticas y Clostridios Sulfitos reductores. Además, se determinó diariamente la producción de biogás en forma cualitativa comprobando la combustión a través de la formación de una llama.

La experiencia tuvo una duración de 48 días. La misma tuvo que ser interrumpida debido a fallas técnicas de la bomba de recirculación por acumulación de sólidos (principalmente materia grasa), lo que afectó simultáneamente tanto la agitación como la calefacción del efluente tratado, fundamentales para el funcionamiento de la codigestión y producción de biogás.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados de caracterización del residuo proveniente del tratamiento DAF y del efluente de tambo utilizados en la experiencia. El fango DAF posee un pH ácido, un contenido de sólidos de 11,7 %, donde aproximadamente el 84 % corresponde a sólidos volátiles, valor que se correlaciona con el contenido de materia orgánica. Analizando los resultados de los residuos de predio lechero se puede observar que el pH es cercano a la neutralidad. El contenido de humedad es elevado, superior al del fango DAF, mientras que los sólidos volátiles corresponden al 39 % de la materia seca. El contenido de fósforo total, nitrógeno total y grasas es inferior en el efluente de tambo respecto del fango DAF.

Tabla 1: Resultados de análisis de Fangos DAF y Efluente de tambo utilizado en las experiencias.

PARÁMETRO	Fango DAF	Efluente de tambo
pH	6,29	7,18
Humedad	88,3 (g/100 g)	94,21 (g/100 ml)
Residuos seco	11,7 (g/100 g)	5,79 (g/100 ml)
Sólidos volátiles	83,6 (g/100 g muestra seca)	2,27 (g/100 ml)
Nitrógeno Total (mg N/L)	4202,8	931,0
Proteínas (%)	2,68	0,58
Fósforo Total (mg/L)	599,6	94,6
Sustancias solubles éter etílico (g/L)	10,9	0,17
Arsénico (µg As/kg)	2,30	0,34
Manganeso (mg Mn/kg)	1,6	12
Hierro (mg/kg Fe)	58	385
Calcio (mg Ca /kg)	3627	293
Magnesio (mg Mg /kg)	690	132
Potasio (mg K /kg)	603	724
Sodio (mg Na /kg)	1158	594
Cobre (mg Cu /kg)	ND (1)	8,6

En cuanto a los metales se observa una importante variación en la concentración de los mismos comparando los resultados de ambas muestras. Los contenidos de calcio, magnesio y sodio son significativamente superiores en el fango DAF, lo cual se puede deber fundamentalmente a la presencia de los mismos en los procesos productivos de la industria láctea. En cambio en el efluente de tambo las concentraciones de potasio, manganeso y hierro son superiores a las del fango DAF. En lo que respecta a las concentraciones de cromo, plomo, cadmio, cobalto y níquel se encontró que las mismas se encuentran por debajo del límite de detección del método empleado, por lo tanto no se han incluido en la Tabla 1. En el caso del cobre, no se detectó en la muestra DAF, encontrándose una concentración de 8,6 mg Cu/Kg en el efluente de tambo.

Con respecto al análisis bacteriológico, se encontró que el efluente inicial de tambo contenía $4{,}1.10^{11}$ UFC/ml de bacterias lácticas, $4{,}6\ .10^{12}$ NMP/100 ml, tanto de Bacterias Coliformes totales como fecales. Se encontró presencia de *Eschericchia coli* y *Pseudomona aeruginosa*.

A lo largo de la experiencia la temperatura del líquido en el biorreactor, se mantuvo entre 33 y 34 ºC (mesofílica). Los procesos anaeróbicos, al igual que muchos otros sistemas biológicos, son fuertemente dependientes de la temperatura. La velocidad de reacción de los procesos biológicos depende de la velocidad de crecimiento de los microorganismos involucrados que, a su vez, dependen de la temperatura. A medida que aumenta la temperatura, aumenta la velocidad de crecimiento de los microorganismos y se acelera el proceso de digestión, dando lugar a mayores producciones de biogás.

El pH es muy común que disminuya fácilmente, debido a la degradación de los compuestos orgánicos complejos en ácidos volátiles, principalmente por la acumulación de acético que se produce durante los primeros días hasta la estabilización de la flora metanógena (Gamiz Aguilar, 2007). Los valores de pH medidos en el líquido sobrenadante a lo largo de la experiencia oscilaron entre 7,02 y 7,50 dando un promedio de 7,23 (Figura 2). El mismo se encuentra dentro del rango óptimo y ha sido adecuado para el desarrollo de las bacterias metanogénicas, lo cual es de suma importancia. Debido a los pH de trabajo se puede inferir que no se ha producido acidificación durante la experiencia.

Si bien el pH es un indicador de la posible acidificación del reactor, la relación FOS/TAC constituye una determinación más efectiva (Massimo, et al., 2012), ya que como se definió anteriormente, es una medida del riesgo de acidificación de la planta de biogás. Este dato, da información temprana de cómo va evolucionando la digestión antes de que se alcance la acidificación. Por lo tanto, controlando periódicamente este parámetro, por un lado se tiene información de cómo se va desarrollando el proceso, y por otro, permite remediar el problema antes de que llegue a una situación irreversible. (Voß et al. (2009) toman valores entre 0,15 y 0,45 como referencia para considerar que el proceso es estable. Valores comprendidos entre 0,3 y 0,4 indican que la producción de biogás es máxima y se debe mantener constante la entrada de biomasa Valores menores indican que se debe aumentar la cantidad de biomasa (alimentación) y valores elevados indican que hay excesiva cantidad de la misma por lo que se debería incorporar microorganismos (Weichgrebe, 2007). Los valores obtenidos fueron variables a lo largo del ensayo. En una primera etapa se estuvieron valores por debajo de 0,3. Luego de sucesivos agregados de fango DAF, comienza a subir, llegando a una relación de 0,65. Los valores por encima de 0,40 se pueden relacionar con caída de la carga bacteriana, encontrándose en la experiencia valores de coliformes totales y fecales que comienzan a disminuir ($1{,}3\ .10^{6}$ NMP/100 ml)

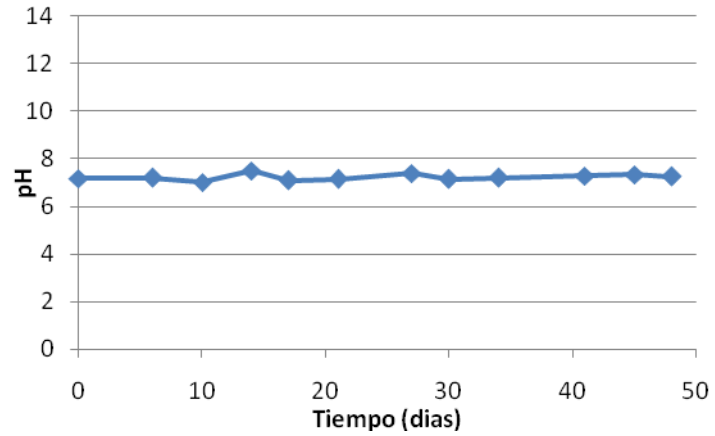
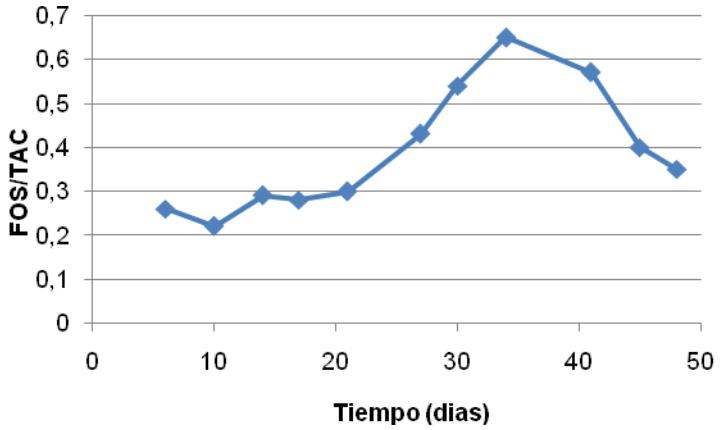


Figura 2: Resultados de pH obtenidos en el líquido tratado a lo largo de la experiencia.



.

Figura 3: Resultados de relación FOS/TAC obtenidos en el líquido tratado a lo largo de la experiencia.

El porcentaje de sólidos totales contenidos en la carga del digestor es un factor importante para asegurar que el proceso se efectúe satisfactoriamente (Gamiz Aguilar, 2007). La movilidad de las bacterias metanogénicas dentro del sustrato se ve crecientemente limitada a medida que se aumenta el contenido de sólidos y por lo tanto puede verse afectada la eficiencia y producción de gas. Se sugiere mantener concentración de sólidos dentro del biodigestor entre 6-10 %. En la experiencia, se asume que el contenido ST y SV de la biomasa (grasas DAF) se mantiene constante, dato que se obtiene de la caracterización inicial de la misma. A partir de esta información se realiza la alimentación del fango con una cantidad suficiente de agua para lograr los sólidos requeridos.

En la Figura 4 se muestran las concentraciones halladas de Sólidos Totales y Sólidos Volátiles a lo largo de la experiencia. Como se observa, las concentraciones iniciales fueron elevadas y en general, disminuyeron con el transcurso del tiempo. El día 14 se produce un descenso brusco de las mismas, debido a la necesidad de realizar un filtrado por la presencia de sólidos gruesos que obstruían la línea de recirculación. El día 21, debido al requerimiento de incorporar alimento, se realizó un nuevo agregado de ambos efluentes, lo que provocó un aumento en el volumen de sólidos presentes. Luego de este agregado los valores de ST se mantuvieron entre 1,8 y 3,8 %. La relación entre Sólidos Volátiles y Sólidos Totales se mantuvo constante en un 40% (con un coeficiente de correlación de 0,963), valor que relaciona la cantidad de materia orgánica con respecto al contenido total de sólidos.

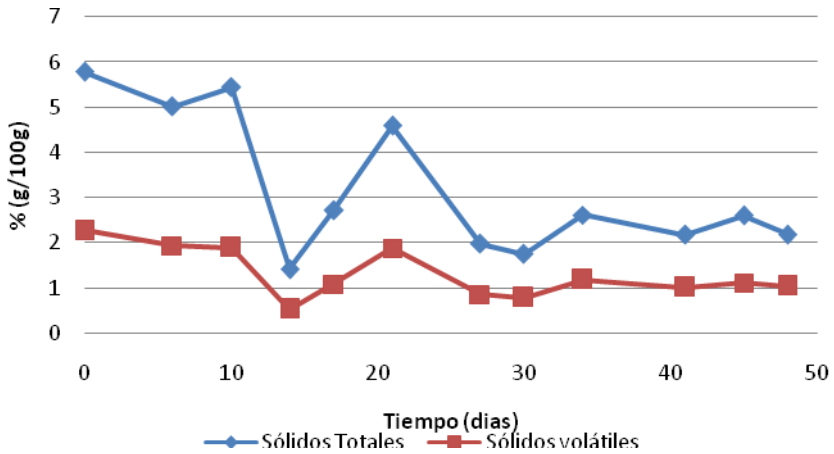


Figura 4: Resultados de sólidos totales y volátiles obtenidos en el líquido tratado a lo largo de la experiencia.

Al analizar las concentraciones de sulfuros en el líquido durante la experiencia (Figura 5) se observa una importante variabilidad, encontrándose concentraciones entre 40 y 150 mg S^{-2}/L. La presencia de dicho ion se debe a las condiciones de anaerobiosis existentes en el líquido digerido y a la presencia de bacterias clostridios sulfitos reductoras. Los resultados de las mencionadas bacterias también fueron variables, las mismas oscilaron entre $1{,}1.10^{5}$ y $1{,}5.10^{7}$ m.o./ml, presentando variaciones similares a las obtenidas en el contenido se sulfuros. El descenso producido a los 14 días se debe al filtrado explicado anteriormente, mientras que la disminución de los valores al final de la experiencia, son consecuencia de la disminución de la actividad microbiana.

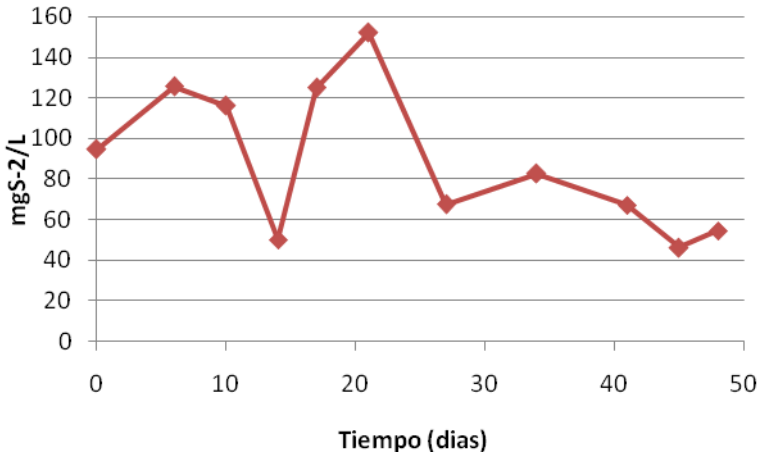


Figura 5: Resultados de sulfuros obtenidos en el líquido tratado a lo largo de la experiencia.

Los valores de DQO obtenidos en el liquido muestreado durante la experiencia fueron muy variables, encontrandose entre 29523 y 9585 mg O_2/L (Figura 6). Las fluctuaciones estan relacionadas con la alimentación de sustrato y la digestión y uso de la materia orgánica biodegradable para el crecimiento de las bacterias.

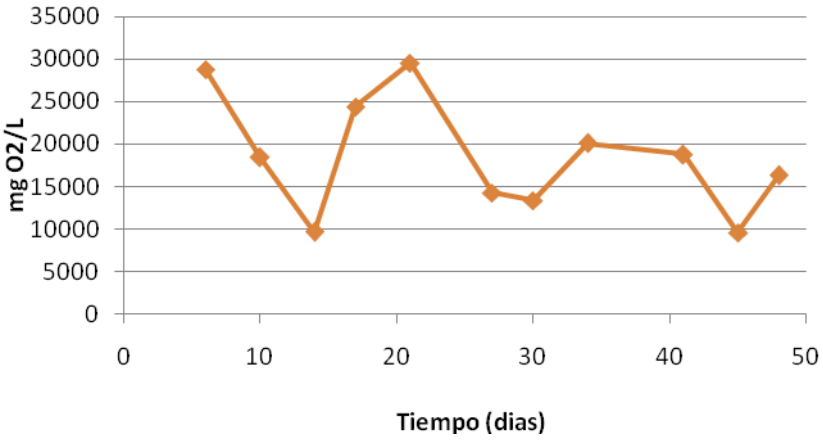


Figura 6: Resultados de Demanda Química de Oxígeno (DQO) obtenidos en el líquido tratado a lo largo de la experiencia.

Las concentraciones de Nitrógeno total oscilaron entre 800 y 1000 mg/L a lo largo de la experiencia. En esta oportunidad, no se realizaron determinaciones de amonio, por lo que no se puede saber como fue la evolución del mismo y del nitrógeno orgánico respecto al contenido total de nitrógeno.

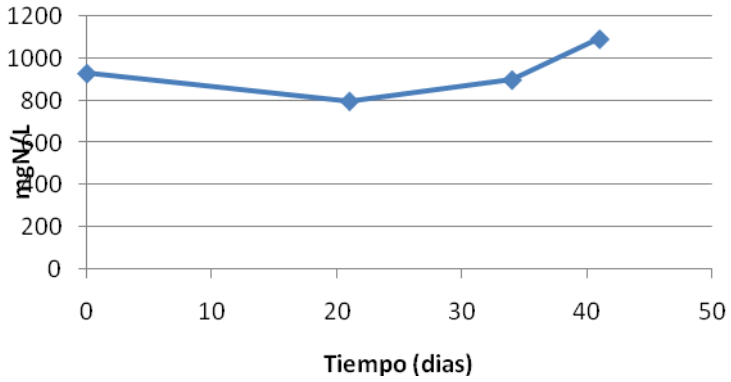


Figura 6: Resultados de Nitrógeno Total obtenidos en el líquido tratado durante la experiencia.

En cuanto a la obtención de biogás, se observó abundante producción hasta el día 14, donde se tuvo que filtrar el líquido. Este hecho produjo la incorporación de oxígeno, lo que perjudicó el crecimiento de las bacterias y en consecuencia el tratamiento. A partir de ese momento, la producción de biogás comenzó a verse limitada y a disminuir su capacidad combustible.

Las primeras experiencias de codigestión utilizando el reactor a escala piloto permitieron realizar ajustes tanto en el equipo como en la manipulación de muestras a digerir. Actualmente, se está llevando a cabo una nueva experiencia con medición cuantitativa de biogás producido y alimentación continua de ambos residuos a tratar.

Conclusiones

El estudio demostró, que es factible llevar a cabo un tratamiento anaeróbico con diferentes tipos de residuos (efluente de tambo y efluente de proceso DAF de industria láctea) a través de un sistema de codigestión, sin la necesidad de agregados químicos e inóculos.

La temperatura mesofílica y la agitación constante son factores importantes para lograr el crecimiento de los microorganismos y, en consecuencia una digestión efectiva con producción de biogás.

Es primordial realizar un control periódico de pH, temperatura, FOS/TAC y recuento bacteriano para asegurar el buen funcionamiento de la digestión.

En próximas experiencias, se continuará trabajando en la mejora del proceso y se realizarán mediciones cuantitativas del biogás generado para evaluar su calidad y posible aprovechamiento como fuente de energía. Además, se estudiará la posibilidad de emplear el líquido digerido como biofertilizante.

Bibliografía

Albertson, M.L, Pruden, A., Oliver, R.T., (2006). Enhanced anaerobic digestion of biomass waste for optimized production of renewable energy and solids for compost. *Int. Congress Series* 1293, 221-229.

American Petroleum Institute (1983) Land Treatment Practice in the Petroleum Industry, report prepared by Environmental Research and Technology Inc., Washington, DC.

Angelidaki, I., Chen, X., Cui, J., Kaparaju, P., Ellegaard, L. (2006). Thermophilic anaerobic digestion of source-sorted organic fraction of household municipal solid waste: start-up procedure for continuously stirred tank reactor. Water Research 40 (14), 2621–2628.

Angelidaki,I., Ellegaard, L., (2003). Codigestions of manure and organic wastes in centralized biogás plants. Applied Biochemistry and Biotechnologic. 109,95-105.

APHA. (2001). "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater". 20th Edition. American Public Health Assoc., N. York.

Brambilla, M, Araldi, F., Marchesi, M., Bertazzoni, B., Zagni, M., Navarotto, P. (2012) Monitoring of the startup phase of one continuous anaerobic digester at pilot scale level. Biomass and Bioenergy, 36:439–446.

Cavinato, C., Fatone, F., Bolzonella, D., Pavan P., (2010). Thermophilic anaerobic co-digestion of cattle manure with agro-wastes and energy crops: Comparison of pilot and full scale experiences. Bioresource Technology 101, 545–550.

Creamer, K. S., Chen a, Y., Williams, C.M., Cheng, J.J. (2010). Stable thermophilic anaerobic digestion of dissolved air flotation (DAF) sludge by co-digestion with swine manure. *Bioresource Technology,* 101, 3020–3024.

Gamiz Aguilar, Maner (2007). Tecnologías sostenibles para la gestión de residuos en Ventanilla (Lima). Aprovechamiento energético del Biogás. Universitat Politècnica de Catalunya.

Hejazi, R. F., Husain,T., Khanb, F. I. (2003). Landfarming operation of oily sludge in arid region—human health risk assessment. Journal of Hazardous Materials B99 287–302

Kavacik, B. y Topaloglu, B., (2010). Biogas production from co-digestion of mixture of cheese whey and dairy manure. Biomass and Bioenergy 34 (1321-1329).

Lantz, M., Svensson, M., Bjornsson, L., Borjesson, P., 2007. The prospects for an expansion of biogas systems in Sweden – incentives, barriers and potentials. Energy Policy 35, 1830–1849.

Mantovi, P., Fabbri, C., Soldano, M., Piccinini, S. (2010). Effect of solid/liquid separatios on raw and digested slurries. Proceedings of the 14th International Ramiran Conference.

Morris, D.R., Lathwell, D.J., (2004). Anaerobically digested dairy manure as fertilizer for maizein acid and alkaline soils. Commun. Soil Sci. Plan. 35,1757-1771.

Ritter, W.F. (1985). Land disposal of high grease content poultry processing sludge. In: Agricultural Waste Utilization and Management: Proceedings of the Fifth International Symposium on Agricultural Waste. ASAE, St. Joseph, Michigan, pp. 560–568.

Taverna,M., Charlon, V., Panigatti, M.C., Castillo, A., Serrano, P., Giordano, J., (2004). "Manejo de los residuos originados en las instalaciones de ordeño. Una contribución al logro de

ambientes locales sanos". Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1er Edición. Rafaela. ISBN 987-521-121-4. 75 p.
Voß, E., Weichgrebe D., Rosenwinkel, K.-H. (2009) FOS/TAC – Deduction, Methods, Application and Significance Internationale Winenschaftskonferenz ''Biogas Science 2009—science meet practice'', LfL-Bayern.
Weichgrebe, D. (2007): FOS/TAC, Herkunft, Methode und Anwendbarkeit, Vortrag: Wasserwirtschaftliches Kolloquium Leibniz Universität Hannover
Westerman, P.W., Hankins, W.L., Safley, L.M., (1989). Nitrogen availability from poultry processing plant DAF sludge. *Trans. ASAE 32* (4), 1287–1294.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaría de Estado de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de Santa Fe, a la Universidad Tecnológica Nacional y a la Empresa Sucesores de A. Williner por el apoyo económico para la ejecución del Proyecto.

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LEVADURAS DEL GÉNERO *RHODOTORULA.* EN UN EFLUENTE LÁCTEO

Moyano Silvia[1], Liboa Alejandra[1], Guerín M. Eugenia[1], Peralta José M.[2], Marín Graciela[1], Pegoraro L[1].

1 Laboratorio de Química y Microbiología; 2 Grupo GISIQ.
Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Villa María.
Av. Universidad 450, Villa María, Córdoba, Argentina.
e-mail: silmoyano@hotmail.com.

Resumen

Rhodotorula mucilaginosa demostró capacidad de degradar materia grasa en efluentes de restaurantes y de biodiesel. El objetivo de este trabajo fue determinar la capacidad de crecimiento de la levadura ***Rhodotorula sp.*** en un efluente de origen lácteo. Un inoculo de esta levadura se aisla de un efluente de una mantequera, se mezcla con 3 litros de un efluente lácteo en un reactor con agitación y aireación constante, durante 5 días. El recuento de las levaduras en el efluente se realiza utilizando la técnica de la International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF), para la determinación de hongos y levaduras. La degradación de la materia orgánica es cuantificada a través del seguimiento de la Demanda Química de oxígeno (DQO) y de las grasas del efluente. Para ello se utilizaron las técnicas del Standard Methods for the examination of water and waste. Los resultados de los análisis microbiológicos y de la DQO fueron evaluados estadísticamente con el programa OriginPro 7.5. Los principales resultados obtenidos fueron: el máximo crecimiento de la ***Rhodotorula sp*** se produce entre las 38 y 40 horas de incubación y la observación en el transcurso de la experiencia, del desarrollo de levaduras blancas y de hongos del género ***Geotrichum sp.*** propios del efluente original utilizado. Además se registró una reducción del 76.5% de grasa en el efluente después de 5 días. Lo anterior constituye una disminución significativa de la materia grasa presente en el efluente original, lo cual confirma la capacidad de la levadura ***Rhodotorula sp.*** de degradar grasas y de disminuir de la DQO.

Palabras claves
Efluente lácteo, ***Rhodotorula sp*** **,** degradación grasas, disminución de DQO.

Abstract

Rhodotorula mucilaginosa showed the ability to degrade fat in restaurant and biodiesel effluents. The aim of this study was to determine the growth capacity of the yeast ***Rhodotorula sp***. in an effluent from dairy source. An inoculum of this yeast is isolated from butter churner effluent and is mixed with 3 liters of a dairy effluent in a reactor with constant aeration and agitation for 5 days. Yeast count in the effluent is performed using the technique of the International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF), for determination of fungi and yeasts. The organic matter degradation is quantified by monitoring the chemical oxygen demand (COD) and effluent fats. To do this, the techniques of Standard Methods for the examination of water and waste we used. The results of the microbiological analyzes and COD were statistically evaluated with the program OriginPro 7.5. The main results were: maximum growth of ***Rhodotorula sp***

occurs between 38 and 40 hours of incubation and observation during the experience of development of white yeasts and fungi of the genus ***Geotrichum sp***. inherent to the original used effluent. In addition, there was a 76.5% reduction of fat in the effluent after 5 days. This constitutes a significant reduction in the fat present in the original effluent, confirming the ability of the yeast Rhodotorula sp. to degrade fats and reduce COD.

Keywords
Dairy effluent, ***Rhodotorula sp,*** fat degradation, COD decrease.

Introducción

Las levaduras pertenecientes a la especie ***Rhodotorula mucilaginosa*** demostraron la capacidad de degradar grasas en efluentes de restaurantes (Fujii, E et al. 2003) y en efluentes de biodiesel (Suehara K et al. 2005), lo cual hace que las levaduras pertenecientes a este género, desde el punto de vista biotecnológico, podrían tener aplicación en la degradación de la materia grasa de otros efluentes industriales como los efluentes lácteos. Las colonias de las levaduras de este género son suaves, mucosas, de color rosado y/o rojo anaranjado cremoso o rugoso, no fermenta azúcares y produce ureasa. El color rosado de la colonias por la producción de carotenoide facilita su identificación (Carrillo, 2003).

Las herramientas informáticas resultaron de utilidad para evaluar el crecimiento microbiano. El análisis estadístico del crecimiento de la ***Rhodotorula sp.*** fue efectuado con el programa OringPro 7.5 que resultó más adecuado para analizar los resultados obtenidos que el sorfware específico para el análisis de efluentes Aquasim 2.1 b (Reichert, 1998, Moyano et al. 2013).

El objetivo de esta experiencia fue determinar el crecimiento en un efluente lácteo de una cepa de ***Rhodotorula sp***. aislada de un efluente de una mantequetera. Para observar la degradación de la materia grasa se analizó el contenido del materia grasa en el efluente al comienzo y al final de la experiencia.

Materiales y métodos

- Aislamiento de la levadura el género ***Rhodotorula.*** Se efectuó a partir de una muestra de efluente de una industria mantequera. Se procesó realizando un recuento de hongos y levaduras (ICMSF.1982, Subcommittee on microbiological criteria. 1985). Para la caracterización de las levaduras desarrolladas se tuvo en cuenta la clasificación propuesta por (Pitt et al. 1997, Carrillo, 2003, Pemán, 2007).

- Diagrama del ensayo: Se realizó un inóculo en caldo de glucosa- extracto de levadura y fosfato dipotásico (Liboa et al. 2012) y se colocó a 3 litros de efluente lácteo en un reactor de 4 litros durante 5 días. Se diagramó la toma de muestras a distintos tiempos durante el transcurso de la experiencia, para realizar análisis microbiológicos (recuento hongos y levaduras), así también como análisis diarios de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), como parámetro de la degradación de la materia orgánica

- Inóculo de ***Rhodotorula sp***. Se tomó de la superficie una colonia típica de levadura y se sembró en 200 ml de caldo para levaduras (8 g glucosa, 0.8 g extracto de levadura, 0.08 g fosfato monopotásico, 0.08 g sulfato magnésico y agua destilada c.s.p. 200 ml). Luego se incubó a 30 ± 2 ºC durante 72 horas.

- Biodigestor Se volcó el inoculo de la levadura en 3 litros de un efluente lácteo en un reactor de 4 litros provisto de agitación de aproximadamente 219 Hp y aireación constante, durante 5 días.

- Análisis microbiológico. El recuento de las levaduras ***Rhodotorula sp*** en las muestras de efluente lácteo se realizó con la técnica propuesta por la ICMSF. Como medio selectivo para la determinación de hongos y levaduras se utilizó Agar de glucosa, Extracto de levaduras, Cloramfenicol. Las placas inoculadas con el efluente se incubaron durante 72 + 2 horas a 30 + 2 °C. (ICMSF, 1982).

- Determinación del DQO del efluente lácteo. Método colorimétrico a reflujo cerrado. 5220 D. Standard Methods for examination of water & wastewater. APHA, 21 th Edition (2005).

- Determinación de aceite y grasa en un efluente lácteo:. 5520 A y B. Standard Methods for examination of water & wastewater APHA, 21 th Edition (2005).

- Análisis estadísticos de los datos: Se analizaron con el software OrginPro 7.5.

Resultados y discusión

Se analizaron en total 11 muestras del efluente inoculado con un caldo con levaduras del género ***Rhodotorula sp***. Los resultados obtenidos del crecimiento durante 5 días después de la inoculación en el efluente lácteo, fueron analizados utilizando OriginPro 7.5 logrando el mejor ajuste con una curva polinómica de quinto orden y un coeficiente de correlación r= 0,925 (ecuación 1). El mayor crecimiento se observa a las 34 horas de producida la incubación (figura 1).La elección del OriginPro se fundamenta en que dicho programa estadístico interpretó mejor los datos experimentales que el software Aquasim 2.1b (Reichert, 1998, Moyano et al. 2013).

$$Y = 5.25 + 0.218\ X + 0.042\ X^{2} - 0.0014\ X^{3} + 1.686^{-5}\ X^{4} - 6.91^{-8}\ X^{5} \quad (1)$$

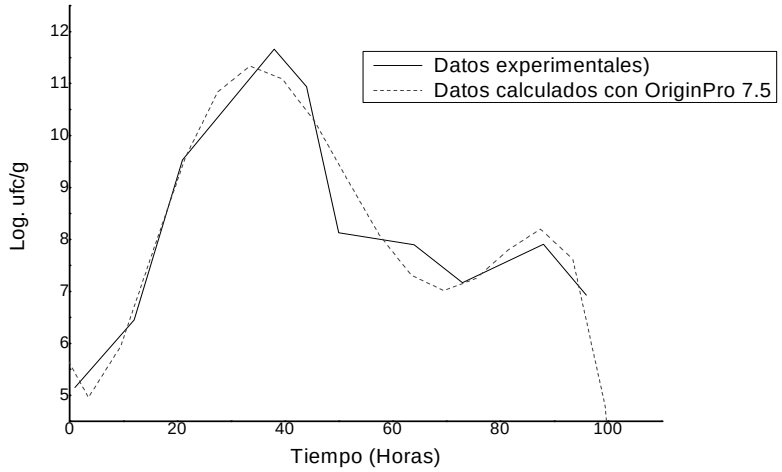


Figura.1: Crecimiento de la ***Rhodotorula sp*** en el biodigestor en una muestra de efluente lácteo.

Cuando los datos de la zona de crecimiento de la curva experimental se ensayaron con el programa OriginPro 7.5 se logró un coeficiente de correlación de 0,998 con una curva polinómica de tercer orden (ecuación 2, tabla 1).

$$Y = 5.09 + 0.0242\ X + 0.0169\ X^{2} - 3.043^{-4}\ X^{3} \quad (2)$$

Tabla 1.: Valores del crecimiento del la ***Rhodotorula sp.*** calculados con el OriginPro 7.5.

Tiempo (horas)	**Datos experimentales**	**Valores calculados con OriginPro 7.5 (Polinómica de tercer orden)**
1	5,51	5,08
12	6,45	6,71
21	9,53	9,21
38	***11,66***	***11,88***
44	10,94	10,82

Como puede observarse la máxima concentración calculada de ***Rhodotorula sp.***, se produce aproximadamente a las 38 horas, en concordancia a lo observado durante la experiencia

La evolución del pH en el lapso del la experimento, se observa en figura 2, donde se manifiesta una disminución del pH hasta 4,51 a las 38 horas de incubación. Esto coincide con el máximo crecimiento del la levaduras ***Rhodotorula sp.*** Luego comienza una elevación de los valores hasta alcanzar un pH de 8.47 al final de los cinco días.

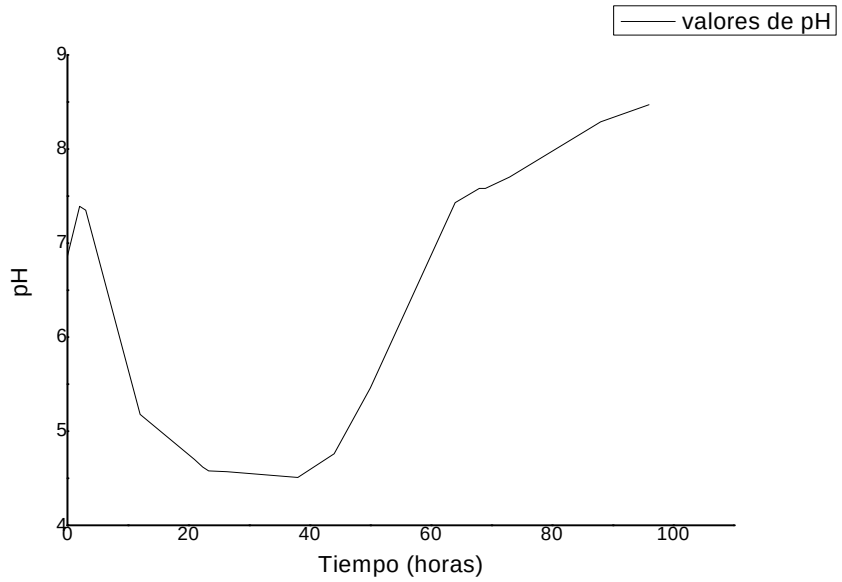


Figura 2. Valores de pH del efluente lácteo inoculado con levaduras ***Rhodotorula sp.***

Durante el desarrollo de la experiencia se observó mucha producción de espuma en el reactor a las 21 horas y la formación de color rosado (color del pigmento rosado-mangenta de las levaduras del género ***Rhodotorula***) a partir de las 38 horas y que se mantuvo hasta el final de la experiencia (tabla 2 y figura 3).

Tabla 2 Observaciones realizadas durante el crecimiento de la ***Rhodotorula sp.*** en un efluente lácteo.

N° de Muestras	Tiempo (horas)	Observaciones
M3	21	Mucha producción de espuma, se desconecto el aireador para que baje y se aumento la velocidad de agitación.
M5	38	Se observo formación de espuma rosada. Especialmente esta espuma se adhirió a las paredes del recipiente.
M7	50	Muy poca producción de espuma casi nula. Color rosado bien definido.
M8	64	Color intenso. Poca formación de espuma.

Figura 3. Espuma rosada producida por el crecimiento de la ***Rhodotorula sp.*** en un efluente lácteo en el biodigestor.

Cuando se realizaron las lecturas de las placas de Agar Extracto de levadura y Cloramfenicol inoculadas con el efluente, se observó además del desarrollo de colonias típicas de levaduras rosadas del género ***Rhodotorula***, el crecimiento de colonias blancas levaduriformes y de hongos filamentosos blancos (figura 4). En la observación microscópica de las colonias de hongos se distinguieron la presencia de artrosporas, las cuales son esporas fúngicas que se originan por la fragmentación de las hifas del hongo, típicas del género ***Geotrichium.***

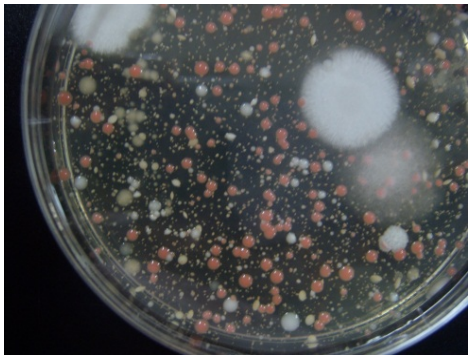


Figura 4. Colonias rosadas (***Rhodotorula sp***.), colonias levaduriformes blancas y de hongos ***Geotrichium*** desarrolladas en Agar Extracto de levaduras- glucosa- cloramfenicol

El crecimiento de las levaduras blancas propias del efluente lácteo se evaluó con el programa OriginPro 7.5, las cuales presentaron una evolución similar a las levaduras ***Rhodotorula sp.*** *(*ecuación 3, figura 5)

El mejor ajuste con los datos experimentales se obtuvo con una curva polinómica de quinto orden, con un coeficiente de correlación del 0,754. El mayor desarrollo de las levaduras blancas fue a las 38 horas, en concordancia con los resultados obtenidos con las levaduras del género ***Rhodotorula.***

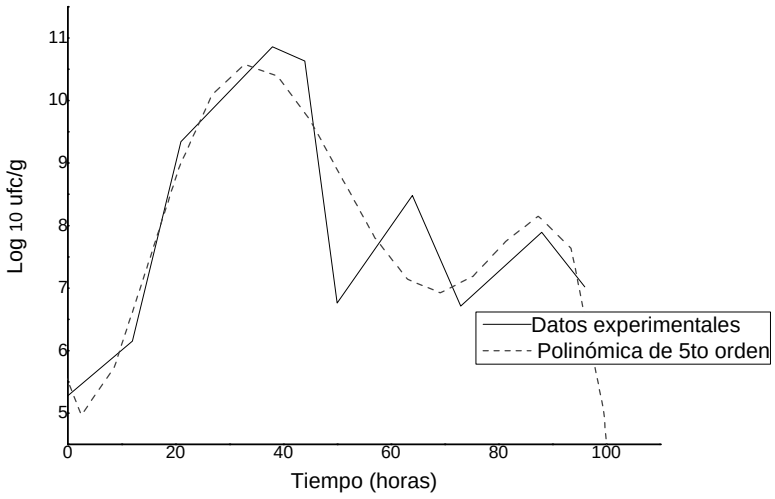


Figura.5: Crecimiento de las levaduras blancas en el biodigestor en una muestra de efluente lácteo inoculado con levaduras de género ***Rhodotorula sp.***

$$Y = 5.25 + 0.218\,X + 0.042\,X^{2} - 0.0014\,X^{3} + 1.686^{-5}\,X^{4} - 6.91^{-8}\,X^{5} \quad (3)$$

En relación al desarrollo del hongo ***Geotrichium*** en el efluente lácteo inoculado con ***Rhodotorula sp*** , el mismo se manifestó a partir de las 21 horas, alcanzando el máximo a las 38 horas (figura 6).

Figura.6. Crecimiento de las colonias de hongo ***Geotrichium sp .*** en el biodigestor en una muestra de efluente lácteo inoculado con levaduras de género ***Rhodotorula sp.***

Cuando se realizó la determinación de grasas y aceites en el efluente lácteo, al tiempo inicial de inoculación con las levaduras del género ***Rhodotorula*** y al final de los cinco días de la experiencia se obtuvo un 76,5 % de disminución en el porcentaje de materia grasa (tabla 3) .Esto indica una disminución significativa de la materia grasa presente en el efluente original, lo que demuestra la capacidad de degradar estos compuestos por las levaduras del género ***Rhodotorula.***

Tabla 3. Porcentaje de disminución de grasa en un efluente lácteo inoculado con ***Rhodotorula sp.***

Tiempo (horas)	**Cantidad de Grasas en mg/litro**	**Porcentaje de disminución de grasas en el efluente inoculado con *Rhodotorula sp.***
M1 : 0	1380	
M2: 96	324	76.5%

Conclusiones

Los resultados obtenidos en la experiencia realizada inoculando levaduras del género Rhodotorula de origen lácteo en un efluente de una mantequera fueron:

- Al analizar el desarrollo de la ***Rhodotorula sp***. con el programa OriginPro 7.5, la curva de datos experimentales correspondió a una ecuación polinómica de quinto orden.
- Cuando sólo se analizaron los datos de la zona de crecimiento de la ***Rhodotorula sp***., la ecuación que mejor interpretó los datos experimentales fue una curva polinómica de tercer orden. El máximo crecimiento de esta levadura se observó a las 38 horas de inoculación en concordancia con los datos experimentales.
- Se manifestó una disminución del pH hasta 4,51 a las 38 horas de incubación, coincidiendo con el máximo crecimiento del la levaduras ***Rhodotorula sp.*** Posteriormente hubo una elevación de los valores hasta alcanzar un pH de 8.47 al final de los cinco días.
- Durante el experimento se presentó desarrollo de levaduras blancas y de hongos identificados como pertenecientes al género ***Geotrichuim,*** propios del efluente original.
- Las levaduras blancas presentaron un desarrollo semejante a la ***Rhodotorula*** inoculada al efluente.
- El desarrollo del hongo ***Geotrichium*** se manifestó a partir de las 21 horas, alcanzando el máximo a las 38 horas
- Se obtuvo un 76,5 % de disminución en el porcentaje de materia grasa presente en el efluente original. Esto indica una disminución significativa, lo que demuestra la capacidad de degradar estos compuestos por las levaduras del género ***Rhodotorula.***

Referencias

- ✓ **Carrillo, L**. 2003 *Los Hongos de los Alimentos y Forrajes.* Argentina. Universidad Nacional de Salta. Cap. 9. pág. 91-98.
- ✓ **Fujii, E, Tunematsu, T; Kaminoto, Y; Kohda, J; Suehara, K; Nakano, Y; Yano, T.** 2003. *"Microbial Treatment of Oil Contained Wastewater Discharged from Industrial Kitchen"*. Forestry and Fisheries Research Information Technology Center The Agriculture. Japan: Journal of Food Engineering. Vol 4. p. 123-129.

- ✓ **ICMSF** 1982. *Técnicas de Análisis microbiológico*. Microbiología de los Alimentos. -. Ed. Acribia,

- ✓ **Liboa M.A. , Guerìn M.E , Pegoraro L.** 2012. Influencia de la fuente de nitrógeno en el medio de cultivo en el crecimiento de Rhodotorula sp. 5ta Jornadas de Ciencia y tecnología (cytal 2012) UTN. Facultad regional Villa María.

- ✓ **Moyano S. Peralta Rosa M, Marín G, Liboa A, Guerín M.E.** 2013 *"Uso de Herramientas Informáticas en el Análisis de la Degradación de un Efluente Lácteo con Levaduras del Género Rhodotorula.* CAIP 2013 (11° Congreso Interamericano de Computación Aplicada a la Industria de Procesos). 21 al 25 de Octubre de. Lima .Perú.

- ✓ **Pemán, J., Martín-Mazuelos, E. Rubio Calvo, M.C***.* 2007. *Guía Práctica de Identificación y Diagnóstico en Micología Clínica, Cap 11: " Identificación de Levaduras".* 2ª. Bilbao: Revista Iberoamericana de Micología.()

- ✓ **Pitt, J.I. y Hocking, A.D**. 1997. *Fungi and Food Spoilage.* 2da ed. London Blackie Academic & Professional. Cap. 4. ().

- ✓ **Reichert P**. 1998 *Aquasim 2.0. User Manual.Computer Program for the Identification and Simulation of Aquatic Systems*; 2-10, Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology (EAWAG), Dübendorf, Suiza.

- ✓ **Subcommittee on microbiological criteria.** 1985. "*An evaluation of the role of microbiological criteria for foods and food ingredients"* .Committee on Food Protection, Natl. Research Council, National Academy Press. 256 Washington, D.C.

- ✓ **Suehara ,K , Kamamoto, Y; Fuji,E; Kohda; J; Nakano, Y; Yano, T**. 2005. "*Biological Treatment of Wastewater Discharged from Biodiesel Fuel Production Plant with Alkali-Catalyzed Transesterification".* The Society for Biotechnology. Japan. Journal of Bioscience and Bioengineering. Vol. 100, No. 4, 437–442.

VALORACIÓN DE GLICEROL, SUBPRODUCTO DEL BIODIESEL, MEDIANTE CATÁLISIS HETEROGÉNEA

Bálsamo Nancy[1*], Ullán María Luz[1], Caballero Dayana[1], Eimer Griselda[1,2], Crivello Mónica[1]

1. Centro de Investigación y Tecnología Química, UTN, FRC - Maestro López y Cruz Roja Argentina, Cuidad Universitaria, 5016 Córdoba, Argentina
2. CONICET, Argentina
* nancybalsamo@gmail.com

Resumen

El cambio climático y el agotamiento de combustibles fósiles hacen necesario el desarrollo de nuevas estrategias, donde la química y los procesos de refinería empiezan a tener una concepción más biológica para volverse más sustentables. La producción de biodiesel está planteando el problema de grandes excedentes de glicerol que se genera como subproducto. Además, la sensibilidad hacia la protección del medio ambiente ha impulsado el desarrollo de catalizadores más eficientes y selectivos. Los Hidróxidos Dobles Laminares son nanoarcillas aniónicas sintéticas semejantes a la hidrotalcita de Mg-Al. Una de sus aplicaciones más importante es como precursores de catalizadores heterogéneos por sus propiedades básicas. Los óxidos metálicos mixtos, obtenidos por descomposición térmica de los Hidróxidos Dobles Laminares, pueden aumentar su actividad con la incorporación de un tercer metal en la estructura, tales como Lantano o Cerio.

El propósito de este trabajo fue sintetizar Hidróxidos Dobles Laminares por los métodos de co-precipitación e impregnación con la incorporación de Lantano o Cerio. Los Óxidos Metálicos Mixtos obtenidos por descomposición térmica se caracterizaron por Difracción de rayos X, Espectroscopia fotoelectrónica de Rayos X, Área superficial, Espectroscopia de emisión atómica por plasma acoplado inductivamente y Desorción a temperatura programada de molécula sonda de CO_2. Los resultados de composición química confirmaron la incorporación de Ce^{3+} y La^{3+}. Los óxidos presentaron altas áreas superficiales y propiedades básicas, lo que los vuelve adecuados para la reacción de transesterificación de estearato de metilo con glicerol, subproducto del biodiesel para obtener selectivamente monoglicéridos, emulsionantes utilizados en productos alimenticios, farmacéuticos y cosméticos por no presentar toxicidad para el ser humano.

El óxido con Ce incorporado por impregnación mostró que la mayor densidad de sitios básicos medios y el rendimiento catalítico más alto.

Palabras claves: Glicerol, Monoglicéridos, Hidróxidos Dobles Laminares, Óxidos metálicos mixtos, Tierras raras.

Abstract

Climate change and fossil fuel depletion require the development of new strategies, where the chemical and refinery processes begin more biological to become more sustainable. Biodiesel production is posing the problem of large surpluses generated glycerol as a byproduct.

In addition, sensitivity to the protection of the environment has driven the development of more efficient and selective catalysts. The layered double hydroxides are anionic synthetic nanoclays similar to Mg-Al hydrotalcite. One of its most important applications is as precursors of heterogeneous catalysts for their basic properties. Mixed metal oxides obtained by thermal decomposition of the layered double hydroxides can increase its activity with the addition of a third metal in the structure, such as lanthanum or cerium.
The purpose of this work was to synthesize layered double hydroxides by coprecipitation and impregnation methods with the addition of lanthanum and cerium. Mixed metal oxides were characterized by X-ray diffraction, X -ray photoelectron spectroscopy, surface area, atomic emission spectroscopy with inductively coupled plasma and temperature programmed desorption with CO_2 probe molecule. Chemical composition results confirmed the incorporation of Ce and La ions. Oxides had high surface areas and basic properties, making them suitable for the selective transesterification reaction of methyl stearate with glycerol to monoglycerides, emulsifiers used in food products, pharmaceuticals and cosmetics by presenting no toxicity to human beings.
Oxide with Ce incorporated by impregnation showed most medium strength base sites density and higher catalytic performance.

Keywords: Glycerol, Monoglycerides, Layered Double Hydroxides, Mixed Metal Oxides, Rare earth metals.

Introducción

En las últimas décadas se ha incrementado la preocupación por el uso de los recursos fósiles debido a su costo, agotamiento e impactos medioambientales como el calentamiento global (Hansen et al, 2005). En respuesta a esta preocupación, el biodiesel ha alcanzado gran interés por ser considerado un complemento de los combustibles de petróleo, tener su origen en materias primas renovables, presentar un balance energético favorable, ser menos nocivo en emisiones y ser considerado un combustible amigable medioambientalmente. Estos aspectos, acompañados de políticas y legislaciones que favorecen su producción, han atraído la atención sobre la producción de este biocombustible (Ito et al, 2005). Durante la producción de biodiesel se obtiene glicerol como subproducto primario (Chi et al, 2007), cualquiera sea el método de producción utilizado: químico o enzimático (Du et al 2003, Vicente et al 2004). Por cada 100 Kg. de biodiesel producido se genera aproximadamente 10 Kg. de glicerol crudo, que dependiendo del proceso de fabricación, su pureza varía entre un 55 y un 90 % (Hazimah et al, 2003). Debido al crecimiento planteado a nivel mundial y local respecto al aumento de la producción de biodiesel, se está generando una sobreabundancia de glicerol. Este escenario está provocando una caída progresiva en los precios del mismo y dando lugar a una preocupación medioambiental por su exceso (Yazdani y Gonzalez, 2007, Sandun et al, 2007). La producción de biodiesel a nivel local muestra un vigoroso incremento de 276,98% en sólo cuatro años. Un obstáculo importante en la utilización del biodiesel es su elevado costo de fabricación, particularmente referido al costo de la materia prima (Haas et al 2006). El biodiesel suele costar aproximadamente 1,5 veces más que el gasoil, dependiendo del aceite utilizado como materia prima (Ju y Vali 2005). Por otro lado, dentro de los factores significativos de ese costo está el valor del glicerol como subproducto, el cual como ya se mencionó, viene decayendo progresivamente a medida que aumenta su generación. Sin embargo, si éste pudiera ser reutilizado daría lugar a una reducción del 13 al 14% en los costos totales de producción de biodiesel (Zhang et al, 2003)]. Por lo que, el aumento del valor agregado del glicerol para su utilización, tanto en las industrias tradicionales como en aquellas emergentes, resulta de gran interés en las distintas áreas de investigación. A sus usos tradicionales en formulación o síntesis de alimentos, cosméticos y productos farmacéuticos, detergentes líquidos y anticongelantes (Corma et al, 2007) se suman nuevas alternativas de aplicación de glicerol como son la producción de Hidrógeno (Shabaker et al, 2004), de combustibles líquidos (Corma et al, 2007) y de aditivos para combustibles (Karinen y Krause, 2006). Entre las numerosas aplicaciones mencionadas, la transesterificación a monoglicéridos resulta atractiva debido a que estos emulsionantes se importan actualmente.

En la actualidad, muchos procesos de química fina, generan una importante cantidad de subproductos con los consiguientes problemas operativos de recuperación del producto final debido al uso de catalizadores homogéneos. El desarrollo de procesos catalíticos heterogéneos permite encontrar una vía promotora de una química limpia (Sheldon y Dakka, 1994, Anastas y Warner, 1998). Dentro de los catalizadores sólidos básicos, las nanoarcillas aniónicas sintéticas (hidróxidos dobles laminares) poseen una estructura de apilamiento de láminas que han sido estudiadas para aplicaciones catalíticas, tales como catálisis medioambiental, química fina y orgánica. Dichos materiales tienen propiedades muy ventajosas tales como bajo costo, versatilidad, amplio intervalo de variables de preparación, utilización en cantidades catalíticas, sencilla manipulación y recuperación, alto rendimiento y selectividad, lo que las convierte en herramientas útiles para establecer tecnologías respetuosas con el medio ambiente.

El propósito de este trabajo fue sintetizar Hidróxidos Dobles Laminares (HDL) por los métodos de co-precipitación o incorporación directa e impregnación por vía húmeda con la incorporación de Lantano o Cerio. La descomposición térmica de las arcillas aniónicas produce los óxidos mixtos de interés industrial con innumerables aplicaciones, entre ellas la reacción de transesterificación de estearato de metilo con glicerol para producir selectivamente monoglicéridos.

Materiales y Métodos

Los HDL poseen la fórmula general $(M^{2+}_{1-x}\ M^{3+}_{x}(OH)_2)^{x+}(A^{n-}_{x/n})^{x-}.mH_2O$ donde M representa los cationes metálicos, A, es el anión interlaminar.

Para realizar la síntesis de la hidrotalcita por el método de co-precipitación (Kannan et al, 2005) se prepararon tres soluciones. Una solución “A” que contiene los Nitratos de Mg, Al y del tercer metal. Para la incorporación de La o Ce se sustituyó un 15 % de los moles totales de Al, manteniendo la relación molar M^{2+}/M^{3+} constante e igual a 3. Una disolución “B” con una concentración molar de 0,1M de Na_2CO_3. Dicha solución es la encargada de aportar el anión interlaminar de la estructura. En este caso el carbonato, corresponde al tipo de anión que se incorpora más fácilmente. A temperatura ambiente y bajo vigorosa agitación, ambas soluciones junto con una solución de NaOH 2M fueron añadidas simultáneamente a una velocidad de goteo de 60 mL h^{-1} a un vaso de precipitado que contenía 50 mL de agua destilada (Li et al, 2011). La solución de NaOH se utiliza para mantener el pH constante en 10 ± 0,2, valores óptimos para lograr la precipitación de los hidróxidos metálicos, constituyentes de la capa tipo brucita. Finalizado el goteo, se mantuvo el gel obtenido en agitación por 4 h, luego se lo dejó envejecer por 18 h. Los precipitados obtenidos se filtraron, se lavaron con agua destilada hasta pH 7 (Crivello et al, 2007). Este paso es esencial ya que las posibles impurezas de sodio, pueden enmascarar la actividad catalítica de las muestras, cambiando las propiedades básicas de la superficie. Luego del lavado se secó en estufa a 90 ºC por 12 h (Climent et al, 2007), para por último calcinar en atmósfera de aire a 450 °C por 9 h para obtener los Óxidos Metálicos Mixtos (OMM).

Una de las propiedades destacables de estos materiales es que después de someterse a calcinación pueden recuperar su estructura original. Esta propiedad se conoce como efecto memoria. El OMM de Mg-Al preparado por el método de co-precipitación, mencionado previamente, sirvió de matriz o soporte sobre el cual se realizó la impregnación con una solución acuosa de la sal del metal a impregnar (Marchi y Apesteguía, 1998). Se colocaron en un balón 0,75 g del OMM de Mg-Al en contacto con una solución acuosa con una concentración 10 % en peso del tercer metal. Dicho balón se colocó en un evaporador rotatorio donde se giró a 60 rpm durante 20 min. Luego, el excedente de agua se evaporó utilizando vacío y en un baño a 60 °C. El sólido obtenido se dejó secar en estufa a 90 °C por 12 h. Con el objeto de aumentar el área superficial específica y activar el material, el sólido se calcinó en un reactor tubular de vidrio Pirex con corriente de aire con un flujo de 30 mL min^{-1} a 350 °C durante 2 h y 500 °C durante 8h (Bálsamo et al, 2012).

La denominación de las muestras fue $(M\text{-}Mg\text{-}Al)_C$ o $(M\text{-}Mg\text{-}Al)_I$ indicando, el metal incorporado (La o Ce) y el método de síntesis utilizado (co-precipitación o impregnación).

La reacción de transesterificación se llevó a cabo en un reactor de vidrio tipo batch. Para recolectar el metanol (subproducto de la reacción) se adaptó un aparato Dean-Stark al reactor de vidrio y un condensador. El cual es arrastrado por una corriente de nitrógeno. Para mantener la temperatura de trabajo, el reactor se sumergió en un baño de silicona líquida. Alcanzada la temperatura de reacción se agrega el catalizador a la emulsión formada por agitación de los reactivos. Transcurridas 6 h se extrae el medio de reacción con piridina, se centrifuga para separar el catalizador y la mayor parte de glicerol. El estearato de metilo y los productos se derivatizan para poder ser caracterizados por cromatografía gaseosa. Los reactivos ensayados fueron glicerina anhidra 98% marca Cicarelli 98% y estearato de metilo 96% marca Sigma-Aldrich. Las condiciones óptimas de reacción fueron: temperatura de 220° C, relación molar de reactivos (Glicerol:estearato de metilo) 6:1, 4% en peso de catalizador y tiempo de reacción 6 h.

Los hidróxidos doble laminares y los óxidos metálicos mixtos se caracterizaron estructuralmente por difracción de Rayos X en un difractrómetro de polvo Philips PW 3838, provisto de un contador de centelleo con radiación Cu-Kα (λ=1,5418 Å) y de un monocromador. El área superficial de los precursores y sus óxidos se realizó por el método BET medidas en un equipo Micromeritics Pulse Chemisorb 2700, mientras que los estudios SEM-EDX se llevaron a cabo en un equipo JEOL JSM - 6380 LV. La composición química se analizó por Espectroscopía de Emisión Atómica por Plasma Acoplado Inductivamente en un equipo VISTA-MPX CCD Simultaneus ICP-OES – VARIAN. La determinación de sitios básicos se realizó por molécula sonda de CO2 mediante desorción a temperatura programada (TPD) en un equipo CHEMBET 3000. El análisis de los productos se realizó por Cromatografía Gaseosa en un equipo Perkin Elmer Clarus 500 con detector FID.

Resultados y Discusión

Las muestras precursoras (HDL) se analizaron por DRX para evaluar la presencia de estructura característica tipo hidrotalcita y la cristalina en función del método de síntesis empleado. En la Figura 1 se muestran los difractogramas de los HDL sintetizados por co-precipitación. Todos mostraron la estructura característica de la fase Hidrotalcita (PCPDFWIN 70-2151) independientemente del metal incorporado. Las muestras con Ce incorporado $(Ce\text{-}Mg\text{-}Al)_C$, mostraron picos agudos y simétricos para los planos (003), (006), (110) y (113) y picos anchos asimétricos para los planos (012), (015) y (018). Sin embargo, la disminución de la intensidad y ensanchamiento de los picos indica que el grado de cristalinidad ha disminuido con la incorporación del tercer metal. Dicha anomalía se hizo más marcada al incorporar lantano. Este comportamiento puede ser atribuido a la gran diferencia en la electronegatividad, así como a los radios iónicos de estos cationes (Zhang et al, 2010). En la mayoría de los casos, el fuerte carácter iónico del lantano favorece la formación de especies carbonatos y oxohidróxidos en la primera etapa de la co-precipitación y en concordancia con el elevado radio iónico, se impide la fácil intercalación del catión La^{3+} en la estructura de la hidrotalcita (Bîrjega et al, 2005). Así el lantano se ha incorporado parcialmente en las capas tipo brucita, produciendo una distorsión de las láminas, los cationes que no se incorporaron en la estructura, se pueden encontrar adsorbidos o formando fases amorfas (Saber y Tagaya, 2003, Costantino et al, 2008].

La formación de los óxidos después de la calcinación a 450 ºC se produce por la deshidratación, deshidroxilación y eliminación de carbonatos de los precursores. En la Figura 2 se muestran los difractogramas de Rayos X de los óxidos metálicos mixtos de Mg-Al y con el tercer metal incorporado. En todos los casos, los planos de reflexión basal (003) y (006) desaparecen debido al colapso de la estructura laminar. Se observa, en todas las muestras, la formación de MgO en fase periclase (PCPDFWIN 78-0430). Además de los óxidos de los metales de transición que se señalan en la figura: CeO_2 (PCPDFWIN 81-0792) y La_2O_3 (PCPDFWIN 83-1355) se observa la especie $LaO(CO_3)_2$ (PCPDFWIN 41-0672).

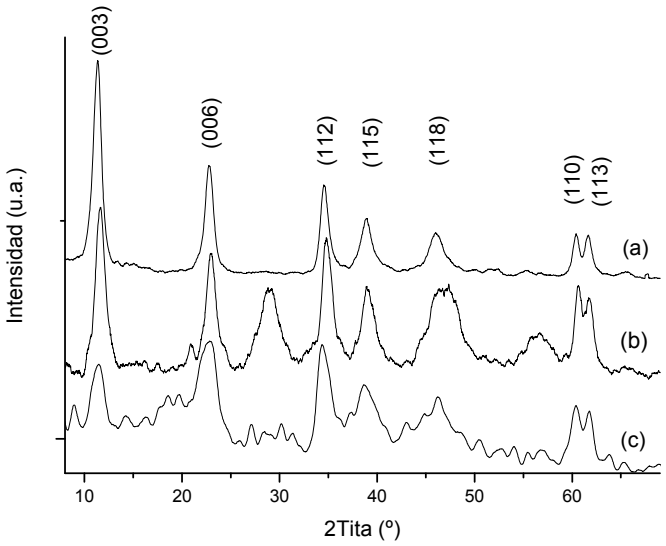


Figura 1: DRX de HDL incorporados con metales de transición por co-precipitación: (a) $(Mg\text{-}Al)_C$ (b) $(Ce\text{-}Mg\text{-}Al)_C$, (c) $(La\text{-}Mg\text{-}Al)_C$.

En la Figura 3 se muestran los difractogramas de los HDL sintetizados por impregnación. La muestra $(La\text{-}Mg\text{-}Al)_I$ presentó los picos correspondientes a los planos de reflexión característicos de la fase Hidrotalcita pero con poca intensidad e importante ensanchamiento, Figura 3 (b), que estaría indicando una pobre cristalinidad. La rehidratación del óxido metálico mixto, al impregnarle Ce, produjo modificaciones estructurales, apenas se detectaron los picos (003) y (006) y el resto de los picos característicos de la estructura tipo hidrotalcita. Es por ello que se puede afirmar que la presencia de cationes en solución en el proceso de rehidratación causó cambios sustanciales en la composición de las capas octaédricas, con un marcado desorden en el apilamiento de las capas. Cabe recordar que la muestra $(Ce\text{-}Mg\text{-}Al)_I$ se preparó a partir del óxido mixto de Mg-Al que al ponerla en contacto con la solución de nitrato de cerio por lo tanto, es de esperar, que presente aniones NO_3^- entre sus capas (Valente et al, 2011). Además, se detectó la presencia, en la Figura 3 (c) de las fases tipo brucita M(OH)x (donde M puede ser Mg, Al o Ce).

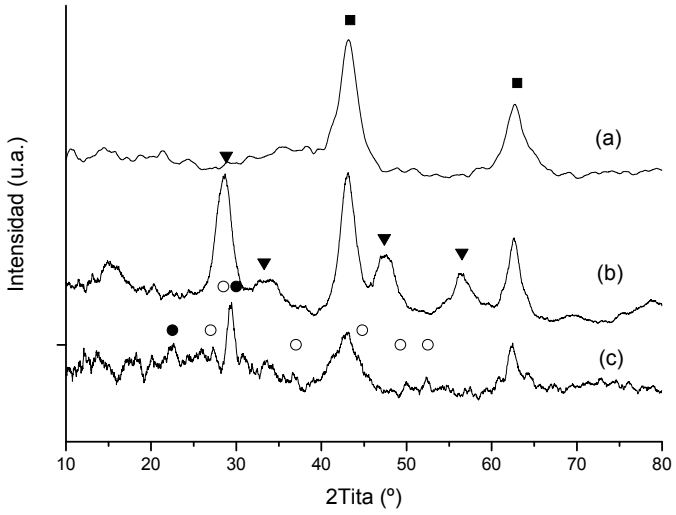


Figura 2: DRX de Óxidos Metálicos Mixtos a partir de los HDL por co-precipitación: (a) $(Mg\text{-}Al)_C$, (b) $(Ce\text{-}Mg\text{-}Al)_C$, (c) $(La\text{-}Mg\text{-}Al)_C$, (■) MgO, (●) CeO_2, (○) La_2O_3, (▼)$LaO(CO_3)_2$.

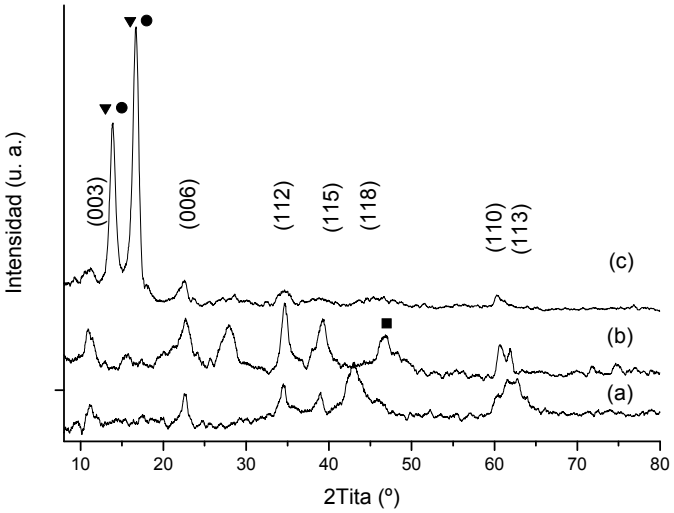


Figura 3: DRX de HDL incorporados con metales de transición por impregnación: (a) $Mg\text{-}Al)_I$, (b)$(La\text{-}Mg\text{-}Al)_I$ y (c) $(Ce\text{-}Mg\text{-}Al)_I$. (●) $M(OH)_x$ fases tipo brucita, (▼) nitratos y carbonatos de M_x^+, (■) MgO.

La Figura 4 muestra los patrones de difracción de rayos X de los OMM con el tercer metal incorporado, sintetizados por el método de impregnación. En todos los casos se detectó MgO, en fase periclase. Además, se distinguen fases de los óxidos de todos los metales incorporados: CeO_2 y La_2O_3, como así también $LaO(CO_3)_2$.

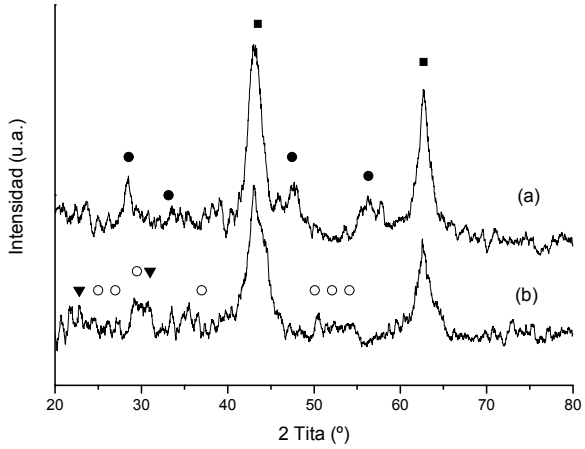


Figura 4: DRX de Óxidos Metálicos Mixtos obtenidos por impregnación: (a) $(Ce\text{-}Mg\text{-}Al)_I$ y (b)$(La\text{-}Mg\text{-}Al)_I$. (■) MgO, (●) CeO_2, (○) La_2O_3, (▼)$LaO(CO_3)_2$.

En la Tabla 1 se muestran los valores de áreas superficiales específicas obtenidas por el método BET de los HDL de lantano y cerio y de sus óxidos mixtos sintetizados por los métodos de co-precipitación e impregnación. En todos los casos, el área de los óxidos fue superior al de los HDL del cual provenían, debido a que en el proceso de calcinación se desprenden de la estructura las moléculas de agua, los aniones carbonatos y los grupos hidroxilos generando canales y poros irregulares en el sólido lo que aumenta el área superficial (Das et al, 2006, Guil-López et al, 2011). Se observó que los precursores (HDL) sintetizados por co-precipitación presentaron mayores áreas superficiales que aquellos obtenidos luego de la rehidratación (método de impregnación por vía húmeda). Este comportamiento puede ser atribuido al colapso de la estructura en el momento de la rehidratación.

En la Tabla 1 también se muestran los resultados obtenidos del análisis químico de los OMM de las matrices y de aquéllos con lantano y cerio incorporado sintetizados por ambos métodos. Analizando los resultados de ICP, en los óxidos metálicos mixtos con Ce incorporado los valores experimentales de la relación de moles fueron próximos a los teóricos para ambos métodos. Mientras que en la muestra con lantano incorporado el valor experimental fue inferior en

cualquiera de los métodos utilizados. En cuanto al porcentaje del tercer metal incorporado por co-precipitación, los valores experimentales obtenidos por ICP, fueron próximos a los teóricos en las muestras con lantano y levemente inferiores en la muestra modificada con cerio. En las muestras obtenidas por impregnación los valores experimentales fueron superiores en las muestras con lantano incorporado e inferiores en la muestra modificada con cerio con respecto a los valores de síntesis.

En la tabla 1 también se muestran los resultados de composición química superficial obtenidos de la técnica de XPS. La muestra con cerio incorporado por co-precipitación muestra una disminución de la relación molar con respecto a los datos de síntesis incorporándose en superficie un tercio del valor de síntesis (15%) probablemente debido al tamaño del catión. Mientras que el lantano no pudo ser observado a nivel superficial. Los óxidos mixtos obtenidos por el método de impregnación mostraron una disminución del valor de la relación molar de los metales con respecto a los valores de síntesis para ambos metales. En tanto, el porcentaje en superficie del tercer metal fue superior a los valores de síntesis en la muestra con La incorporado, coincidiendo a lo descripto para el bulk. En la muestra modificada con cerio se logró incorporar el 40% del metal en superficie con respecto a la síntesis. Comparando ambos métodos de síntesis, se observó una mayor proporción del tercer metal a nivel superficial con el método de impregnación.

Tabla 1: Área superficial de los HDL y OMM y resultados de composición química de los OMM.

Muestra	Área m^2g^{-1}		Relación molar $Mg^{2+}/(Al^{3+}+M^{3+})$			% moles M^{3+} *		
	HDL	OMM	de síntesis	ICP	XPS	de síntesis	ICP	XPS
$(Mg\text{-}Al)_C$	78	270	3	2,56	--	--	--	--
$(La\text{-}Mg\text{-}Al)_C$	228	301	3	2,15	**	15	15,73	Trazas
$(Ce\text{-}Mg\text{-}Al)_C$	103	185	3	2,81	2,36	15	12,19	5,44
$(Mg\text{-}Al)_I$	3,2	318	2,56	2,41	--	--	--	--
$(La\text{-}Mg\text{-}Al)_I$	28	206	2,63	2,10	1,28	2,74	11,00	4,54
$(Ce\text{-}Mg\text{-}Al)_I$	39	181	2,63	2,48	1,38	2,71	2,63	1,05

* % moles M^{3+} con respecto a los moles de $(Al^{3+} + M^{3+})$.

** No fue calculada la relación molar, ya que de La sólo se detectaron trazas.

La distribución de la fuerza básica de los óxidos metálicos mixtos sintetizados por ambos métodos se evaluó a partir de la capacidad de estos materiales de retener la molécula sonda ácida de CO_2. Mediante la deconvolución de los perfiles de desorción de los óxidos, se pudieron identificar tres zonas compuestas por bandas a 100-210° C, 250-300° C y 380-800° C. La primera es asignada a los sitios OH^-, mientras que las dos últimas a O^{2-} siendo sitios medios y fuertes respectivamente (Díez et al, 2011). En la Tabla 2 se muestra la basicidad específica o densidad de sitios básicos expresada como micromoles de CO_2 desorbidos por gramo de material por cada tipo de sitio asignado. Comparando la basicidad de los óxidos obtenidos por ambos métodos, se pudo constatar que aquéllos sintetizados por el método de impregnación poseen mayor densidad de sitios básicos totales. Las muestras sintetizadas por impregnación mostraron que la densidad de sitios básicos fuertes fue superior en los óxidos con La que aquéllas modificadas con Ce, mientras que la concentración de sitios básicos medios es marcadamente mayor para la muestra con Ce incorporado.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de conversión, selectividad y rendimiento en % de moles que presentaron los óxidos metálicos mixtos con el tercer metal incorporado. La mayor conversión, conjuntamente con el mayor rendimiento a monoestearato de glicerilo, la presentó el óxido metálico mixto con Ce incorporado por el método de impregnación.

Relacionando los resultados con las propiedades básicas de este catalizador se destaca que presentó la mayor densidad de sitios básicos medios, lo que estaría indicando que la reacción transcurre por esa vía. Mientras que las muestras con lantano incorporado presentaron una selectividad a diglicéridos superior al 30%; dicho porcentaje puede ser atribuido a la mayor densidad de sitios fuertes.

Tabla 2: Resultados de basicidad de los OMM expresado como densidad de sitios básicos débiles, medios y fuertes y de actividad catalítica.

Catalizador	Densidad de sitios básicos (μmol CO_2 g^{-1})				Conversión (mol %)	Selectividad (mol %)			Rendimiento (mol %)
	OH^-	O^{2-}		Totales					
		medios	fuertes			MG	DG	TG	MG
$(La\text{-}Mg\text{-}Al)_C$	0,15	0,15	0,55	0,85	81	67	32	1	54
$(Ce\text{-}Mg\text{-}Al)_C$	0,15	0,35	0,20	0,70	82	70	28	2	57
$(La\text{-}Mg\text{-}Al)_I$	0,65	1,70	1,10	3,45	89	64	36	0	56
$(Ce\text{-}Mg\text{-}Al)_I$	0,70	3,10	0,80	4,60	95	81	19	0	77

Conclusiones

Se logró sintetizar materiales tipo HDL con La y Ce incorporado por el método de co-precipitación y en ambos casos se detectó la fase hidrotalcita independientemente del catión metálico utilizado.

Por el método de impregnación la reconstrucción de la estructura de capas no fue total en las muestras modificadas con Ce. Las muestras con Lantano recuperaron mejor la estructura. La recuperación parcial se atribuyó al poco tiempo de contacto entre el material y la solución de impregnación.

El tratamiento térmico generó, por ambos métodos de síntesis, la formación de MgO en fase periclase, conjuntamente con óxidos de los metales de transición incorporados y $La_2O(CO_3)_2$ para la muestra que contiene Lantano.

Las áreas superficiales específicas de los óxidos metálicos mixtos fueron, en todos los casos, mayores a las de los HDL debido a la deshidroxilación de las láminas y a la eliminación de los aniones carbonatos del espacio interlaminar como CO_2.

Los valores experimentales de composición dados por ICP de incorporación del tercer metal por co-precipitación fueron próximos a los valores de síntesis mientras que en las muestras obtenidas por impregnación fueron marcadamente superiores exceptuando en la muestra modificada con Ce. Comparando ambos métodos de síntesis, se observó una mayor proporción del tercer metal a nivel superficial con el método de impregnación.

Todos los óxidos presentaron propiedades básicas. Sin embargo, en las muestras obtenidas por co-precipitación la densidad de sitios básicos fue menor. En las muestras impregnadas se observó una mayor densidad de sitios medios y fuertes.

El OMM $(Ce\text{-}Mg\text{-}Al)_I$ mostró el mayor rendimiento hacia la producción de monoglicérido atribuido a la mayor densidad de sitios básicos medios. En tanto una mayor densidad de sitios fuertes favoreció la formación del diglicérido.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la ANPCyT por la compra del instrumento de análisis SPECS Multitécnica (PME8-2003) y al geólogo Julio Fernández por su colaboración en la caracterización de los materiales.

Referencias

Anastas P. T., **Warner J. C.** 1998. Green Chemistry: theory and practice, Oxford University Press, Oxford.

Bálsamo N., **Mendieta S.**, **Oliva M.**, **Eimer G.**, **Crivello M.**, 2012. Synthesis and characterization of metal mixed oxides from Layered Double Hydroxides. Procedia Mater. Sci., 1, 506-513.

Bîrjega R., **Pavel O. D.**, **Costentin G.** , **Che M.**, **Angelescu E.**, 2005. Rare-earth elements modified hydrotalcites and corresponding mesoporous mixed oxides as basic solid catalysts. Appl. Catal., A, 288, 185-193.

Chi Z., **Pyle D.**, **Wen Z.**, **Frear C.**, **Chen S.**, 2007. A laboratory study of producing docosahexanoic acid from biodiesel-waste glycerol by microalgal fermentation. Process Biochem., 42, 1537-1545.

Climent M. J., **Corma A.**, **Iborra S.**, **Epping K.**, **Velty A.**, 2004. Increasing the basicity and catalytic activity of hydrotalcites by different synthesis procedures. J. Catal., 225, 316-326.
Corma A., **Huber G. W.**, **Sauvanaud L.**, **O'Connor P.**, 2007. Processing biomass-derived oxygenates in the oil refinery: Catalytic cracking (FCC) reaction pathways and role of catalyst. J. Catal., 247, 307-327.
Corma A., **Iborra S.**, **Velty A.**, 2007. Chemical routes for the transformation of biomass into chemicals. Chem. Rev., 107, 2411-2502.
Costantino U., **Curini M.**, **Montanari F.**, **Nocchetti M.**, **Rosati O.**, 2008. Hydrotalcite-like compounds as heterogeneous catalysts in liquid phase organic synthesis. II. Preparation of 4H-chromenes promoted by hydrotalcite doped with hydrous tin (IV) oxide. Microporous Mesoporous Mater., 107, 16-22.
Crivello M., **Pérez C.**, **Fernández J.**, **Eimer G.**, **Herrero E.**, **Casuscelli S.**, **Rodríguez-Castellón E.**, 2007. Synthesis and characterization of Cr/Cu/Mg mixed oxides obtained from hydrotalcite-type compounds and their application in the dehydrogenation of isoamylic alcohol. Appl. Catal., A, 317, 11-19.
Das J., **Das D.**, **Parida K. M.**, 2006. Preparation and characterization of Mg–Al hydrotalcite-like compounds containing cerium. J. Colloid Interface Sci., 301, 569-574.
Díez V. K., Ferretti C. A., **Torresi P. A.**, **Apesteguía C. R.**, **Di cosimo J. I.**, 2011. Basic catalysis on MgO: generation, characterization and catalytic properties of active sites. Catal. Today, 173, 21-27.
Du W., **Xu Y.**, **Liu D.**, 2003.Lipase-catalysed transesterification of soya bean oil for biodiesel production during continuous batch operation. Biotecnol. Appl. Biochem., 38, 103-106.
Guil-López R., Navarro R. M., Peña M. A., Fierro J. L. G., 2011. Hydrogen production by oxidative ethanol reforming on Co, Ni and Cu ex-hydrotalcite catalysts. Int. J. Hydrogen Energy, 36, 1512-1523.
Haas M. J., **McAloon A. J.**, **Yee W. C.**, **Foglia T. A.**, 2006. A process model to estimate biodiesel production costs. Bioresour. Technol., 97, 671-678.
Hansen, **A. C.**, **Zhang**, **Q.**, **Lyne**, **P.W.L**., 2005. Ethanol–diesel fuel blends–-a review. Bioresour. Technol., 96, 277-285.
Hazimah A. H., **Ooi T. L.**, **Salmiah A.**, 2003. Recovery of glycerol and diglycerol from glycerol pitch. J. Oil Palm. Res., 15, 1-5.
Ito, **T.**, **Nakashimada**, **Y.**, **Senba**, **K.**, **Matsui**, **T.**, **Nishio**, **N.**, 2005. Hydrogen and ethanol production from glycerol-containing wastes discharged after biodiesel manufacturing process. J. Biosci. Bioeng., 100, 260-265.
Ju J. H., **Vali S. R.**, 2005. Rice brain oil as a potential resource for biodiesel: a review J. Sci. Ind. Res., 64, 866-882.
Kannan S., **Duby A.**, **Knozinger H.**, 2005. Synthesis and characterization of CuMgAl ternary hydrotalcites as catalysts for the hydroxylation of phenol. J. Catal., 231, 381-392.
Karinen R. S., **Krause A. O. I.**, 2006. New biocomponents from glycerol. Appl. Catal., A, 306, 128-133.
Li P., **He Ch.**, **Cheng J.**, **Ma Ch. Y.**, **Dou B. J.**, **Hao Z. P.**, **2011.** Catalytic oxidation of toluene over Pd/Co3AlO catalysts derived from hydrotalcite-like compounds: Effects of preparation methods. Appl. Catal. B, 101, 570-579.
Marchi A. J., **Apesteguía C. R.**, 1998. Impregnation-induced memory effect of thermally activated layered double hydroxides Appl. Clay Sci., 13, 35-48.
Saber O., **Tagaya H.**, 2003. New layered double hydroxide, Zn–Ti LDH: preparation and intercalation reactions. J. Inclusion Phenom. Macrocyclic Chem., 45, 107-115.
Sandun F., **Sushil A.**, **Kiran K.**, **Ranjitha B.**, 2007. Glycerol based automotive fuels from future biorefineries. Fuel, 86, 2806-2809.
Shabaker J. W., **Huber G. W.**, **Dumesic J. A.**, 2004. Aqueous-phase reforming of oxygenated hydrocarbons over Sn-modified Ni catalysts. J. Catal., 222, 180-191.
Sheldon R. A., **Dakka J.**, 1994. Heterogeneous catalytic oxidations in the manufacture of fine chemicals. Catal. Today, 19, 215-246.
Valente J. S., **Tzompantzi F.**, **Prince J.**, 2011. Highly efficient photocatalytic elimination of phenol and chlorinated phenols by CeO2/MgAl layered double hydroxides. Appl. Catal., B, 102, 276-285.
Vicente G., **Martinez M., Aracil J.**, 2004. Integrated biodiesel production: a comparison of different homogeneous catalysts systems. Bioresour. Technol., 92, 297-305.
Yazdani S. S., **Gonzalez R.**, 2007. Anaerobic fermentation of glycerol: a path to economic viability for the biofuels industry. Curr. Opin. Biotech., 18, 213-219.
Zhang Y., **Dub M.A.**, **McLean D. D.**, **Kates M.**, 2003. Biodiesel production from waste cooking oil: 2. Economic assessment and sensitivity analysis. Bioresour. Technol., 90, 229-240.
Zhang J., **Zhao N.**, **Wei W.**, **Sun Y.**, 2010. Partial oxidation of methane over Ni/Mg/Al/La mixed oxides prepared from layered double hydrotalcitesInt. J. Hydrogen Energy, 35, 11776-11786.

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INTEGRACIÓN DEL TRATAMIENTO Y USO AGRÍCOLA DEL AGUA RESIDUAL. CATAMARCA

Tinari Ricardo[1], Saracho Marta[1,2], Guzmán Zulma Gabriela[1], Castro Pablo[3], Agüero Nahuel[1]

1. Dirección Laboratorio.
3. Dirección de Riego. Secretaria de Recursos Hídricos. Catamarca
2. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UNCa.
Av. Venezuela S/N C.P 4700 Catamarca. E-mail: rjtinari@hotmail.com.ar, martasaracho@gmail.com, gabriela378@gmail.com , arawyx@hotmail.com

RESUMEN

En los últimos años ha sido notable la evolución de las actividades de recuperación de aguas residuales en diferentes partes del mundo, convirtiéndose en una nueva alternativa para riego especialmente en zonas áridas y semiáridas. Actualmente más de 20 millones de hectáreas en cincuenta países se riegan con aguas negras, sin embargo sólo un 5% del total de las aguas residuales son tratadas y constituyen un 0,18% de la demanda de agua mundial. Los efluentes cloacales de la Ciudad Capital de Catamarca, Argentina, depurados en lagunas de estabilización son volcados en el cauce del río Santa Cruz sin ningún reuso. Atendiendo a la gran demanda de agua para diferentes usos, este trabajo tiene como objetivo presentar una propuesta para la integración del sistema de tratamiento de efluentes cloacales de la cuidad Capital de Catamarca y el uso de las aguas depuradas con fines productivos. En la formulación de la propuesta se tuvo en cuenta los actores y factores determinantes para la viabilidad y sostenibilidad de los sistemas integrados propuestos por el CEPIS. Se realiza un análisis de la legislación vigente y se propone un encuadre normativo para la creación y administración de un Área de Cultivos Restringidos Especiales donde se cultivará alfalfa. Se señala el papel del operador del tratamiento, sociedad civil, educación y agricultores y se evalúa la viabilidad económica del proyecto mediante el uso de indicadores de rentabilidad. Si se alcanza la producción media esperada de fardos de alfalfa y en un escenario con los precios actuales, la propuesta representa una alternativa rentable. Por lo cual se considera que los sistemas integrados son una alternativa viable y sostenible para mejorar la calidad de vida en las ciudades de la provincia, al permitir un adecuado manejo de los aspectos técnicos, ambientales, sociales y económicos del tratamiento y uso de efluente tratados.

PALABRAS CLAVE: efluente tratado, reuso, laguna de estabilización, Sistema Integrado

ABSTRACT

In the last years has been remarkable developments in the activities of wastewater recovery in different parts of the world, becoming a new alternative for irrigation especially in arid and semiarid regions. Today more than 20 million hectares in fifty countries are irrigated with wastewater, however only 5% of the total wastewater is treated and constitute 0.18% of global water demand. The sewage from the capital city of Catamarca, Argentina, purified in stabilization ponds are dumped in the Santa Cruz riverbed without any reuse. In response to the high demand of water for

different uses this work is to present a proposal to integrate the system of sewage treatment in the Capital city of Catamarca and the use of treated water for productive purposes. In the formulation of the proposal took into account the actors and factors that determine the feasibility and sustainability of integrated systems proposed by CEPIS. An analysis of existing legislation and propose a normative framework for the creation and administration of a Special Restricted Area Crop which is cultivated alfalfa. It highlights the role of treatment operator, civil society, education and farmers and assesses the economic viability of the project by using profitability indicators. If it reaches expected average production of bales of alfalfa and a stage with the current proposal represents a cost effective alternative. Therefore it is considered that the integrated systems are a viable and sustainable alternative to improve the quality of life in the cities of the province, to allow proper management of technical, environmental, social and economic aspects of treatment and use of treated effluent.

KEY WORDS: treated effluent, reuse, stabilization pond, integrated System

INTRODUCCION

La agricultura es el principal sector consumidor de recursos hídricos por lo cual en zonas áridas existe una sentida necesidad de producir innovaciones en la gestión del agua para evitar los peligros de la escasez. Las aguas residuales son una importante fuente adicional para satisfacer la demanda del recurso a causa de la disponibilidad limitada de agua potable para cubrir los requerimientos de las poblaciones, los bajos costos, los beneficios para los suelos agrícolas y la disminución del impacto sobre el ambiente (Silva et al, 2009)

Actualmente más de 20 millones de hectáreas en cincuenta países, se riegan con aguas negras; existen además, más de 2000 plantas de tratamiento de aguas para el reuso, sin embargo sólo un 5% del total de las aguas residuales son tratadas y constituyen un 0,18% de la demanda de agua mundial (Lazarola, 2008). Estudios realizados en América Latina por el CEPIS (2002) reportan que el uso de aguas residuales en agricultura es una práctica aún incipiente. Esto no necesariamente significa un rechazo al reuso, sino más bien un limitado conocimiento sobre esta alternativa.

En este contexto el CEPIS propone la implementación para la región de América Latina de sistemas integrados que adecuen el tratamiento de las aguas residuales domésticas para su uso productivo, lo que implica priorizar la remoción de patógenos para proteger la salud pública, en lugar de remover la materia orgánica y los nutrientes que sí son aprovechados por la agricultura (Moscoso, 2002).

Entre los sistemas de tratamiento de efluentes cloacales, las lagunas de estabilización constituyen la tecnología más apropiada para lograr este objetivo, además de requerir sólo el 20% de la inversión y 10% de los costos de operación que otras tecnologías demandan. El aprovechamiento de las aguas residuales tratadas para riego significa reducir y hasta eliminar las descargas que de alguna forma siempre generan impactos negativos al ambiente (Egocheaga y Moscoso, 2004).

En el país son pocas las experiencias que se aproximan a la propuesta de integración del tratamiento y uso agrícola de las aguas residuales. En Mendoza unas 2 mil ha de cultivos son regadas con los efluentes tratados en 300 ha de lagunas de estabilización, que reciben 1.400 l/s de una población de 320.000 habitantes. Más de 460 ha producen uva para vinificación, otras 102 ha producen duraznos y perales. Una empresa de muebles maneja 205 ha de álamos para la producción de madera prensada. El cultivo de alfalfa para forraje se realiza en 340 ha. Por último, 814 ha son utilizadas para la producción de ajo, alcachofa, tomate y zapallo. Sin embargo, en este caso el tratamiento y el uso agrícola están a cargo de entidades que desarrollan sus actividades sin mayor coordinación entre sí, poniendo en riesgo la sostenibilidad de esta valiosa experiencia (Moscoso, 2002).

En la Cuidad de La Rioja, se ha establecido el emprendimiento productivo denominado ALFA S.A.P.E.M. el cual produce alfalfa de casi 100 hectáreas regadas con todo el caudal de efluentes domiciliarios depurado mediante lagunas de estabilización. En este emprendimiento de obtienen 140 fardos de alfalfa/hectárea por cada corte, realizándose 11 cortes anuales. (KAYNE S.A. 2013).

Por otro lado ensayos realizados por la Universidad Nacional de Río Cuarto (2012), en el Campus Universitario señala que la producción de alfalfa regada con aguas residuales urbana supero en un 19% a la cultivada con agua de perforación. La eficiencia del uso del agua por parte del cultivo se incrementó cuando el riego se realizó con aguas residuales urbanas. Además, se determinó que la alfalfa regada con agua residual, supera los valores nutritivos del cultivo que crece en condiciones sin riego; encontrándose 39% más de proteínas, 14% más de digestibilidad e igual porcentaje de energía metabólica (Plevich, 2012).

La Ciudad Capital de Catamarca, Argentina, inserta en una región árida, cuenta con lagunas de estabilización para depurar los efluentes cloacales. La planta trata en la actualidad un caudal de 58.232 m^3/ día de efluente (Aguas Catamarca S.A.P.E.M.), que es volcado en el cauce del río Santa Cruz sin ningún reuso, aún cuando existe una fuerte demanda de agua para actividades agrícolas en emprendimientos ubicados en las proximidades de esta planta, fundamentalmente en los departamentos Valle Viejo y Capayán con proyecciones de incrementar el área sembrada.

Además está en vía de ejecución una planta de tratamiento de los efluentes generados por las poblaciones de los departamentos Fray Mamerto Esquiú y Valle Viejo, a instalarse en la misma zona de la planta en funcionamiento, que contempla la depuración de dichos efluentes mediante sistema de lagunas de estabilización, lo cual incrementaría el caudal de efluentes depurados.

Aparte de la ciudad Capital, en varias poblaciones de la provincia de Catamarca se realiza el tratamiento de efluentes cloacales mediante lagunas de estabilización tales como: Belén, Tinogasta, Santa María, La Merced, Recreo, Antofagasta de la Sierra y Londres (Belén). En todos estos casos el sistema está integrado por lagunas facultativas, pero no se cuenta con experiencias sobre el uso agropecuario del agua tratada, a pesar de las condiciones de aridez de la zona.

El objetivo de este trabajo es presentar una propuesta para la integración del sistema de tratamiento de efluentes cloacales de la cuidad Capital de Catamarca y el uso de las aguas depuradas con fines productivos. El propósito es que la experiencia piloto puede ser replicada en todas las localidades de la provincia que cuenta con plantas depuradoras de efluentes.

MATERIALES Y METODOS

La planta de tratamiento de efluentes cloacales de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca está constituida por un sistema de lagunas de estabilización.

Figura 1. Sistema de lagunas de estabilización. Ciudad Capital de Catamarca

El sistema consta de seis módulos iguales que funcionan en paralelo. Cada módulo está integrado por una serie de cinco lagunas: una anaeróbica, seguida de una facultativa y tres de maduración (primaria, secundaria y terciaria). Esta planta está ubicada al sureste de la Ciudad Capital, en la localidad de Antapoca, departamento Valle Viejo, entre los ríos Del Valle y Santa Cruz. (Figura 1).

Para la realización de la experiencia se creará un Área de Cultivos Restringidos Especiales (ACRE) en una zona ubicada en latitud 28º 36´ 36 ¨ (S), longitud 65º 45´ 38¨ (O) sobre ruta provincial Nº 33, cuya superficie total de 1632 ha (Figura 2).

OBRA: Reuso de Agua Residual del Valle Central de Catamarca con Fines Productivos	UBICACIÓN: Departamento Capital CATAMARCA AÑO: 2013	RUTAS PROVINCIALES RIOS CONDUCCION DE AGUAS TRATADAS TUBERIA PVC (6 km)

Figura 2. Ubicación Área de Cultivos Restringidos Especiales.

En la formulación de la propuesta se tuvo en cuenta los actores y factores determinantes para la viabilidad y sostenibilidad de los sistemas integrados propuestos por el CEPIS: Decisores; Operador del tratamiento; Sociedad Civil; Agricultores; Análisis Económico y Financiero del proyecto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La propuesta para la implementación del sistema integrado de tratamiento y uso del agua depurada por lagunas de estabilización se estructuró siguiendo el modelo propuesto por el CEPIS de la siguiente forma:

Decisores

Marco Legal e Institucional. Catamarca al igual que el país no tiene un marco legal que establezca las condiciones mínimas requeridas así como las políticas de promoción para el desarrollo de actividades vinculadas con el reuso de aguas residuales regeneradas. Está en vigencia en esta provincia la Resolución S.A.A. Nº 65/05, cuyo organismo de aplicación es la Secretaria de Ambiente sobre el control de vertido de líquidos residuales. En el Título F donde se establecen las exigencias para el reuso de líquidos tratados para riego se fija en “menos de 200 bacterias/100ml, la concentración de Coliformes Fecal para riego de cultivos de cereales industriales y forrajeros, árboles”. Considerando que las Directrices recomendadas por la OMS

(1989) sobre la calidad microbiológica de las aguas residuales empleadas en la agricultura no da ninguna recomendación para estos usos y teniendo en cuenta que dicha resolución es demasiado exigente se está trabajando con el fin de adecuar la citada norma a las recomendaciones de la OMS fijando nuevos estándares realistas que prioricen el aspecto sanitario.

La política hídrica provincial fijada en la Ley de Aguas de la Provincia Nº 2577, cuyo organismo de aplicación es la Secretaria de Recursos Hídricos tiene como una de sus funciones el máximo aprovechamiento de los recursos hídricos como así también ejercer el rol de policía del agua de riego. La provincia como integrante del COHIFE (Consejo Hídrico Federal), adhiere a los principios rectores de política hídrica, que brindan lineamentos que permiten integrar aspectos técnicos, sociales, económicos, legales y ambientales del agua. Entre dichos principios esta "la conservación y reuso del agua" a través del cual se promueve el reuso de aguas residuales proveniente de centros urbanos en otras actividades y el aumento de eficiencia en el consumo de agua para riego por el sector agrícola constituyen líneas de acción concurrentes en pos del uso racional y sustentable del recurso.

Bajo este marco jurídico se está elaborando un proyecto de ley que tendrá como objeto promover el uso seguro de esta nueva fuente de agua, proponiendo que la autoridad de aplicación incorpore como parte de la política hídrica en torno a la gestión del agua la actividad de reuso de aguas residuales. Dicha autoridad tendrá la facultad de definir áreas destinadas a actividades productivas en la que utilice este nuevo recurso hídrico. En estas áreas, denominadas AREAS DE CULTIVOS RESTRINGIDOS ESPECIALES (A.C.R.E.), la calidad del efluente para riego, tipo de cultivo a realizar y modo de operación se deberá ajustar a las directrices de la OMS. Esta propuesta está basada en la necesidad de contar con normas propias adaptadas a las condiciones técnicas, económicas, ambientales y sociales de nuestra provincia.

Relaciones Interinstitucionales: El proyecto determinó la necesidad de acuerdos y convenios con los organismos en el ámbito provincial y nacional que tienen injerencia directa o indirecta en el manejo del recurso hídrico, así como en la evaluación de los efectos nocivos que puedan derivarse del uso específico de las aguas residuales. De esta manera se está gestionando la firma de convenios con la Universidad Nacional de Catamarca, (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Facultad de Ciencias Agrarias), con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (I.N.T.A.); y con el Ministerio de Salud (Medicina Preventiva).

Operador del Tratamiento

La planta de tratamiento esta operada por Aguas de Catamarca S.A.P.E.M., actualmente una sociedad anónima con participación estatal mayoritaria. Continuando con la política de fortalecimiento y desarrollo de la infraestructura sanitaria necesaria para alcanzar con los objetivos del Milenio (PNUD 2000) específicamente en lo que se refiere a servicios de saneamiento, primera condición para generar proyectos de reuso de agua residual tratada, se está trabajando en la nueva planta depuradora para los departamentos Valle Viejo y Fray Mamerto Esquiú.

Sociedad Civil

Para evaluar el impacto del proyecto sobre el medio físico (línea de base) se estudió la calidad del agua subterránea y superficial en el área del emprendimiento productivo, la vulnerabilidad del acuífero (Foster S e Hirata R. 1991) y se realizó un estudio de la vegetación del área. Se investigó la calidad bacteriológica y parasitológica del efluente de las lagunas para riego la que se ajusta a las directrices de la OMS (1989) para riego de cultivo de cereales industriales y forrajeros (categoría B). El estudio de los indicadores de peligrosidad salina y sódica señala que de acuerdo a las Guías para la Calidad del Agua para la Agricultura de la FAO (Ayers y Westcot 1985) puede ser utilizado para riego sin restricciones importantes.

Cualquier política que impulse el desarrollo de actividades de reutilización de aguas residuales deberá en paralelo fortalecer el sistema de gestión y control de la calidad de los vuelcos a la red cloacal, para que las condiciones de tratamiento se hagan viables, especialmente

para el buen funcionamiento de sistemas naturales como las lagunas de estabilización. Para ello es fundamental el papel de la educación ambiental del ciudadano a efectos de conseguir cambios en la conducta de la población a través de la educación formal, no formal e informal.

Es importante también la educación para conseguir la aceptación del sistema integrado por parte de los actores. Se considera, en concordancia con el modelo, que para lograr un buen nivel de aceptación, se precisa que los actores conozcan los riesgos, potencial y beneficios que implicaría la puesta en marcha de la propuesta.

Entre las acciones a implementar con este fin se encuentran:

i. Implementar cursos de capacitación destinados a docentes de distintos niveles en la temática protección y uso eficiente del recurso hídrico a efectos de formar redes de educadores que se conviertan en agentes clave de cambio.
ii. Llevar a cabo campañas publicitarias cuyo objetivo será dar a conocer el proyecto a la población, a través de anuncios en los diferentes medios.
iii. Fomentar la adopción de medidas y hábitos de reducción de la carga contaminante de los vertidos domésticos, informando las características de funcionamiento de las lagunas, efectos de los contaminantes, calidad de sus efluentes y necesidad de su reuso.
iv. Impartir educación sanitaria a la población que utilice el efluente tratado para riego y/o los biosólidos para desarrollar conductas profilácticas.
v. Difundir los beneficios de la aplicación de tecnologías limpias en el sector productivo de pequeñas y medianas empresas.
vi. Implementar programas y campañas de difusión dirigidas a los grandes consumidores y agricultores de la zona, para concientizar sobre las ventajas ambientales y económicas de realizar un uso racional del agua evitando su derroche.
vii. Capacitar a los agricultores sobre las ventajas del reuso del agua para los diferentes usos, en función de su calidad, las ventajas económicas de aprovechar los nutrientes de esta agua para reemplazar los fertilizantes comerciales que muchas veces representan cerca del 50% del costo de producción y fertilizar suelos que contienen escasa materia orgánica y nutrientes y fundamentalmente sobre las medidas profilácticas para preservar su salud.

Control y Vigilancia

Entre las acciones de control y vigilancia a implementar se encuentran:

i. Monitoreo sistemático de la calidad del efluente del sistema de lagunas de estabilización a efectos de caracterizarlo e informar los desvíos de significación que haga necesario suspender el uso de los líquidos.
ii. Monitoreo sistemático de la calidad del suelo a efectos de evaluar el aporte de nutrientes y/o contaminantes.
iii. Evaluación del impacto sobre la calidad del agua subterránea en el área del proyecto.

Agricultores

Se propone la organización de los agricultores a través de la creación de una sociedad anónima con participación estatal mayoritaria (S.A.P.E.M.). Esta sociedad estará conformada por un directorio y un síndico cuyo estatuto estará regido por la Ley de Sociedades Comerciales (Ley Nº 19550). La empresa se especializará en la producción y comercialización de alfalfa en forma de fardos con el objetivo de satisfacer todo el año la demanda del sector ganadero del Valle Central de Catamarca. La fiscalización la realizará la Secretaria de Recursos Hídricos a través de la Dirección del Laboratorio y la Secretaria de Ambiente. El emprendimiento se realizará en un predio de 1632 ha donde funcionará el área de cultivos restringidos especiales (ACRE).

El proyecto ejecutivo fue estructurado para ser ejecutado en dos fases: Obras y Equipamientos y Desarrollo Productivo. En su primera fase, las acciones estarán dirigidas a la construcción de la infraestructura básica y la adquisición del equipamiento y materiales necesarios para llevar a cabo el proyecto, en la segunda etapa se llevará a cabo el desarrollo productivo del cultivo de especies forrajeras, alfalfa. Para la conducción del líquido tratado desde la planta hasta el predio del emprendimiento se utilizará cañería de PVC, de 800 mm de diámetro con una

longitud de 6000 m, cuyo trazado se muestra en la Figura 2. La conducción ha sido diseñada para que transporte un caudal máximo de 1 m^3/s, que incluye el caudal tratado actualmente por planta de efluentes cloacales del Departamento Capital al que se le sumará posteriormente el depurado por la Planta de líquidos residuales de los Departamentos Valle Viejo y Fray Mamerto Esquiú.

Selección y Plan de Cultivo: Se seleccionó producir alfalfa variedad *Medicago Sativa L*. por el hecho de ser la especie forrajera del país con más altos rendimientos de materia seca, excelente calidad forrajera y gran adaptabilidad a diversas condiciones ambientales (suelo y clima) y de manejo. Por otro lado, su capacidad para la fijación del nitrógeno atmosférico a través de la simbiosis con bacterias del género Rhyzobium, la convierte también en un importante componente de la sustentabilidad de los sistemas productivos (Demin y Aguilera, 2012).

Parcelas de Cultivo Agrícola: El diseño y ejecución de la distribución de las parcelas se realizará de modo que se respete la Ley de Ordenamiento Territorial y Bosque Nativo de la Provincia (Ley Nº 5311) en lo relativo al valor ambiental y territorial de cada ecosistema y de los servicios ambientales que brinda. Particularmente en la zona del emprendimiento productivo se encuentra según la citada ley zonas Categoría III (verde) sector de bajo nivel de conservación y zonas Categoría II (amarillo) sector de mediano valor de conservación que pueden ser utilizados en aprovechamiento sostenible, silvo-pasteril bajo monte e investigación y experimentación científica, donde se desarrollará la actividad agrícola.

Sistema de Riego: se utilizará un sistema de riego por goteo subterráneo (R.G.V.) para minimizar los riegos sanitarios de los operadores y riesgo de contaminación del producto. Además este sistema permite optimizar la utilización del recurso hídrico para riego (posee una eficiencia del 90 al 95%) y eliminar la evaporación superficial (Demin y Aguilera, 2012).

Con este sistema de riego no es necesario suspender el riego 30 días antes de la cosecha como recomienda la OMS, porque al no entrar en contacto el agua depurada con la superficie ni con la parte aérea de la planta ni con el operario se reducen los elementos que pueden actuar como fuentes de infecciones para los humanos y el ganado.

Análisis económico y financiero del proyecto.

Financiamiento: se están gestionando fondos para las inversiones necesarias del proyecto, dentro del Programa de Infraestructura Hídrica del Norte Grande**,** el cual está financiado por el BID (Préstamo BID 1843/OC-AR). Este programa tiene como propósito favorecer una mayor actividad productiva y bienestar social atreves del aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos en la zona norte grande integrado por las provincias de Jujuy, Santiago del Estero, Chaco, Tucumán y nuestra provincia.

Inversión: La inversión total del proyecto en el primer año será de: $ 18.000.000 previéndose que las tareas de implantación en el 2º año demandarán $ 2.976.960, considerando una inflación del 10%. En el siguiente cuadro se especifica las inversiones por año.

Tabla 1. Costos de Inversión por año

1° año	***2° año***	***3° año***	***4° año***	***5° año***
$ 18.000.000	$ 2. 976.960	$ 3.334.195	$3.734.299	$ 4.782.414

Producción: Se estima que la producción, en fardos de alfalfa por año será la que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Producción de fardos de alfalfa esperada por año.

Año	1	2	3	4	5
Nº de Fardos (Mínimo)	103.000	203.000	330.000	430.000	500.000
Nº de Fardos (Máximo)	196.000	350.000	504.000	658.000	770.000

Indicadores de rentabilidad: De lograrse las metas de producción contempladas en los estudios de pre-inversión el Sistema Integrado de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales de Catamarca logrará los índices de rentabilidad que se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Indicadores de Rentabilidad

Índice	Valor
VAN	119.429.614
TIR	51%
Tasa de descuento	10%

La tasa de descuento se fijó en 10% respetando el criterio del BID. Analizando los valores del VAN se puede decir que la actividad productiva será económicamente sustentable en el tiempo, mientras que el resultado de la TIR permite asegurar que el cultivo de alfalfa es una de las actividad más rentables para desarrollar en el Valle Central de Catamarca.

Si se alcanza la producción media esperada de fardos de alfalfa y en un escenario con los precios actuales el proyecto representa una alternativa rentable ya que costo de obtención de un fardo seria de $13,00 y el precio de venta rondaría los $35,00, por lo tanto el margen bruto seria de $24.200,00/ha. El precio de venta tomado como referencia para el cálculo de los indicadores económicos de este proyecto fue establecido con un valor menor al que se podría obtener en el mercado teniendo en cuenta su alta calidad, esto con la intención de favorecer a los productores ganaderos de la zona.

CONCLUSIONES

El proyecto permite transformar un problema en recurso, ya que representa una alternativa rentable si se alcanza la producción media esperada de fardos de alfalfa y en un escenario con los precios actuales.

La aceptación de este modelo implica que la comunidad asuma la responsabilidad del tratamiento con tecnologías apropiadas y valore los beneficios como la protección de la salud y el ambiente y la generación de empleo y productos de calidad.

Teniendo en cuenta los valores de los indicadores económicos se puede decir que la actividad productiva será económicamente sustentable en el tiempo.

La propuesta de la experiencia piloto puede ser replicada en siete localidades de la provincia que cuenta con plantas depuradoras de efluentes, posibilitando ampliar la frontera agrícola.

Se considera que los sistemas integrados son una alternativa viable y sostenible para mejorar la calidad de vida en las ciudades de la provincia, al posibilitar un adecuado manejo de los aspectos técnicos, ambientales, sociales y económicos del tratamiento y uso de las aguas residuales domésticas.

Esta propuesta debe estar unida al férreo compromiso del sector político, para el entendimiento que del manejo integral del agua depende la vida y prosperidad de los habitantes de la Capital de Catamarca.

REFERENCIAS

Ayers, R.S. y Westcot, D.W. (1985). Water quality for agriculture. **FAO** Irrigation and Drainage Paper 29 Rev.1, Roma, 174 p.

Demin P, Aguilera J, (2012). Efecto del régimen de riego en el rendimiento de alfalfa para corte en el Valle central de Catamarca, Argentina. Revista FCA. UNCUYO. Vol 44 (1) pp 173-181.

Egocheaga, L. y Moscoso, J. (2004) Una Estrategia para la Gestión de las Aguas Residuales Domésticas, CEPIS/OPS, Lima. Perú

Foster S e Hirata R. (1991). Determinación del Riesgo de Contaminación de Aguas Subterráneas. CEPIS-Perú.

KAYNE S.A. (2013). Establecimiento Ganadero. Ruta Nº 5. Km 24.

la Alternativa de Hoy". Presentación en las "Jornadas Técnicas sobre Recarga Artificial de Acuíferos y Reuso de Agua" por la Comisión Estatal de Agua (CTE), Jalisco. México.

Lazarova, V. (2008). "Source Global Water Intelligence". Citada en "La Utilización del Agua,

Ley de Aguas de la Provincia Nº2577.

Ley Provincial Nº 5311. Ordenamiento Territorial y Ambiental del Bosques Nativo. Decreto de Promulgación 1134/10.

Moscoso, J. (2002) Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancún. México.

Organización Mundial de la Salud. (1989). Directrices sanitarias sobre el uso de agua residuales en agricultura y acuicultura, Informe de un Grupo Científico de la OMS. Serie de Informes Técnicos 778. Ginebra.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. PNUD. (2000). Objetivos del Desarrollo del Milenio. http://www.undp.org/content/*undp*/es/home/mdgoverview/

Plevich J. Delgado A, Saroff C, Tarico J, Crespi R, Barotto O. (2012) El cultivo de alfalfa utilizando agua de perforación, agua residual urbana y precipitaciones. Revista Brasileira de Ingenharia Agrícola e Ambiental. Vol. 12.pp12. Campina Grande.

Silva J, Torres P, Madera C. (2009). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. Agronomía Colombiana. 26. pp 347-359.

Tema 7: Aplicaciones Energéticas de Residuos y Efluentes

- PRODUCCIÓN DE PHA EN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES POR LODOS ACTIVADOS
- BIOMASA PROVENIENTE DE RESIDUOS ORGÁNICOS POBLACIONALES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS CON TRANSFERENCIA A LA COMUNA DE GENERAL FOTHERINGHAM, CÓRDOBA-ARGENTINA
- ENSAYO BATCH DE CO-DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE PURINES DE CERDO
- EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
- AVANCES HACIA UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA QUE OPTIMICE EL USO DE UN RESIDUO DE LA AGROINDUSTRIA ACEITERA
- EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DEL CATALIZADOR Y ETANOL EN LA OBTENCION DE BIODIESEL
- COMPACTADOR DE DESECHOS A ENERGÍA SOLAR Y PANTALLA DE LED INTERACTIVA

PRODUCCIÓN DE PHA EN SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES POR LODOS ACTIVADOS

Alzate Marin J.C[1], Caravelli A.H.[1], Zaritzky N.E.[1,2]

1. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), CCT – La Plata – CONICET, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, 47 y 116 (B1900AJJ) La Plata, Argentina.
Tel.: 0221-425-4853.
2. Facultad de Ingeniería, UNLP, 48 y 115 (B1900AJJ) La Plata, Argentina.
E-mail: ing.juankal@yahoo.es (Alzate Marin J.C.), alejandrocaravelli@hotmail.com (Caravelli A.H.), zaritzky@ing.unlp.edu.ar (Zaritzky N.E.).

Resumen

Los polihidroxialcanoatos (PHA) constituyen una buena alternativa para reemplazar a los plásticos convencionales de origen petroquímico, pues son biodegradables y pueden ser sintetizados por cultivos mixtos de lodos activados utilizando efluentes industriales ricos en carbono. El proceso de producción de PHA requiere una etapa de selección de microorganismos en un reactor batch secuencial bajo condiciones “feast/famine” y otra etapa de producción de PHA en sistema batch. En el presente trabajo se evaluó la factibilidad de producción de PHA, a escala laboratorio, utilizando cultivos de lodos activados bajo condiciones aeróbicas y diferentes fuentes de carbono: acetato, suero de queso con alto contenido de lactosa hidrolizada (efluente de la industria láctea) y glicerol puro (subproducto de la planta de biodiesel). La tinción de preparados microscópicos con Sudan Black y el análisis de imágenes mediante el software Image-Pro Plus 6.0 permitieron evaluar la capacidad de producción de PHA de los sistemas estudiados. El suero de queso permitió la selección de un cultivo mixto con capacidad de producir y acumular PHA en sistema aeróbico batch. El acetato generó un cultivo viscoso e inestable en la etapa de selección de los microorganismos. Un efluente conteniendo suero de queso y glicerol generó un cultivo de lodos activados con similares parámetros cinéticos y estequiométricos respecto al obtenido con suero de queso. No obstante, la producción de PHA basada en mezclas de suero de queso y glicerol resultó menor, requiriéndose optimizar la estrategia de alimentación del sustrato carbonáceo en la etapa de selección y/o producción de dicho sistema.

Palabras claves: polihidroxialcanoatos, lodos activados, acetato, suero de queso, glicerol.

Abstract

Polyhydroxyalkanoates (PHAs) constitute a good alternative to replace conventional petrochemical-based plastics because they are biodegradable; in addition, they can be synthesized by activated sludge mixed cultures using carbon-rich industrial effluents. The process of PHA production requires a selection step of microorganisms using a sequencing batch reactor (SBR) under "feast/famine" regime and a stage of PHA production in batch system. The objective of the present study was to evaluate the feasibility of production of PHA, at laboratory scale, using activated sludge cultures under aerobic conditions and different carbon sources: acetate, cheese

whey with high content of hydrolyzed lactose (dairy effluent) and pure glycerol (by-product of the biodiesel plant). A staining method with Sudan Black and microscopic image analysis, using Image-Pro Plus 6.0 software, was used to evaluate the PHA production capacity of the systems. Cheese whey allowed the selection of a mixed culture, which was able to synthesize and accumulate PHA in batch aerobic system. Acetate produced a viscous and unstable culture at the stage of microorganisms selection. The effluent containing cheese whey and glycerol generated an activated sludge culture with similar kinetic and stoichiometric parameters to the cheese whey. However, PHA production from mixtures of cheese whey and glycerol was lower; requiring optimization of the feed strategy of the carbonaceous substrate in the stages of selection and/or production of the system.

Keywords: Polyhydroxyalkanoates, activated sludge, acetate, cheese whey, glycerol.

Introducción

Los plásticos basados en polímeros sintéticos constituyen un serio problema ambiental pues son resistentes a la biodegradación, lo que genera dificultades en su disposición final cuando el reciclado o re-uso no es factible (Harding et al. 2007). Además son generados a partir del petróleo, un recurso no renovable (Cavalheiro et al. 2009). Los polihidroxialcanoatos (PHA) constituyen una buena alternativa para reemplazar a los plásticos convencionales de origen petroquímico pues son biodegradables y presentan propiedades físicas similares a aquellas de compuestos termoplásticos como el polipropileno y polietileno (Holmes 1985, Pijuan et al. 2009).

La tecnología para producción de PHA se basa principalmente en el uso de cultivos puros bajo condiciones estériles y uso de fuentes de carbono puras. El uso de cultivos mixtos, como el caso de lodos activados, permite reducir los costos de producción de PHA (Pijuan et al. 2009). La utilización de efluentes ricos en carbono constituye una estrategia factible para la producción rentable de PHA, a la vez que contribuye a resolver los problemas asociados a la disposición de los desechos industriales. Los efluentes que pueden ser utilizados para este fin son los generados en industrias alimenticias como azucareras y lácteas, industria forestal y producción de biodiesel (Koller et al. 2011). Las aguas residuales del proceso de producción de biodiesel contienen altas concentraciones de glicerol crudo, el cual presenta mínima o nula utilidad (Dobroth et al. 2011). Se están estudiando diferentes estrategias basadas en transformaciones químicas y biológicas para convertir glicerol en productos de mayor valor (Zhu et al. 2013). Una alternativa económicamente interesante para revalorizar este sub-producto consiste en utilizarlo como materia prima para la producción de polímeros (Moralejo-Gárate et al. 2011).

La aplicación de períodos consecutivos de disponibilidad de carbono (“feast”) y limitación (“famine”) en sistemas de tratamiento biológico de efluentes favorece la síntesis de PHA (Majone et al. 1996). Este proceso es conocido como proceso de alimentación dinámica aeróbica o “feast/famine”. Estas condiciones son logradas en reactores operados con una secuencia temporal de diferentes fases (alimentación, reacción, sedimentación y purga), denominado reactor discontinuo secuencial o reactor batch secuencial (SBR, sequencing batch reactor). El proceso de producción de PHA utilizando cultivos mixtos requiere una etapa de selección del cultivo mixto y otra de producción de PHA (Moralejo–Gárate et al. 2011). Cuando se emplean sustratos ricos en carbohidratos se requiere una etapa anaeróbica fermentativa previa para transformar los carbohidratos en ácidos grasos volátiles y otros ácidos carboxílicos, los cuales pueden ser luego utilizados en las etapas siguiente de selección de microorganismos y acumulación de PHA (Albuquerque et al. 2007). La detección de PHA puede realizarse mediante métodos de tinción con Nile blue o Sudan black de preparados microscópicos (Bengtsson et al. 2008). Estudios previos han propuesto un método de análisis de imágenes, de microfotografías de preparados microscópicos teñidos con Sudan Black, para la cuantificación de PHB en bacterias filamentosas presentes en flóculos de lodos activados (Pandolfi et al. 2007). Sin embargo, dicha metodología no ha sido aplicada para la cuantificación global de PHA en cultivos microbianos mixtos.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la factibilidad de producción de PHA, a escala laboratorio, utilizando cultivos mixtos de lodos activados y diferentes fuentes de carbono: acetato, suero de queso con alto contenido de lactosa hidrolizada (residuo de la industria láctea) y glicerol puro (subproducto de la planta de biodiesel). Los objetivos específicos fueron: a) Evaluar el funcionamiento y estabilidad de SBRs, alimentados con las diferentes fuentes de carbono, utilizados en la etapa de selección de microorganismos con capacidad de producción de PHA; b) Optimizar la técnica de tinción de los gránulos de PHA y cuantificación de los mismos mediante análisis de imágenes microscópicas; c) Determinar la capacidad de producción de PHA utilizando reactores batch conteniendo la biomasa proveniente de los diferentes SBRs estudiados; d) Comparar los diferentes sistemas con respecto a parámetros cinéticos y estequiométricos de crecimiento microbiano y producción de PHA.

Materiales y Métodos

Medios de cultivo y reactores

Etapa de selección del cultivo mixto: Se emplearon reactores discontinuos secuenciales (SBR) a escala laboratorio (2 L.). Se emplearon diferentes medios de cultivo según la fuente de carbono y energía: acetato de sodio, suero de queso y mezclas de suero de queso con glicerol (50/50). Los medios de cultivo presentaron las siguientes concentraciones de demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno (N) y fósforo (P): 4095 mgDQO/L, 409 mgN/L y 204 mgP/L. Los reactores SBR fueron operados con una secuencia temporal de diferentes fases: reacción, sedimentación y purga del sobrenadante. Se evaluó la estabilidad de cada SBR mediante la determinación de los siguientes parámetros físico-químicos a lo largo de diferentes ciclos: ortofosfato (PO_4-P, mgP/L), amonio (NH_3-N, mgN/L), velocidad de consumo de oxígeno (VCO, mgO_2/(L h)), sustrato orgánico como DQO soluble (DQO_S, mg/L) y concentración de biomasa determinada como DQO (DQO_B, mg/L). DQO_B correspondió a la diferencia entre DQO total (DQO_T) y DQO_S. Esta etapa es necesaria para la selección de un cultivo mixto con capacidad de producción de PHA.

Etapa de producción de PHA: Se emplearon reactores batch a escala laboratorio (1 L). Se operaron en forma aeróbica a temperatura ambiente. Se utilizó la biomasa procedente de los diferentes SBRs. Los diferentes medios de cultivo contenían acetato de sodio, suero de queso, suero de queso y glicerol (50/50), con concentraciones de N y P 20 veces inferiores a las utilizadas en la etapa de selección. Para cada sistema batch se determinaron los siguientes parámetros físico-químicos a lo largo de cada ensayo: DQO_S (mg/L); DQO_T, (mg/L) y DQO_B (mg/L). La producción de PHA se cuantificó mediante análisis de imágenes microscópicas.

Análisis químico y cuantificación de PHA

Las concentraciones de ortofosfato, nitrógeno amoniacal y DQO fueron determinadas por espectrofotometría utilizando reactivos comerciales (Hach Company, Loveland, CO). Para determinar PO_4-P, NH_3-N y DQO_S se centrifugaron 35 mL del cultivo (13000 rpm, 10 min.) y se filtró el sobrenadante con membranas de 0,45 µm de tamaño de poro (GE Osmonics). La concentración de PO_4-P fue determinada luego de reaccionar con vanadato-molibdato en medio ácido (Método Hach Nº 8114, adaptado de Métodos Estándar). Nitrógeno amoniacal fue medido por el método de Nessler (Método Hach Nº 8038).

La velocidad de consumo de oxígeno fue determinada por respirometría utilizando un electrodo de oxígeno (YSI Modelo 58). Se realizaba en el mismo SBR con agitación magnética suave, sin aireación y a temperatura ambiente. Se registró la disminución lineal de la concentración de OD (mg/L) durante 3-4 minutos, resultando la pendiente la velocidad de consumo de oxígeno (VCO, mgO_2/(L h)). También se determinó la velocidad específica de consumo de oxígeno (VECO, mgO_2/($gDQO_B$ h)) a partir del cociente entre VCO y DQO_B.

Se determinó el rendimiento de biomasa ($y_{X/S}$, $mgDQO_B/mgDQO_S$) a partir de la pendiente de los gráficos: concentración de biomasa (DQO_B) vs. sustrato orgánico consumido ($DQO_{SO} - DQO_S$), siendo DQO_{SO} la concentración de sustrato orgánico al inicio de cada ciclo del SBR o inicio de cada batch de producción de PHA y DQO_S el valor correspondiente a diferentes tiempos.

A diferentes tiempos de operación de los reactores batch, se determinó la producción de PHA (P_{PHA}) de los lodos activados mediante el análisis de imágenes microscópicas. Se tomaron dos muestras (15 µL) con una micropipeta automática (Eppendorf) y se extendían uniformemente sobre portaobjetos ocupando un área rectangular de 6 cm^2. Se procedió a la tinción de los preparados microscópicos con Sudan Black de acuerdo a Jenkins y col. (1993). Los preparados fueron observados por microscopía de contraste de fases con aumento de 1000X usando un microscopio Leica DMLB con cámara fotográfica. Para cada preparado microscópico, se tomaban 10-20 microfotografías. Las imágenes microscópicas fueron analizadas con el software Image-Pro Plus 6.0. Se determinó el área ocupada por los gránulos intracelulares de PHA de los flóculos de lodos activados (A_G, μm^2), el área total de dichos flóculos (A_T, μm^2) y su relación $P_{PHA} = A_G/A_T$.

Análisis estadístico

Las regresiones lineales fueron realizadas usando el software Sigma Plot 10.0. Se realizaron análisis de varianza mediante el software Systat 12, utilizando un nivel de significancia de 0,05 (Systat Software Inc).

Resultados y discusión

Reactor SBR con medio de cultivo basado en acetato de sodio

El SBR fue inicialmente operado con ciclos repetitivos de 168 hs y secuencia temporal de diferentes fases: reacción (167 hs), sedimentación (45 min.) y purga del sobrenadante (15 min.). Se trabajó con un tiempo de residencia celular (TRC) de 10 días y un tiempo de residencia hidráulico (TRH) de 8 días.

En las primeras 24 hs del ciclo se observó un rápido consumo del acetato, alcanzándose una concentración de biomasa de 1450 $mgDQO_B/L$. Durante los 6 días restantes del ciclo, la biomasa quedaba expuesta a condiciones de inanición. Luego de una semana de operación, el SBR presentó mayormente crecimiento disperso con muy pocos flóculos. El SBR exhibió muy mala sedimentación de forma que mucha biomasa se extraía del sistema junto con la purga del sobrenadante. Estas condiciones de operación generaron concentraciones de biomasa relativamente bajas al inicio de cada ciclo (aproximadamente 150 $mgDQO_B/L$). La elevada concentración de sustrato orgánico (3500 $mgDQO_S/L$) y la baja concentración de biomasa al inicio de cada ciclo condujo a una extremadamente alta relación alimento/microorganismo (27 $mgDQO_S/mgDQO_B$) favoreciendo el desarrollo de crecimiento disperso. El prolongado período de inanición favoreció la síntesis de sustancias polímericas extracelulares a partir del acetato, lo que causó un incremento de la viscosidad del cultivo dificultando la operación del SBR.

A fin de reducir el período de inanición, se acortó el ciclo desde 168 hasta 84 hs resultando las siguientes fases: reacción (83 hs), sedimentación (45 min.) y purga del sobrenadante (15 min.). El TRC fue de 10 días y el TRH de 4 días. A pesar del cambio en las condiciones de operación, el crecimiento disperso dominó el sistema presentando pésima sedimentación, además el cultivo se volvió muy viscoso con formación de abundante espuma generada por la aireación en la fase de reacción. El SBR fue detenido, sin poder evaluarse la capacidad de producción de PHA utilizando acetato como fuente de carbono en sistema batch.

Reactor SBR con medio de cultivo basado en suero de queso

En la Figura 1 se presenta los diferentes parámetros físico-químicos medidos durante un ciclo de operación. Durante las primeras 24 hs se produjo el consumo total de la fuente de carbono, correspondiendo este período a la fase "feast" o de disponibilidad de sustrato orgánico externo. Asociado al consumo de sustrato se observó un incremento gradual de la biomasa microbiana, alcanzando una concentración que duplicó el valor medido al inicio del ciclo. Durante dicho período, se observó un consumo significativo de nitrógeno amoniacal y en menor grado de ortofosfato, siendo también asociado al crecimiento de la biomasa. Cabe destacar que el consumo específico de oxígeno se incrementó durante la etapa inicial de crecimiento de la biomasa desde aproximadamente 9 hasta 17 $mgO_2/(gDQO_B\ h)$ y luego disminuyó progresivamente hasta 7 $mgO_2/(gDQO_B\ h)$ al final de la fase "feast". Durante el tiempo restante del ciclo (fase "famine"), la concentración de biomasa decayó ligeramente (Figura 1). El decaimiento de la biomasa puso de manifiesto la ocurrencia de fenómenos de mantenimiento celular a expensas del consumo de sustancias de reserva intracelular. La VECO disminuyó gradualmente hasta alcanzar finalmente valores 7 a 8 veces inferiores a los máximos valores medidos en la fase "feast".

Se observó la producción de PHA, mediante tinción y observación microscópica, durante la fase "feast" de los ciclos del SBR. De esta manera, pudo afirmarse que el aumento de biomasa determinado mediante DQO fue atribuido no solamente al crecimiento o multiplicación celular sino también a la síntesis y almacenamiento de PHA.

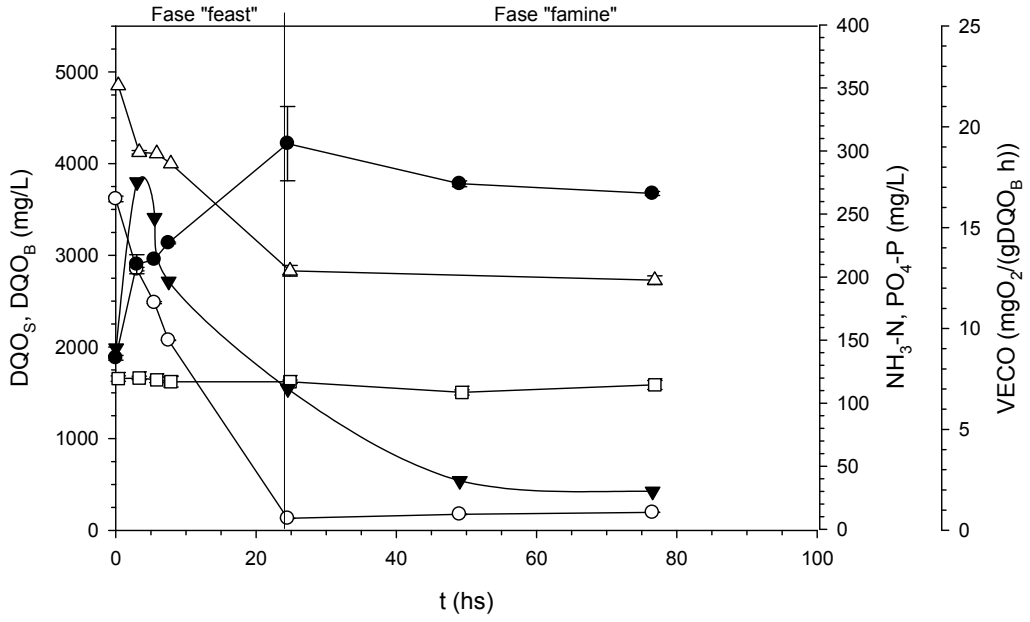


Figura 1. Parámetros químicos de un ciclo de operación del SBR alimentado con medio de cultivo basado en suero de queso. (○) DQO soluble (DQO_S, mg/L); (●) DQO de biomasa (DQO_B, mg/L); (Δ) Nitrógeno amoniacal (N-NH_3, mg/L); (□) Ortofosfato (P-PO_4^{3-}, mg/L); (▼) Velocidad específica de consumo de oxígeno (VECO, $mgO_2/(gDQO_B\ h)$)

Los restantes ciclos estudiados presentaron similar comportamiento. No obstante, la duración de la fase "feast" de los diferentes ciclos estuvo determinada por la velocidad de consumo de sustrato orgánico (Figura 2). La velocidad inicial de consumo de DQO_S (r_S, mgDQO/(L h)), determinada a partir de los datos medidos durante las primeras 8-10 hs de cultivo, resultó dependiente de la concentración de biomasa al inicio de cada ciclo (DQO_{BO}) y de la temperatura. La velocidad específica de consumo de sustrato (q_S, mgDQO/(DQO_B h)) se estimó a partir del cociente entre r_S y DQO_{BO}. La dependencia de q_S con la temperatura no permite utilizar dicho parámetro para determinar la estabilidad del sistema (Tabla 1).

El rendimiento de la biomasa no presentó una tendencia definida a lo largo de los sucesivos ciclos del SBR (Tabla 1). Debe destacarse que en los diferentes ciclos se alcanzó la concentración de biomasa máxima (DQO_{BM}) al final de la fase "feast". Esta DQO_{BM} disminuyó progresivamente con el tiempo de operación del reactor, alcanzando un valor relativamente constante (3900-4200 mgDQO/L) luego de 4,9 tiempos de residencia celular (Figura 2). De esta manera, el sistema requirió más de 4 TRC para alcanzar el estado estable. Bajo condiciones de estabilidad, el rendimiento de biomasa fue 0,65 ± 0,05 $mgDQO_B/mgDQO_S$.

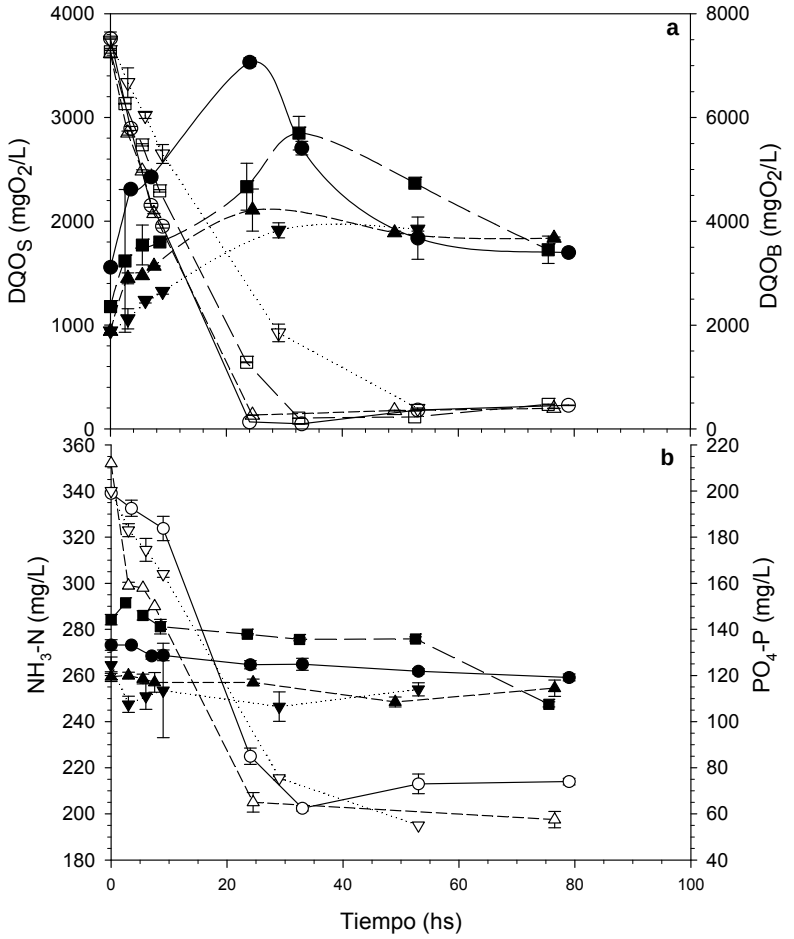


Figura 2. Ciclos del SBR operado con medio de cultivo basado en suero de queso para diferentes TRC.
a) DQO soluble (DQO_S, mg/L): símbolos vacíos; DQO de biomasa (DQO_B, mg/L): símbolos llenos.
b) Nitrógeno amoniacal ($N\text{-}NH_3$, mg/L): símbolos vacíos; Ortofosfato ($P\text{-}PO_4^{3-}$, mg/L): símbolos llenos.
(●,○) Ciclo 2, TRC= 0,7, (■,□) Ciclo 4, TRC= 1,4, (▲,△) Ciclo 14, TRC= 4,9, (▼,▽) Ciclo 22, TRC= 7,7.

Tabla 1. Parámetros químicos, cinéticos y estequiométricos del SBR operado con medio de cultivo basado en suero de queso para los diferentes ciclos.

Nº Ciclo	TRC	Temp (ºC)	DQO_{BO} ($mgDQO_B/L$)	r_S ($mgDQO_S/(Lh)$	q_S ($mgDQO_S/(DQO_Bh)$)	$y_{X/S}$ (DQO_B/DQO_S)
2	0,7	18,4 ± 0,9	3115	229	73	0.83
4	1,4	13,2 ± 4,3	2360	154	65	0.69
14	4,9	19,2 ± 2,7	1882	200	106	0.62
22	7,7	13,7 ± 1,8	1888	120	63	0.69

Producción de PHA en reactor batch con medio de cultivo basado en suero de queso

Una vez alcanzadas las condiciones de estado estable en el SBR, se realizaron ensayos de producción de PHA en sistema batch aeróbico. Se observó la acumulación de PHA por tinción con Sudan Black y observación microscópica (Figura 3). En la Figura 4 se presentan las curvas de consumo de sustrato orgánico, incremento de biomasa y producción de PHA correspondientes al sistema batch con lodos obtenidos al final del ciclo Nº 22 del SBR (7,7 TRC). La concentración inicial de sustrato orgánico fue 3100 mg/L, requiriéndose aproximadamente 48 hs para la remoción del 90%. La concentración de biomasa aumentó progresivamente a medida que se consumía el sustrato hasta las 24 hs de cultivo; el consumo posterior de sustrato no produjo un incremento significativo de biomasa. Debe destacarse que el aumento de la concentración de biomasa estuvo asociado fundamentalmente a la síntesis y acumulación de PHA, pues el medio de cultivo utilizado estuvo extremadamente limitado en nitrógeno amoniacal y fósforo.

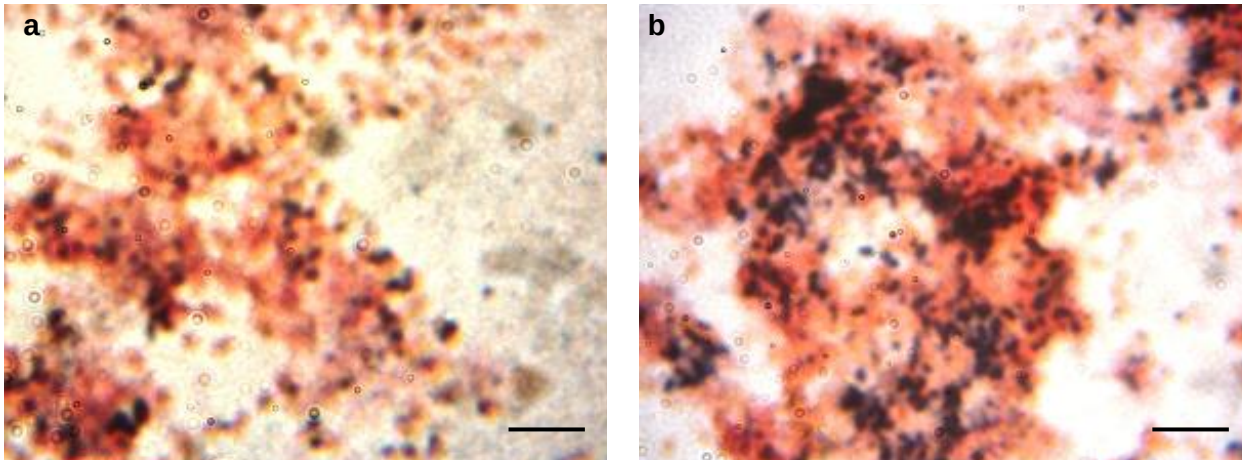


Figura 3. Micrografías de lodos activados con tinción Sudan Black del reactor batch de producción de PHA con medio de cultivo basado en suero de queso. (a) Tiempo de operación: 0 hs. (b) Tiempo de operación: 48 hs. —— 10 µm.

A partir de los diferentes ensayos de producción de PHA se determinó una velocidad específica de consumo de sustrato de 39 ± 2,8 $mgDQO_S/(DQO_Bh)$, siendo significativamente inferior ($p < 0,05$) respecto al cultivo limitado en la fuente de carbono y energía (> 60 $mgDQO_S/(DQO_Bh)$, Tabla 1). Esto es debido a que bajo condiciones limitadas en sustrato orgánico, como las observadas en el SBR, la competencia microbiana por el mismo se incrementa resultando velocidades de consumo mayores a las determinadas en cultivos limitados en algún macro-nutriente como el nitrógeno o fósforo. El rendimiento de biomasa fue 0,65 ± 0,03 $mgDQO_B/mgDQO_S$, el cual no resultó significativamente diferente ($p > 0,05$) al valor determinado bajo condiciones de estabilidad del SBR (0,65 ± 0,05 $mgDQO_B/mgDQO_S$).

Luego de 24 hs de cultivo se determinó un valor de P_{PHA} de 30,0 ± 7,7, lo que implicó un incremento de 4,4 veces respecto del contenido de PHA medido al inicio del batch. Posteriormente, el contenido intracelular de PHA no se incrementó de manera significativa resultando un P_{PHA} de 37,8 ± 12,8 luego de 48 hs de cultivo ($p > 0,05$, Figura 4).

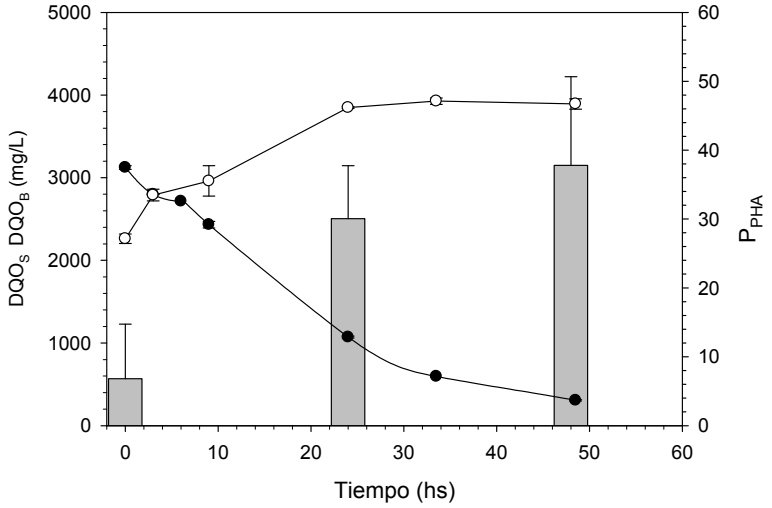


Figura 4. Consumo de sustrato orgánico, incremento de biomasa y producción de PHA del reactor batch, alimentado con medio de cultivo a base de suero de queso, en función del tiempo (hs) para un TRC de 7,7. (●) DQO soluble (DQO_S, mg/L). (○) DQO de biomasa (DQO_B, mg/L).
Barras verticales llenas: Producción de PHA (P_{PHA})

Reactor SBR con medio de cultivo basado en suero de queso y glicerol

En la Tabla 2 se presentan la velocidad de consumo de sustrato orgánico (r_S, mg/(L h)), la velocidad específica de consumo de sustrato (q_S, mg/(DQO_B h)) y el rendimiento de biomasa (yx/s, $mgDQO_B/mgDQO_S$) para los diferentes ciclos estudiados. El parámetro r_S fue determinado a partir de los datos medidos entre las 3 y 24 hs de cultivo, debido a que el cultivo presentó una breve fase inicial con relativamente bajo consumo de sustrato. Bajo condiciones de estabilidad se observó que el rendimiento de biomasa fue 0,54 ± 0,06 $mgDQO_B/mgDQO_S$, no difiriendo significativamente del alcanzado en el SBR con el medio de cultivo basado únicamente en suero de queso como fuente de carbono y energía.

Tabla 2. Parámetros químicos, cinéticos y estequiométricos del SBR operado con medio de cultivo basado en suero de queso y glicerol para los diferentes ciclos.

Nº Ciclo	TRC	Temp (ºC)	DQO_{BO} ($mgDQO_B/L$)	r_S ($mgDQO_S/(Lh)$	q_S ($mgDQO_S/(DQO_Bh)$)	$y_{X/S}$ DQO_B/DQO_S
5	1,8	14,7 ± 1,8	1660	103	62	0,47
9	3,2	19,1 ± 1,1	1848	122	66	0,50
13	4,6	18,3 ± 2,1	2021	128	63	0,58

Producción de PHA en reactor batch con medio de cultivo basado en suero de queso y glicerol

En la Figura 5 se presentan las curvas de consumo de sustrato orgánico, incremento de biomasa y producción de PHA correspondientes al sistema batch con lodos obtenidos al final del ciclo Nº 13 del SBR (4,6 TRC). La velocidad específica de consumo de sustrato resultó 39 ± 0,5 $mgDQO_S/(DQO_Bh)$, siendo significativamente inferior respecto a condiciones limitadas en carbono del SBR. El rendimiento de biomasa fue 0,60 ± 0,09 $mgDQO_B/mgDQO_S$, no difiriendo significativamente ($p > 0,05$) del valor determinado bajo condiciones de estabilidad del SBR.

Luego de 48 hs de cultivo se determinó un valor de P_{PHA} de 20,5 ± 10,0 (Figura 5), el cual resultó significativamente inferior ($p < 0,05$) al determinado en el ensayo de producción de PHA utilizando suero de queso (37,8 ± 12,8). Cabe destacar que el rendimiento de biomasa no difirió significativamente entre ambos procesos ($p > 0,05$).

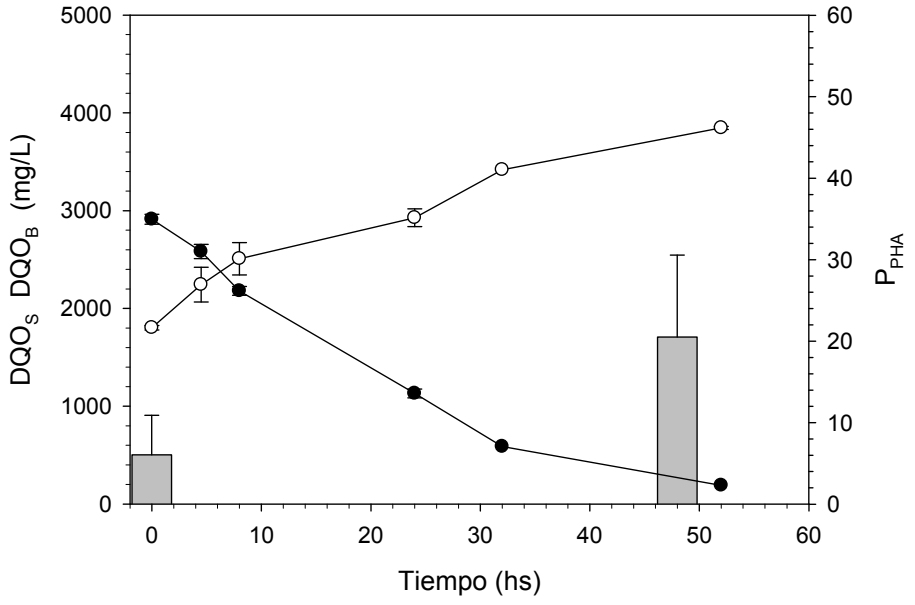


Figura 5. Consumo de sustrato orgánico, incremento de biomasa y producción de PHA del reactor batch, alimentado con medio de cultivo a base de suero de queso y glicerol, en función del tiempo (hs) para un TRC de 4,6. (●) DQO soluble (DQO_S, mg/L). (○) DQO de biomasa (DQO_B, mg/L). Barras verticales llenas: Producción de PHA (P_{PHA})

Conclusiones

La aplicación de la técnica de tinción con Sudan Black y el análisis de imágenes microscópicas permitieron evaluar la capacidad de producción de PHA de los sistemas estudiados. El suero de queso parcialmente hidrolizado, con alto contenido de carbohidratos simples, permitió la selección de un cultivo mixto con capacidad de producción de PHA en SBR operado bajo régimen "feast/famine" sin el requerimiento de una etapa fermentativa previa. El cultivo seleccionado fue capaz de sintetizar y acumular PHA en sistema aeróbico batch; sin embargo, resulta necesario realizar la extracción y caracterización del producto sintetizado previo a la implementación de procesos productivos industriales. El SBR alimentado con acetato presentó un cultivo mixto de elevada viscosidad y en consecuencia altamente inestable; esta situación fue probablemente causada por la prolongada fase "famine". El SBR alimentado con un efluente conteniendo suero de queso y glicerol, bajo las mismas condiciones "feast/famine", logró la selección de un cultivo mixto con similares parámetros cinéticos (r_S y q_S) y estequiométricos ($y_{X/S}$) respecto a aquellos obtenidos con suero de queso. No obstante, la producción de PHA del cultivo batch empleando suero de queso y glicerol resultó menor, requiriéndose optimizar la estrategia de alimentación del sustrato carbonáceo en la etapa de selección y/o producción de dicho sistema.

Bibliografía

Albuquerque M.G.E., Eiroa M., Torres C., Nunes B.R., Reis M.A.M. (2007) Strategies for the development of a side stream process for polyhydroxyalkanoate (PHA) production from sugar cane molasses. Journal of Biotechnology 130, 411–421.

Bengtsson S, Werker A, Christensson M, Welander T. (2008) Production of polyhydroxyalkanoates by activated sludge treating a paper mill wastewater. Bioresource Technology 99, 519–526.

Cavalheiro J., de Almeida M., Grandfils C., da Fonseca M.M.R. (2009). Poly(3-hydroxybutyrate) production by *Cupriavidus necator* using waste glycerol. Process Biochemistry 44, 509–515.

Dobroth Z.T., Hu S., Coats E.R., McDonald A.G. (2011) Polyhydroxybutyrate synthesis on biodiesel wastewater using mixed microbial consortia. Bioresource Technology 102, 3352–3359.

Harding K.G., Dennis J.S., von Blotnitz H., Harrison S.T.L. (2007) Environmental analysis of plastic production processes: comparing petroleum-based polypropylene and polyethylene with biologically-based poly-β-hydroxybutyric acid using life cycle analysis. Journal of Biotechnology 130, 57–66.

Holmes PA. (1985) Applications of PHB—a microbially produced biodegradable thermoplastic. Phys Technol. 16, 32–36.

Jenkins D., Richard M.G., Daigger G.T. (1993) Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming. 2nd Edition. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, Michigan.

Koller M., Gasser I., Schmid F., Berg G. (2011) Linking ecology with economy: Insights into polyhydroxyalkanoate-producing microorganisms. Engineering in Life Sciences 11, 222–237.

Majone M., Masanisso P., Carucci A., Lindrea K., Tandoi V. (1996) Influence of storage on kinetic selection to control aerobic filamentous bulking. Water Science and Technology 34, 223–232.

Moralejo-Gárate H., Mar'Atusalihat E., Kleerebezem R., van Loosdrecht M.C.M. (2011) Microbial community engineering for biopolymer production from glycerol. Applied Microbiology and Biotechnology 92, 631-639.

Pandolfi D., Pons M.-N., da Motta M. (2007) Characterization of PHB storage in activated sludge extended filamentous bacteria by automated colour image analysis. Biotechnology Letters 29, 1263-1269.

Pijuan M., Casas C., Baeza J.A. (2009) Polyhydroxyalkanoate síntesis using different carbon sources by two enhanced biological phosphorus removal microbial communities. Process Biochemistry 44, 97–105.

Zhu C., Chiu S., Nakas J.P., Nomura C.T. (2013) Bioplastics from waste glycerol derived from biodiesel industry. Journal of Applied Polymer Science 130, 1-13.

BIOMASA PROVENIENTE DE RESIDUOS ORGÁNICOS POBLACIONALES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS CON TRANSFERENCIA A LA COMUNA DE GENERAL FOTHERINGHAM, CÓRDOBA-ARGENTINA

Stobbia Daniel[1], Viera Fernández Beatriz[1], Cabanillas Carmen[1], Heredia Angélica[2], Eimer Griselda[2], Ledesma Alicia[1]

1. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Avda. Valparaíso s/nº, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina. Tel. 0351-4334116/17/05, e-mail: dstobbia@hotmail.com.
2. Centro de Investigación y Tecnología Química, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Maestro López esq. Cruz Roja s/n Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina.

Resumen

El manejo ambiental y tecnológico de los Residuos Orgánicos Poblacionales (ROP) aborda una problemática general del tratamiento de los mismos para convertir una fuente de contaminación en recursos apropiados para la sociedad, principalmente recursos energéticos de la biomasa poblacional.

La responsabilidad de la gestión de estos residuos debe estar en los propios Municipios y Comunas ya que en su gran mayoría el destino final son vertederos a cielo abierto o enterramientos sin ningún tipo de reducción previa, ni separación en origen.

El objetivo de esta investigación se basa en desarrollar un proceso de biorremediación por microorganismos para transformar la biomasa poblacional residual orgánica en un producto compatible con el ambiente, con valor sustentable, aplicando una tecnología socialmente apropiada generar energía alternativa.

Se realizó una encuesta diagnóstico en la población, a fin de conocer la percepción que tienen de los ROP en la Comunidad de General Fotheringham y se seleccionaron 50 familias para la recolección diferenciada de los mismos en origen. El proceso de la biodigestión de los ROP se realizó con un biodigestor piloto, tipo hindú modificado, construido en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, que se replicará en la Comuna transfiriéndose la información obtenida de dicho proceso.

Del análisis del comportamiento de variables dentro del Biodigestor, con diferentes biomasas poblacionales, se ha conseguido una producción de 0,26 m3 de biogás correspondiente a una carga reducida al 50% de su capacidad máxima aproximadamente. De la comparación de las biomasas utilizadas, se observa un mayor porcentaje de gas metano producido por los Residuos Sólidos Orgánicos Domiciliarios (48 %), con respecto a la de Corte de pasto (33%).

Palabras Claves: biomasa , biogás , energía alternativa, residuos orgánicos poblacionales.

Abstract

The environmental and technological management of Organic Population Disposals (OPD) covers a general predicament around treating them in order to convert a source of pollution into useful resources for the society, mainly energetic resources of the population biomass.
The responsibility of managing these resources must lay in Municipalities and local governments as in most cases their final destinations are open dumps or interments without any type of previous reduction or separation in the origin location.
The goal of this investigation is to develop a process of bio-remediation by micro-organisms to transform organic residual population biomass into an environmentally compatible product, with sustainable value, applying a socially appropriate technology to generate alternative energies.
A diagnostic survey of the population was developed to understand the perception that people have of the OPDs in the community of General Fotheringham and 50 families were selected for selective recollection of OPDs in the origin location. The process of the OPDs bio-digestion was performed with a pilot bio-digester, modified Hindu type, built at the Facultad de CienciasAgropecuarias ofthe Universidad Nacional de Córdoba which will be replicated in the community transferring the information obtained from the process.
From analyzing the behavior of variables within the bio-digester, with different population biomasses, a production of 0,26 m3 of bio-gas corresponding to a load reduced at 50% of its maximum capacity has been obtained. While comparing the different biomasses used, it can be observed a higher percentage of methane gas produced by Organic Solid Disposals (55%) in comparison with that of Green Disposals (33%).

Key words: biomass, biogas ,alternative energy, organic population disposals.

Introducción

Los factores que generan un Impacto Ambiental negativo son: -Incorrecta disposición de los Residuos Orgánicos Poblaciones (ROP) –Continuo aumento de los mismos –Incremento de población humana –Procesos de transformación agroindustrial y agroalimentaria –Hábitos de consumo de las personas –Aumento de la población que vive en áreas urbanas (Acurio, 1997, Neme, 2012).
Esto produce Contaminación de aire, agua, suelo, flora y fauna (García Gil, 2001, Ríos y Pimentel, 2005).
Argentina muestra un índice de desempeño ambiental modesto, ocupa el puesto 50. (Environmental Performance Index EPI, 2012).
La incorrecta Gestión de Residuos Sólidos es uno de los principales problemas en la Provincia de Córdoba (Nirich, 2000).La Responsabilidad de la Gestión de los mismos está en los Gobiernos Locales con compromisos civiles y políticos respecto de la sustentabilidad y cuidado de la naturaleza (Costa, 1991; Cumbre de la Tierra, 2012;Gobierno Ciudad de Buenos Aires, 2012; Protocolo Kyoto y Agenda 21)
Los ROP son tratados con sistemas tradicionales como basurales a cielo abierto, vertederos incontrolados, quema de residuos entre otros (Armenta y Rodríguez, 2003).
Los Gobiernos locales Municipios y Comunas juegan un nuevo rol como promotores y facilitadores de proyectos agroindustriales, agroalimentarios y bioenergéticos en origen. En este caso lo realizan proporcionando la Infraestructura requerida (parque bioenergético), articulando actores públicos y privados, vinculando el sistema educativo y productivo local (RRHH Afines), impulsando formas asociativas (Pymes, ONG, Cámaras, etc.) y potenciando servicios de apoyo a la producción. El impacto que esto produce afecta la Industrialización y/o transformación de materia prima en origen, la redistribución de la renta agrícola en el

pueblo, la generación de empleo genuino, arraigo de la población rural y más recaudación Municipal. (PRECOP INTA, 2012).
El medio ambiente en general y los ROP deberían ser una inversión y no un gasto en las políticas públicas (ENGIRSU 2005, GIRSU 2011).
La solución para disminuir la biomasa residual domiciliaria transformándola en un producto final compatible con el ambiente y con valor en el mercado justifica el desarrollo de procesos biológicos, basados en la descomposición de la materia orgánica por la acción de microorganismos en condiciones adecuadas de humedad, temperatura y aireación (Escalante, 1999, Lombrano, 2009, Cubero, 1994, Sufian y Bala, 2006, Gropelli y Gianpaoli, 2001, Amiguna y von Blottnitz, 2010, Mwirigi et al.,2009, Geng et al., 2010, Stobbia et al 2011 y 2012).
Actualmente coexisten tecnologías ecológicamente adecuadas como: biodigestores, molinos de viento, paneles solares, con otras destructivas que son consumidoras de energía con impactos ambientales negativos (Varnero, 2001, 2004).
Porque el uso de biodigestores para producir energía alternativa?
Por que es un claro ejemplo de Tecnología Socialmente Apropiada (TSA), generando biogás a escala doméstica o comercial ya sea en poblaciones rurales o urbanas, disminuyendo la biomasa de ROP, producidos en las mismas.
Los biodigestores pueden ser alimentados con cierto tipo de residuos orgánicos y la caracterización de las materias primas resultan de gran utilidad para medir principalmente el contenido de sólidos totales y volátiles. Toda materia orgánica residual que se destine como alimentación para un biodigestor, generalmente está compuesta por una importante cantidad de agua y una fracción de sólidos totales (ST).
Las mezclas de Biomasa deben contener entre un 7 y 9 % de ST y una relación C/N =30 (INTA, 1993, OLADE, 1981) para obtener los mejores resultados en la digestión anaeróbica, dentro del biodigestor.
La Biomasa es toda materia de origen biológico (excluidas las formaciones fósiles) como los cultivos energéticos, desechos y subproductos agrícolas y forestales, estiércol o biomasa microbiana (FAO, 2012).
La Biomasa es diferente en origen según el tipo de residuo utilizado. Pueden ser:

- Residuos Poblacionales (Domésticos).
- Residuos Agrícolas.
- Residuos Animales.
- Residuos Forestales.
- Residuos Agro y Foresto Industriales.

Todos estos sectores aportan materia para la generación de la energía térmica o eléctrica derivada de la Biomasa (Proyecto PROBIOMASA, 2012).

La digestión anaeróbica es un proceso natural que corresponde al ciclo anaerobio del carbono accionado y combinado con diferentes grupos bacterianos, en ausencia total de oxígeno, utilizando la materia orgánica para alimentarse y reproducirse. Las etapas de esta digestión se desarrollan con valores de pH de 6 a 7,5 y temperaturas entre 10 a 37 C rango aceptable para las bacterias mesófilas (Weijma y Stams, 2001, Deublein y Steinhauser, 2008).
La producción de biogas tiene como destino servir como combustible para: calefactores, heladeras, cocinas domésticas e incluso para generar electricidad. Esto evita la liberación de metano a la atmósfera, generando biogás a diferentes escalas domésticas sean para

poblaciones rurales o urbanas, disminuyendo la biomasa de Residuos Orgánicos Domiciliarios producidos en la población.
Este trabajo está orientado al tratamiento de la problemática existente con respecto al inadecuado manejo de los residuos sólidos orgánicos, pertenecientes a la localidad de General Fotheringham, en el marco del convenio suscripto con la FCA – UNC - Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Córdoba.

Objetivo General:
- Obtener a partir de la construcción de un biodigestor a escala piloto, energía no convencional (biogás) a partir de los residuos orgánicos poblacionales, generados a partir de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y de corte de pasto de jardín.

Objetivos Específicos:
- Concientizar a los habitantes de la localidad de General Fotheringham sobre la importancia que tiene para el ambiente el correcto manejo y tratamiento de los residuos orgánicos.
- Seleccionar y Capacitar 50 familias para efectuar la recolección diferenciada de sus residuos.
- Diseñar y Construir un Biodigestor piloto en la FCA – UNC.
- Poner en funcionamiento el biodigestor piloto, el que se alimentará con dos tipos de biomasa.
- Ajustar las variables de funcionamiento del biodigestor tales como temperatura y pH.
- Analizar la composición química del biogas producido, los porcentajes de CH4 y CO2 y su respectiva relación molar, por cromatografía gaseosa
- Transferir los resultados de este desarrollo a CGF y a otras poblaciones urbanas y rurales a las que les resulte de interés abordar la problemática del tratamiento de los residuos domiciliarios de manera sustentable.

Materiales y Métodos

La localidad de General Fotheringham está ubicada en el Departamento Tercero Arriba, a 140 Km. de Córdoba Capital sobre la ruta provincial N° 6, entre las localidades de Hernando y Tancacha a 17 y 14 km. respectivamente. Cuenta con una población en la zona urbana de 550 habitantes y su actividad económica principal es la agropecuaria, donde la soja cubre más del 80 % de la superficie agrícola sembrada. El relieve de la zona es prácticamente llano y el clima es templado con un régimen de precipitaciones anuales de 700 mm.
Manejo de los residuos por el proceso anaeróbico.
Actualmente los residuos domiciliarios no sufren ningún tipo de separación; son colocados en bolsas o recipientes siendo recolectados tres días por semana; posteriormente los residuos son arrojados y acumulados en un Vertedero no controlado a cielo abierto ubicado en la zona periférica de la localidad donde mensualmente se produce la quema de los mismos por personal del mantenimiento Comunal. Esta es la forma más primitiva y económica de eliminar residuos aunque tiene un alto costo desde el punto de vista ambiental. Estos vertederos no controlados constituyen centros de proliferación de animales y microorganismos que pueden afectar la salud humana; generan productos de descomposición que pueden contaminar el suelo, el aire y llegar a las napas superficiales de agua; generan olores nauseabundos y pueden provocar incendios que liberan humos tóxicos. La cantidad de residuos totales que se produce mensualmente, en promedio de varios meses, arrojó valores de aproximadamente 15 tn /mes.
Concientización de los vecinos.

• Se formó el CCA - Consejo Comunal Ambiental, que está integrado por jóvenes, bajo la coordinación de una docente de nivel secundario, con el objetivo principal de apoyar y colaborar con las distintas estrategias de concientización que se desarrollaron como son:
- Charlas a la comunidad en general, en escuelas y en organizaciones intermedias.- Talleres de Capacitación- Entrega de folletos informativos.- Visita individual a vecinos.- Respuesta de preguntas por vía e-mail.
• Se realizaron encuestas diagnósticos a los vecinos, para saber el conocimiento que tenían sobre los residuos domiciliarios.
Todas estas acciones y principalmente los talleres fueron coordinadas por especialistas de la FCA – UNC. y otras Instituciones calificadas.
Selección de las 50 familias.
La misma fue realizada con el apoyo del CCA sobre la base del grado de interés y compromiso manifestado por cada familia durante el proceso de concientización y capacitación llevado adelante, y teniendo en cuenta las características socio-económicas de las mismas, a fin de tomar una muestra representativa de la población. A cada familia se le entregó un recipiente adecuado para la recolección de 5 dm^3 de capacidad, un contenedor hermético y cincuenta bolsas identificadas con un código correspondiente a la familia.
Construcción del biodigestor.
Se construyó en la FCA – UNC un biodigestor tipo "Hindú Modificado" a escala piloto, teniendo en cuenta parámetros tales como: volumen de carga (volumen total de material orgánico diluido con el agua necesaria para introducirlo en el biodigestor), tiempo de retención (se calculó dividiendo el volumen útil del biodigestor por el volumen de la carga diaria, expresando el valor en días), volumen de biodigestor (volumen efectivamente útil para la biodigestión, expresado en m^3), volumen de gasómetro (capacidad de almacenamiento de biogás en función de una demanda puntual) y velocidad de carga (cantidad de materia orgánica que se introduce por unidad de volumen por día, expresada en kg. de sólidos volátiles por m^3 por día). El mismo tiene una capacidad de carga diaria de 7 kg de residuos y una producción de 0,6 m^3 de biogás. En esta experiencia se trabaja con la mitad de la carga diaria, como prueba piloto.
La composición del biogás se analizó por cromatografía gaseosa con detector de conductividad, mediante una columna de HP Plot-Q con Helio como gas portador.
Se utilizaron dos tipos de Biomasa.
- Residuos orgánicos domiciliarios.
- Pasto de corte de espacios verdes
Los análisis se realizaron en tres fechas por triplicado.
Para tomar las muestras se diseñó un muestreador de gas que consta de un tubo de vidrio con estrangulamiento en sus extremos donde se le adapta una manguera de látex que se conecta a la válvula de salida de la campana del biodigestor.

Resultados y Discusión

Encuestas realizadas a la población de la Comuna:

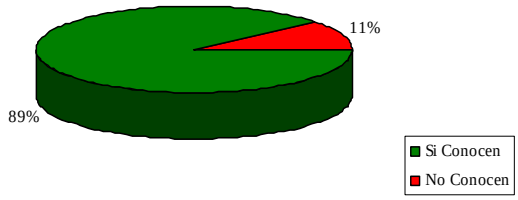


Figura 1
Porcentaje de familias que conocen los efectos que un basural a cielo abierto provoca al medio ambiente

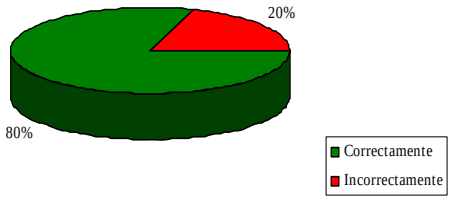


Figura 2
Porcentaje de familias que asignó correctamente los RSO que colocaría en la bolsa de separación

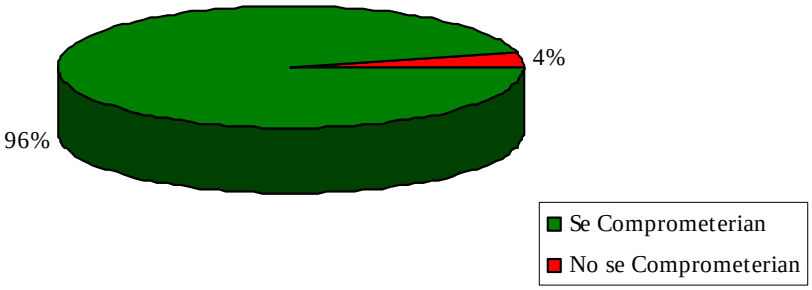


Figura 3
Porcentaje de familias que se comprometerían a realizar una separación diferenciada de residuos

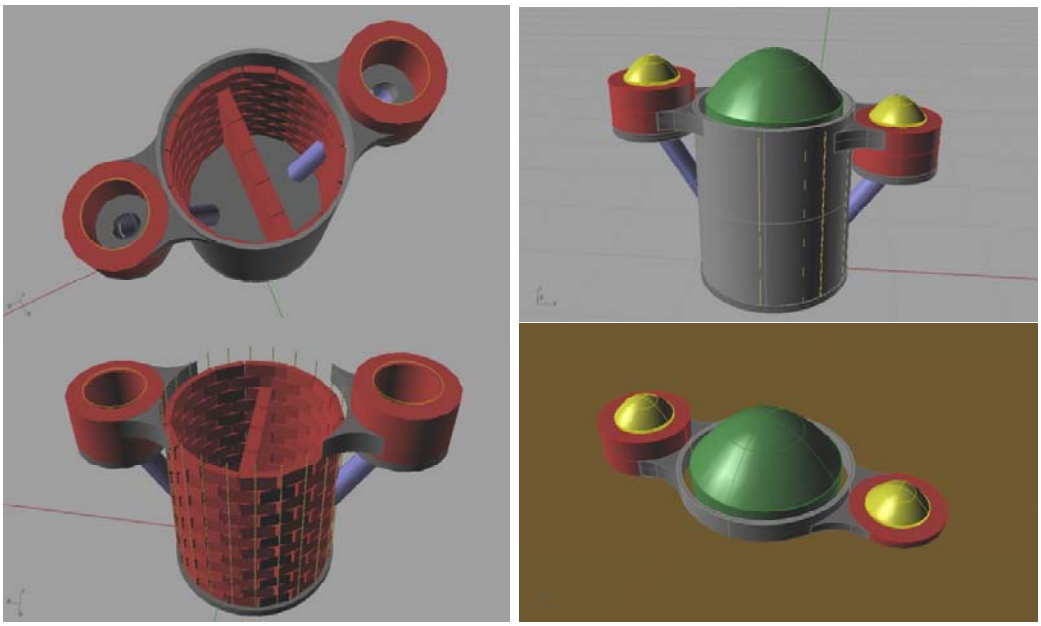


Figura 4
Diseño tridimensional del biodigestor

Figura 5
Biodigestor construido.

Tabla 1 Composición química de dos biomasas de residuos poblacionales

Biomasa	Fecha de Análisis	Compuesto	% peso	Realción molar $CH4/CO_2$
Residuos Orgánicos Domiciliarios	18/03/2013	Metano CH_4	51	2.89
		Dióxido de Carbono CO_2	49	
	23/04/2013	Metano CH_4	45	2.24
		Dióxido de Carbono CO_2	55	
	31/05/2013	Metano CH_4	48	2.55
		Dióxido de Carbono CO_2	52	
Corte de pasto	24/07/2013	Metano CH_4	30	1.29
		Dióxido de Carbono CO_2	70	
	23/08/2013	Metano CH4	36	1.54
		Dióxido de Carbono CO_2	64	
	25/09/2013	Metano CH_4	33	1.39
		Dióxido de Carbono CO_2	67	

En estos proyectos de Tecnología Socialmente Apropiada se trabaja en forma conjunta con la Comuna, el Sector Científico y la Universidad, como asi también con organizaciones educativas incluyendo instancias de capacitación e información, esto último surge a partir de las encuestas realizadas. La población en general tiene conocimiento de que los residuos orgánicos poblacionales, son productos de sus acciones y tienen conciencia de que es necesario un tratamiento de los basurales a cielo abierto.
Se propuso un diseño y construcción de un biodigestor para desarrollar una propuesta sustentable para toda la comunidad, para utilizar una fuente de energía renovable mediante la producción de biogás a partir de todos los residuos orgánicos que generan distintos tipos de biomasa.
Toda materia orgánica residual es posible de ser afluente en un biodigestor para producir biogás, pero no todas las biomasas tienen el mismo rendimiento energético. La mayor proporción en gas metano (48%) de los Residuos Organicos Domiciliarios en relación al Residuos de corte de Pasto (33%) demuestra su mayor poder calorífico
La transferencia de esta tecnología a esta comunidad eleva la Calidad de Vida de la población tanto rural como urbana

Conclusiones

La encuesta realizada a una muestra representativa de la población permitió visualizar:
a) un importante nivel de conocimiento de la población a cerca de la valuación que hacen de los ROP, tanto en su disposición como en el manejo no sustentable de los mismos.
b) Un gran interés de la población de formar parte de un manejo sustentable de los ROP que se generan en la comunidad.
c) Las biomasas de los ROP utilizadas dieron valores diferentes en la relación Metano / Dióxido de Carbono, siendo la de mayor valor la producida por los Residuos Solidas Orgánicos Domiciliarios y no la de Corte de Pasto.
d) El proceso de la biodigestión de los ROP se realizó con un biodigestor piloto, tipo hindú modificado, construido en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, que se replicará en la Comuna de General Fotheringham transfiriéndose la información obtenida en dicho proceso.

Bibliografía

Acurio, G. (1997). Diagnóstico de la situación de residuos sólidos Municipales en América Latina y el Caribe. Washington. Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana.

Amiguna B. y von Blottnitz H. (2010). Capacity-cost and location-cost analyses for biogas plants in Africa. Resources, Conservation and Recycling. En prensa.

Armenta Q. I. C. y Rodríguez, C. M. (2003). Compostaje de biosólidos provenientes del Reactor UASB de la estación en investigación en tratamientos de aguas residuales Acuavalle S.A.E.S.P de Ginebra. Trabajo de grado (Ingeniero Ambiental). Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Facultad de Ingeniería y Administración Palmira, Colombia, 92 pp.

Costa, F. (1991). Residuos orgánicos urbanos: manejo y utilización. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Centro de Edafología y Biología Aplicada, Murcia, España, 181 pp.

Cubero F. D. (1994). Manual de manejo y conservación de suelos y aguas. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Euned, 2ed, San José, C.R., 300pp.

Cumbre de la Tierra. (2012). Conferencia del Medio Ambiente y Desarrollo. Río de Janeiro , Brasil.

Environmental Performance Index.2012.Aunque mejoró la Argentina aún registra un modesto desempeño ambiental. Nuevas Energías.Editorial PGQ SA. Bs. As. Argentina.

Deublein D.; Steinhauser A. (2008). Biogas from waste and renewable resources: An introduction Wiley- VCH Verlag GmbH &Co KGaA, Weinheim. 443p

ENGIRSU (2005) Estrategia Nacional de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, ENGIRSU – Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

Escalante, A. M. A. (1999). Alternativas de sustratos hortícolas obtenidas mediante compostaje de mezclas de cachaza con residuos orgánicos. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira.

García Gil, J. C. (2001). Efectos Residuales y acumulativos producidos por la aplicación de compost de Residuos urbanos y lodos de depuradoras sobre agro sistemas mediterráneos degradados. Tesis Doctoral. Universidad autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias.

Geng Y., Tsuyoshi F. y Chen X., (2010). Evaluation of innovative municipal solid waste management through urban symbiosis: a case study of Kawasaki. Journal of Cleaner Production 18, 993 -1000.

GIRSU (2011) Lineamientos para la propuesta de gestión integral de residuos sólidos urbanos, para la Cuidad de Córdoba –Córdoba

Groppelli E. y Giampaoli O., (2001). Ambiente y Tecnología Socialmente Apropiada. Centro de Publicaciones, Secretaria de Extensión, Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina.

INTA (1983) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Biogás: Energía y Fertilización – Manual de Produccion y Utilización . Dpto de Ingeniería Rural. Castelar

Lombrano A. (2009). Cost efficiency in the management of solid urban waste. Resources, Conservation and Recycling 53, 601 – 611.

Mwirigi J., Makenzi P. y Ochola W. (2009). Socio-economic constraints to adoption and sustainability of biogas technology by farmers in Nakuru Districts, Kenya, Energy for Sustainable Development 13, 106 – 115.

Neme,HA. (2011). Crisis Ambiental. Naturaleza y Tecnología.Núm.53. ISSN 1853-6441.

Nirich, S. (2000). Diagnóstico Provincial de los Sistemas de Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos. Dirección de Ambiente. Gobierno de la Provincia de Córdoba.

OLADE (1981) – Organización Latinoamericana de Energía – Instituto de Investigaciones Eléctricas – Div. Fuentes de Energía – Dpto Fuentes no Convencionales de Energía. Biogás: Energía y Fertilizantes a partir de Desechos Orgánicos. Manual para el Promotor de la Tecnología. Cuernavaca, Morelos – México –

Sufian M. y Bala B. (2006). Modelling of electrical energy recovery from urban solid waste system: The case of Dhaka city. Renewable Energy 31, 1573 – 1580.

Varnero,MT. (2001). Desarrollo de sustratos: compost y bioabonos.En: Experiencias Internacionales en la rehabilitación de espacios degradados. Univ. De Chile, Fac. Cs. Forestales. Publicaciones Misceláneas Forestales Núm.3,123 p.21-30.

Varnero, MT; Faúndez, P; Santibañez,C. (2004). Evaluación de lodo fresco y compostado como materia prima para la elaboración de sustrato, Actas del Simposio de las Ciencias del Suelo-Residuos orgánicos y su Uso en Sistemas Agroforestales-, 361-365, Temuco- Chile.

ENSAYO BATCH DE CO-DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE PURINES DE CERDO

V. Córdoba[1,2], M, Fernandez[2], E. Santalla[2]

1. CONICET
2. Facultad de Ingeniería – UNCPBA
Av. Del Valle 5737, B7400JWI Olavarría, Buenos Aires. TE 02284 451055 int. 282, vcordoba@fio.unicen.edu.ar

Resumen

Se estudió la producción de metano a partir de la co-digestión anaeróbica de estiércol de cerdo con suero de leche con y sin dilución en reactores batch a 35ºC sin utilización de inóculo. Los resultados obtenidos muestran que la producción de metano resultó 47 % superior al utilizar 20 % de agua y 10,6 % inferior al utilizar 20 % de suero, respecto a la producción de metano a partir de purines puros. Las experiencias desarrolladas indicaron que el sistema de co-digestión no se estabilizó dentro de las primeras cuatro semanas en ausencia de inóculo y que el riesgo de inhibición es mucho mayor cuando se utilizan sustratos ácidos y de baja alcalinidad como el caso de suero de leche; por otro lado, si bien la dilución de los purines de cerdo mejora significativamente la producción de metano, la ausencia de inóculo no permitió alcanzar estabilidad en el proceso. Los valores de Bo y K obtenidos de la ecuación de Contois confirman los resultados observados.

Palabras Claves: Metano, co-digestión, purines de cerdo, suero de leche.

Abstract

In this study, experiments were conducted to investigate the production of methane from pig slurry and cheese whey by using anaerobic digestion process. The batch reactors were operated at 35ºC. The digesters were operated with poultry manure at 100%, 20% of water and 20% of cheese whey, without the utilization of inoculum. The results show that methane production was 47% higher when 20 % water was used and 10.6 % lower when 20 % of cheese whey co-digested, compared to that produced by the pure pig slurry. The conducted batch experiences showed that the co-digested system does not achieve stabilization before four weeks in the absence of inoculums and the risk of inhibition is higher when acid substrates of low alkalinity as cheese whey is used; by other hand, in spite of the dilution of pig slurry improved significantly the methane production, the absence of inoculum did not achieve the stability of the process. The values of Bo and K obtained from Contois´s equation confirmed the experimental results.

Keywords: methane, co-digestion, pig slurry, cheese whey

Introducción

La generación de residuos sólidos urbanos y la acumulación de residuos agroindustriales y agropecuarios representan una importante fuente de contaminación tanto por la liberación de gran cantidad de gases de efecto invernadero (GEI), como por los efectos nocivos sobre los ecosistemas. Paralelamente, la sensible disminución de las reservas de combustibles fósiles ha acentuado la búsqueda de nuevas fuentes de energía que permitan diversificar la actual matriz energética de Argentina (Cárdenas 2011). Los sistemas de digestión anaeróbica (DA) intentan resolver el tema de los residuos y los efluentes industriales con alta carga de materia orgánica, aportando la posibilidad de disponer de una fuente de energía renovable basada en el aprovechamiento del metano generado (Triolo et al. 2013).

La DA es un proceso biológico en el cual la materia orgánica es metabolizada por un grupo de microorganismos en un ambiente libre de oxígeno. Los microorganismos degradan la materia en una serie de etapas en orden secuencial resultando en una acción sinérgica, las distintas etapas se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**. Los productos principales de la digestión anaeróbica son un gas conocido como biogás y un barro estabilizado. El biogás es una mezcla de gases principalmente metano (CH_4) y dióxido de carbono(CO_2).(Gerardi 2003, Marchaim 1992). La DA es un proceso cuya estabilidad es muy frágil, debido principalmente a que los microorganismos son sensibles a los cambios en las condiciones ambientales (Khanal 2008, Cendales Ladino 2011). Dentro de los parámetros que se indican como más importantes para la digestión anaeróbica se encuentran el pH, la temperatura y el contenido de sólidos totales. El pH es una importante variable de diagnóstico de los sistemas anaerobios, pues muchos fenómenos tienen influencia sobre el mismo. En función de la alcalinidad, la cual es una medida de la capacidad tampón del medio, la caída de pH será más o menos rápida. En el rango de pH de 6 a 8, el principal equilibrio químico que controla la alcalinidad es el dióxido de carbono-bicarbonato.

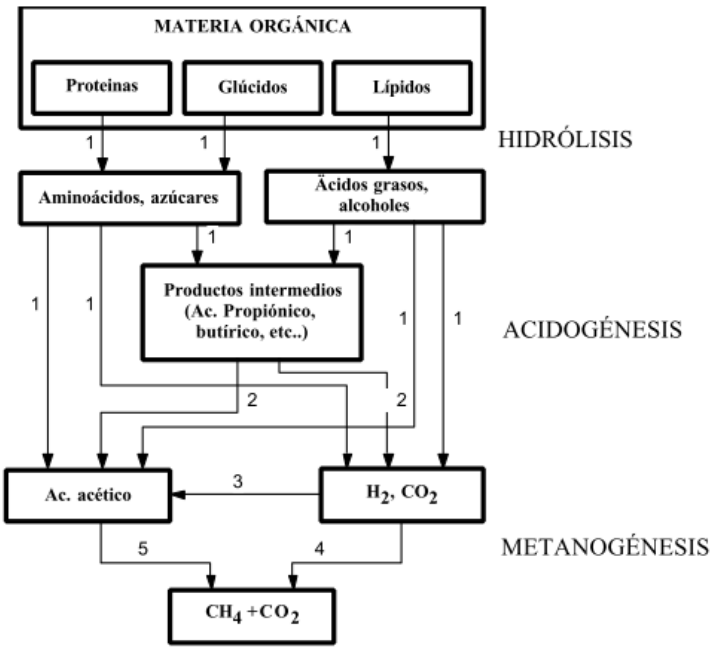


Figura 1: - Fases de la fermentación anaerobia y poblaciones bacterianas: 1) Bacterias hidrolíticas-acidogénicas; 2) Bacterias acetogénicas; 3) Bacterias homoacetogénicas; 4) Bacterias metanogénicas hidrogenófilas; 5) Bacterias metanogénicas acetoclásticas. (Flotats et al. 2001)

La DA puede ocurrir en tres rangos de temperatura: psicrófílico por debajo de 20 ºC, mesofílico entre 30 y 40ºC y termofílico entre 50 y 70ºC. Con el aumento de la temperatura también aumenta la velocidad de crecimiento de las bacterias, la velocidad de producción de biogás y la disminución de los tiempos de retención. (Campos Pozuelo 2001).

Los sólidos totales (ST) representan los sólidos volátiles y el material inerte. Para lograr una digestión satisfactoria la concentración de los ST debe estar entre 3 y 10%, para evitar la sobre carga orgánica (Campos Pozuelo 2001).

La co-digestión anaeróbica representa la digestión de una mezcla homogénea de dos o más sustratos, y constituye una manera efectiva de alcanzar la estabilidad de los sistemas, aprovechando la sinergia de las mezclas y compensando carencias de nutrientes de cada uno de los substratos. También posibilita la dilución de componentes potencialmente tóxicos presentes en alguno de los sustratos, el suplir las necesidades de la capacidad tampón de la mezcla y el ajuste del contenido de humedad y del pH (Campos Pozuelo 2001, Li et al. 2009). Varios autores coinciden en que además de estas ventajas, la co-digestión de sustratos mejora la estabilidad y performance del proceso con el correspondiente aumento de la producción de energía (Campos Pozuelo 2001, Esposito et al. 2012). Como contrapartida Atandi & Rahman (2012) indican que la introducción de co-sustratos en un reactor en condiciones o proporciones que no sean las adecuadas podría generar problemas de inhibición y sobrecarga orgánica con la correspondiente desestabilización del sistema.

Los residuos ganaderos, y en concreto el purín de cerdo, pueden ser una buena base para la co-digestión porque, generalmente, presentan un contenido de agua más alto que la mayoría de los residuos industriales, una mayor capacidad tampón y aportan una amplia variedad de nutrientes necesarios para el crecimiento de los microorganismos anaerobios (Campos Pozuelo 2001). Por su parte, el suero de leche es obtenido como un subproducto remanente de la producción de quesos después de la precipitación y remoción de la caseína. Este efluente suele presentar valores de pH menores o iguales de 4,5, baja alcalinidad, y elevada biodegradabilidad; por estas razones resulta un efluente difícil de tratar. De hecho, el alto nivel de carbohidratos es beneficioso para las bacterias formadoras de ácido, pero tiene efectos negativos sobre las bacterias metanogénicas. (Gelegenis et al. 2007).

El objetivo de este trabajo es estudiar la viabilidad del proceso de DA del los purines de cerdo frescos sin inóculo en co-digestión con suero de leche al 20 % en volumen evaluando además el efecto de la dilución sobre la digestión de purines puros.

Materiales y Métodos

Sustratos

Se utilizaron purines de cerdo fresco y suero de leche. El purín de cerdo, compuesto por estiércol, orines y agua de lavado, fue recolectado en un criadero de cerdos el cual cuenta con un sistema de lavado y drenaje que conduce los residuos hacia una laguna cubierta. El purín utilizado para las experiencias es el residuo fresco producido el mismo día de la recolección. El suero fue obtenido de una fábrica de quesos, el cual es descartado una vez que ha sido reprocesado a fin de utilizar al máximo el contenido de proteínas de la leche. No se utilizó ningún tipo de inóculo a fin de identificar la capacidad de las bacterias aportadas por el estiércol para la producción de metano, bajo diferentes condiciones de operación.

Se determinaron los parámetros físico-químicos sólidos totales (% ST), sólidos volátiles (% SV), demanda química de oxigeno DQO (mg/L), pH y nitrógeno amoniacal (mg $N\text{-}NH_4^+$/L) mediante los métodos indicados en APHA (APHA 1999).

Se calculó el valor de amoníaco libre a partir de la concentración de amonio total, del pH del medio y de la temperatura según la Ecuación 1:

$$[NH_3] = \frac{[NH_4^+]_T}{1 + 10^{pka - pH}} \quad (1)$$

pKa = 10.072 0 0356 * T + * 9 10 - 5 * T^2 + 4 10 - 8 * T ^{3}

Para la determinación de la alcalinidad, se utilizó el método sugerido por Jenkins et al. (1983) utilizando una titulación para determinar la alcalinidad a los bicarbonatos hasta pH 5,75 y posteriormente a 4,3. Tomando estos dos puntos finales de pH se definen tres parámetros de medida de la alcalinidad: alcalinidad total (AT) medida al punto de pH 4,3; alcalinidad parcial (AP), asociada a la alcalinidad al bicarbonato, medida al punto de pH 5,75 y alcalinidad intermedia (AI), asociada a la concentración de AGV, y estimada como diferencia de ambas. La relación de alcalinidad RA, se define como la relación entre la alcalinidad debida a los AGV (AI) y la debida al bicarbonato (AT), recomendándose no sobrepasar un valor de 0,3-0,4 para evitar la acidificación del reactor (Campos Pozuelo 2001).

Diseño de los digestores

El estudio de la digestión anaeróbica de los sustratos se llevó a cabo en digestores tipo batch de 1 L de capacidad mantenidos a temperatura constante de 35 ± 1ºC mediante baños termostáticos. La producción de biogás se determinó utilizando un sistema de medición de gases por desplazamiento de agua acidificada a pH 2 a fin de evitar la disolución del dióxido de carbono producido. la Figura 2 muestra un digestor y el sistema de medición de biogás. La composición del biogás se midió con un equipo portátil (Langem, GA2000), que utiliza celdas infrarrojas para medir los porcentajes de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2). El equipo es calibrado periódicamente con gases patrón certificados.

Figura 2: Digestor y sistema de medición de biogás

Diseño Experimental

El volumen de biomasa utilizado para realizar cada uno de los ensayos fue de 850 mL. Se estudió el comportamiento del estiércol de cerdo como sustrato para la DA, sin la utilización de inoculo bajo las siguientes condiciones de proceso: co-digestión con suero de leche y dilución con agua al 20 % en volumen en ambos casos. A fin de establecer la influencia de cada componente sobre la producción de metano se aplicó un diseño experimental de mezclas tipo simplex-látice con tres componentes y dos niveles cada uno, % suero (0 y 20), % agua (0 y ,20) y % purines (80 y 100). El diseño se realizó mediante el programa Statgraphic Centurion XVI.I obteniéndose 3 tratamientos con una réplica de cada tratamiento, en las proporciones que se indican en la Tabla 1. Las repeticiones permiten determinar el error experimental necesario para el análisis de varianza (ANOVA). Los datos obtenidos se ajustaron a un modelo lineal, y se analizó si este modelo es adecuado o si es necesario realizar más determinaciones para establecer un modelo más complejo para los datos.

Tabla 1: Tratamientos aplicados de acuerdo a la proporción de estiércol, suero y agua.

Tratamiento	Suero	Agua	Purines
A 100	0	0	100
B 100	0	0	100
A 20 Suero	20	0	80
B 20 Suero	20	0	80
A 20 Agua	0	20	80
B 20 Suero	0	20	80

Modelado de la Digestión Anaeróbica: Ecuación de Contois

Con la finalidad de evaluar el comportamiento de los sustratos en relación a la producción de metano, se ajustaron los resultados experimentales al modelo de Contois. Este modelo ha sido utilizado para describir la cinética de la degradación anaeróbica de los purines de cerdo (Chynoweth et al. 1999) a partir de la siguiente ecuación:

$$B = B_0 * \left(1 - \frac{K}{\mu_m t - 1 + K}\right) \quad (2)$$

donde B es la producción de CH_4 (mL/g SV), Bo representa la producción de CH_4 a un tiempo de retención infinito (mL/gr SV), μ_m es la máxima velocidad de crecimiento especifico (día^{-1}) y K es el parámetro cinético inversamente relacionado a la performance del digestor, y considerado como un indicador de la estabilidad de la digestión. Valores elevados de K indican inhibición del proceso mientras que valores inferiores a 0,6 indican estabilidad(Hashimoto 1984).

Resultados y Discusión

Las características de cada uno de los sustratos utilizados en la experiencia, purines de cerdo y suero de leche se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Características de los residuos utilizados

	Purines	Suero
DQO (mg/L)	54.700 ±6.400	30.512 ± 4.916
% ST	7,47 ± 0,13	5,38 ± 0,04[1]
%SV (% base seca)	84,02 ± 0,33	4,64 ± 0,03[1]
pH	7,35	4,4
$N\text{-}NH_4^+$ (mg/L)	1.715 ± 17,5	116 ± 5,72
N total (mg/L)	-	1.545 ± 19,7
Alcalinidad Total (mgCaCO3/L)	12.311 ± 838	346 ± 39

1: corresponden a valores por unidad de volumen y no de masa como en el caso de los purines

En la Tabla 3 se muestra la caracterización de los sustratos utilizados en cada digestor, purines (A y B 100), purines con suero (A y B 20 suero) y purines con agua (A y B 20 agua). El suero por ser más ácido y de bajo contenido en proteínas reduce tanto el pH como la alcalinidad, lo cual resultaría en perjuicio del proceso; pero por otro lado disminuye las concentraciones tanto de nitrógeno amoniacal como de amoniaco. La disolución de los purines con agua permite reducir el contenido en sólidos totales y volátiles del sistema, a la vez que reduce también el contenido de nitrógeno amoniacal y de amoniaco.

Tabla 3: Características iniciales de los tratamientos

	A y B 100	A y B 20 Suero	A y B 20 Agua
ST (% volumen)	7,68	7,22	6,14
SV (% volumen)	6,45	6,09	5,16
pH	7,35	6,33	7,15
NH_4^+(mg/L)	1.715,53 ± 17,47	1.527,55 ± 45,11	1.375,15 ± 10,02
NH_3 (mg/L)	43,2	3,7	23,3
Alcalinidad Total (mg $CaCO_3$/L)	12.311,16 ± 837,94	7.505,20 ± 0	7.538,12 ± 418,97
RA	0,417 ± 0,0019	0,8421 ± 0	0,441 ± 0,0064

Una vez caracterizadas cada una de las muestras se inició el proceso a régimen mesofílico y se procedió a medir periódicamente el volumen de biogás producido y su contenido de metano. La Figura 3 muestra la evolución de la producción de metano durante los primeros 25 días de experiencia para cada reactor. Se observa en general que en todos los casos el porcentaje de metano se mantiene entre 15 y 30 %.

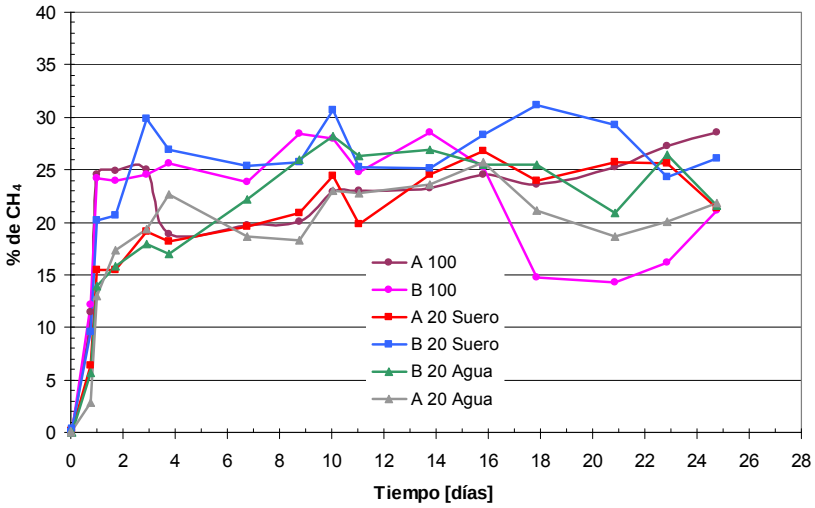


Figura 3: Evolución de la producción de metano en cada reactor

La producción de metano por unidad de SV de cada par de digestores se muestra en la Figura 4 donde puede observarse el promedio de las repeticiones y la dispersión de los datos. Si se compara la producción de metano de las diferentes experiencias con respecto a la de los purines puros, se observa que la co-digestión con 20 % de agua tuvo una producción de metano (mL/g SV) 47% superior a la co-digestión de purines puros mientras que el reactor con suero generó 10,6 % menos. El agregado de suero de leche a los purines provoca una disminución de 13,9% del valor del pH del digestor (Tabla 3) una disminución de la alcalinidad a los bicarbonatos y un aumento de la relación de alcalinidad a valores de 0,8 lo que resulta en perjuicio del proceso ya que la alcalinidad no es suficiente para compensar la caída en el pH por la formación de ácidos grasos volátiles. El agua en cambio sin reducir el pH ni la alcalinidad a los bicarbonatos, permite diminuir el contenido de sólidos totales en un 20 %. Lay et al. 1997 han demostrado que la reducción en la concentración de los sólidos totales permite el aumento en la actividad metanogénica del 53 al 100 % cuando el contenido de humedad crece del 90 al 96%.

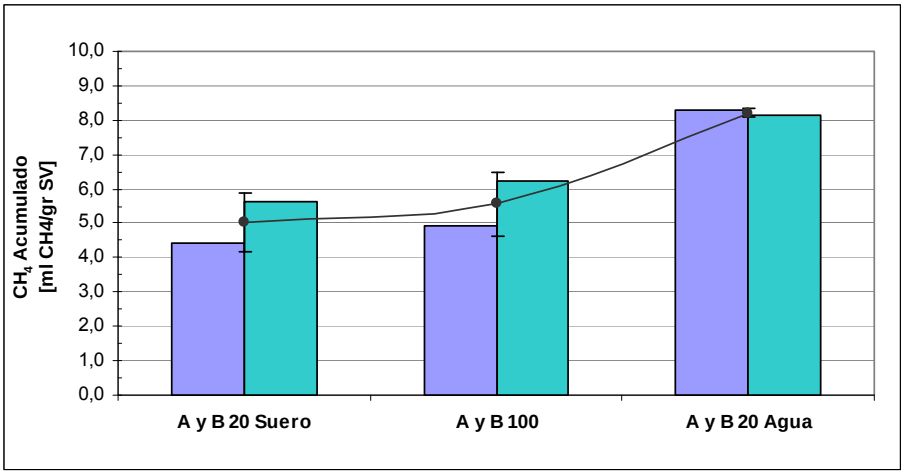


Figura 4: Producción promedio de metano por unidad de sólidos volátiles

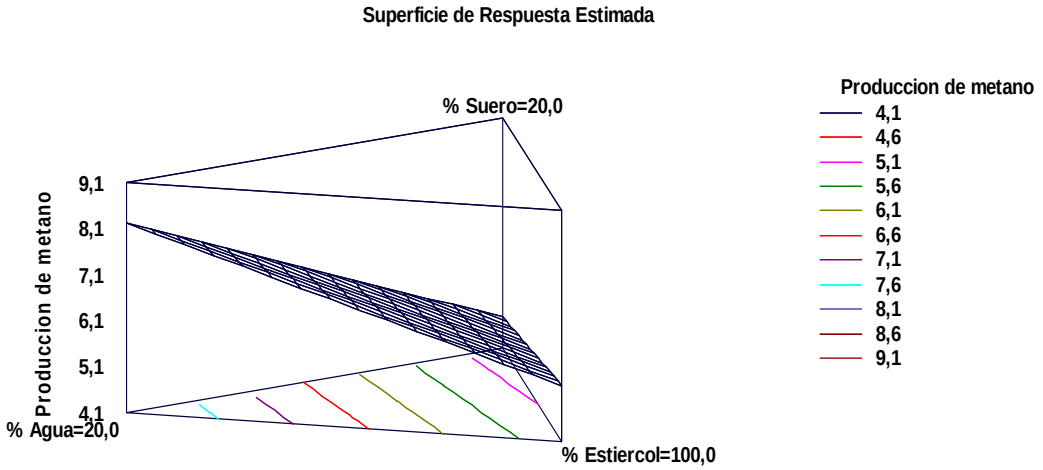
Análisis estadístico de los resultados

El análisis estadístico de los datos que se muestran en la Figura 5 verifican que la mayor producción de metano se obtiene con el agregado de agua y la menor cuando se utiliza suero de leche. Los resultados que se muestran en la Tabla 4 indican que el modelo lineal seleccionado es adecuado para ajustar los datos experimentales, ya que el valor-P es menor que 0,05, por lo tanto puede indicarse que existe una relación estadísticamente significativa entre producción de metano y los componentes (suero, agua y estiércol), con un nivel de confianza del 95,0%.

El modelo lineal al que ajusta el programa en función de los diferentes componentes se muestra en la Ecuación (3).

$$CH_4\left[ml/grSV\right] = \left(4{,}774 \pm 0{,}478\right) * \%Suero + \left(8{,}211 \pm 0{,}523\right) * \%Suero + \left(5{,}306 \pm 0{,}478\right) * \%Purines \qquad (3)$$

El parámetro R^2 del modelo lineal indica el grado de ajuste de los datos experimentales con el modelo, mientras que R^2 ajustado es un coeficiente de correlación ajustado por el número de parámetros. En el modelo relativo al número de puntos en el diseño experimental, los valores obtenidos para estos dos parámetros resultaron 84.87 % y 78,81 % respectivamente.



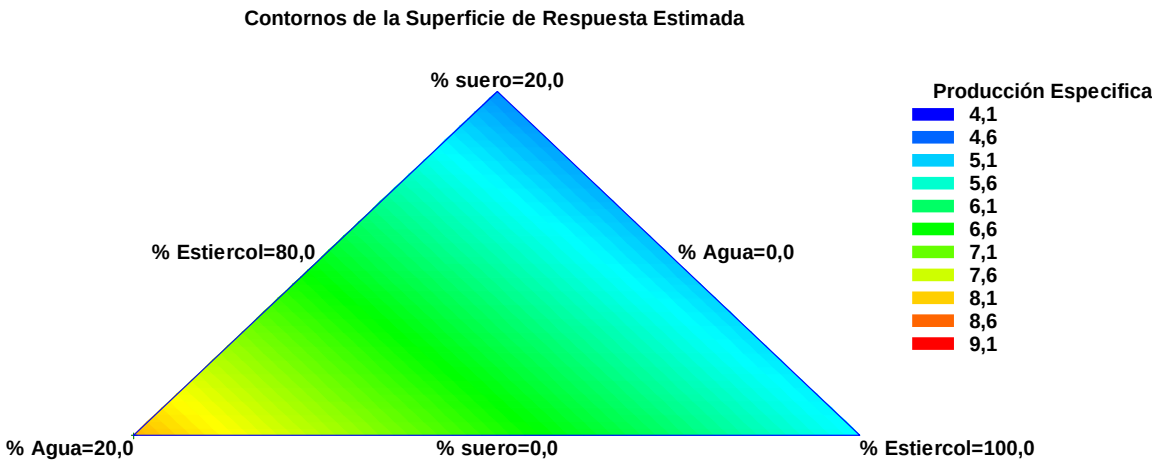


Figura 5: Análisis del contorno de superficie de la producción de metano [ml/gr SV] estimada

Tabla 4: ANOVA para la producción de metano [ml/gr SV]

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo Lineal	15,3638	2	7,6819	16,11	0,0122
Falta de ajuste	0,832453	1	0,832453	1,75	0,2569
Error puro	1,90733	4	0,476832		
Total (corr.)	18,1036	7			

R^2 = 84,87 % - R^2 (ajustada por g.l.) = 78,81 %

A fin de corroborar si el modelo lineal es el más adecuado para analizar los datos, se efectuó el análisis de la prueba de falta de ajuste. Este análisis indica si el modelo seleccionado (lineal) es adecuado para describir los datos observados ó si se debería usar un modelo más complejo. Dado que el valor-P para la falta de ajuste es mayor a 0,05 (Tabla 4), el modelo resulta adecuado para los datos observados al nivel de confianza del 95%.

Análisis de la ecuación de Contois

Los datos obtenidos de producción de metano acumulada en mL/gr SV fueron ajustados utilizando la ecuación de Contois mediante el programa Statgraphic Centurion XVI.I. Los valores experimentales (puntos) y los ajustes (líneas) se muestran en la Figura 6. Los parámetros característicos de esta ecuación, B_0, K y μm para cada ajuste se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5: Parámetros de la ecuación de Contois

	A 100	B 100	A 20 Suero	B 20 Suero	A 20 Agua	B 20 Agua
B0 [mL/gr SV]	5,48461	7,36806	5,73439	6,87986	11,7133	12,3175
K [1/día]	66,3619	55,6203	2,76E+08	1,02E+07	21,7309	23,7904
μm	20,8433	12,9098	3,40E+07	1,81E+06	2,55244	2,26523
R^2	99,5093	99,8189	99,2138	99,6561	98,6289	98,2146

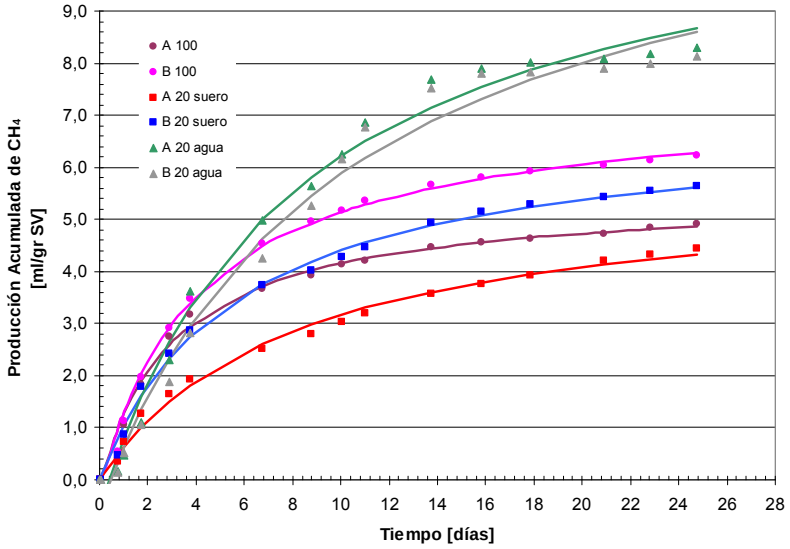


Figura 6: Ajuste de la ecuación de Contois

Se observa de la Tabla 5 que la ecuación de Contois ajusta adecuadamente los datos experimentales obteniendo valores de R^2 entre 98,21 y 99,82 %, observándose la mayor dispersión para la experiencia con el 20% en agua. Respecto al grado de estabilidad del proceso de co-digestión, se observa a partir de los valores obtenidos del parámetro K indicando que la co-digestión de purines de cerdo con suero de leche ha sufrido inhibición ó desestabilización del proceso. Valores menores de K obtenidos en la co-digestión de purines puros y aún menores en purines diluidos al 20% con agua confirmando el hecho que al disminuir la concentración en sólidos totales se obtiene un proceso más estable y con mayor producción de metano. Al comparar los valores experimentales de Bo que se muestran en la Tabla 5, con los valores informados por Chynoweth et al. 1999 para los purines de cerdo utilizando inóculo (320 a 480 mL/g SV), se observa que los valores reportados son entre 50 y 75 veces mayores que los obtenidos experimentalmente.

Los valores de Bo y K obtenidos de la ecuación de Contois (Tabla 5), indicarían que la etapa metanogénica aún no se encuentra desarrollada plenamente, encontrándonos en un periodo de estabilización del proceso. Por otro lado, los valores de metano inferiores al 30% obtenidos (Figura 3), indican que no se han alcanzado adecuadas condiciones de estabilidad. (Chynoweth et al, 1999). Van Velsen (1979) ha indicado que los purines de cerdo poseen una muy baja concentración de bacterias formadoras de ácido así como de bacterias formadoras de metano lo que sumado a las bajas tasas de crecimiento, conlleva tiempos de estabilización extensos. Por su parte Pandey et al. (2011) demostraron la necesidad de un adecuado balance de población de bacterias acetogénicas y metanogénicas, ya que esta relación así como el lento crecimiento de las bacterias metanogénicas son uno de los mayores problemas de la puesta en marcha de los reactores, indicando que las tres primeras semanas son consideradas como periodo de iniciación del reactor. Las experiencias desarrolladas indicaron que un sistema de co-digestión en régimen mesofílico en ausencia de inóculo no se estabiliza dentro de las cuatro semanas en ausencia de inóculo y que el riesgo de inhibición es mucho mayor cuando se utilizan sustratos ácidos como el caso de suero de leche.

Conclusiones

La utilización de purines de cerdo fresco como sustrato para la digestión anaeróbica sin inóculo no resultó adecuada para alcanzar un régimen de producción estable de metano.

La co-digestión de purines de cerdo con suero de leche no resultó eficiente desde el punto de vista de la estabilidad del proceso y de la producción de metano debido principalmente a la elevada acidez y baja alcalinidad de este sustrato, las cuales demostraron en una primera experiencia provocar la inhibición del proceso de digestión anaeróbica impidiendo el desarrollo de la etapa metanogénica. Estudios posteriores deberán realizarse con la finalidad de evaluar estadísticamente la influencia de un inóculo sobre este sustrato.

La dilución de los purines de cerdo resultó significativamente más beneficiosa para la producción de metano durante el proceso.

Bibliografía

APHA, 1999. *APHA: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington, DC.*, American Public Health Association.

Atandi, E. & Rahman, S., 2012. Prospect of anaerobic co-digestion of dairy manure: a review. *Environmental Technology Reviews*, 1(1), pp.127–135.

Campos Pozuelo, A.E., 2001. *Optimización de la digestión anaerobia de purines de cerdo mediante codigestión con residuos orgánicos de la industria agroalimentaria*. Universidad de Lleida.

Cárdenas, G.J., 2011. Matriz energética argentina. Situación actual y posibilidades de diversificación. *Revista de la Bolsa de Comercio de Rosario*, 9, pp.32–36.

Cendales Ladino, E.D., 2011. *Producción de biogás mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino para su utilización como fuente de energía renovable*. Universidad Nacional de Colombia, Bogota, D.C., Colombia.

Chynoweth, D.P.., Wilkie, A.C.. & Owens, J.M., 1999. Anaerobic processing of piggery waste: a review. *Asian-Australasian Association of Animal Societies*, 12(4), pp.607–628.

Esposito, G., Frunzo, L., Giordano, A., Liotta, F., Panico, A., Pirozzi, F. Esposito, G., 2012. Anaerobic co-digestion of organic wastes. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 11(4), pp.325–341.

Flotats, X., Campos, E. & Bonmatí, J.P.A., 2001. Digestión anaerobia de purines de cerdo y co-digestión con residuos de la industria alimentaria.

Gelegenis, J., Georgakakis, D., Angelidaki, I., Mavris, V., 2007. Optimization of biogas production by co-digesting whey with diluted poultry manure. *Renewable Energy*, 32(13), pp.2147–2160.

Gerardi, M.H., 2003. *The microbiology of anaerobic digesters* M. H. Gerardi, ed., John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Hashimoto, A.G., 1984. Methane from swine manure□: effect of temperature and influent substrate concentration on kinetic parameter (K). *Agricultural Wastes*, 9, pp.299–308.

J**enkins, S.R., Morgan, J.. & Sawyer, C.**., 1983. Measuring anaerobic sludge digestion and growth by a simple alkalimetric titration. *Water Pollution Control Federation*, 55(5), pp.448–453.

Khanal, S.K., 2008. *Anaerobic biotechnology for bioenergy production principles and applications*, Iowa, USA: John Wiley & Sons.

Lay, J., Li, Y., Noike, T., Endo, J., Ishimoto, S. 1997. Analysis of environmental factors affecting methane production from high-solids organic waste. *Water Science and Technology*, 36(6-7), pp.493–500. Available at: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S027312239700560X [Accessed August 12, 2013].

Li, R., Chen, S. & Li, X., 2009. Anaerobic Co-digestion of Kitchen Waste and Cattle Manure for Methane Production. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 31(20), pp.1848–1856.

Marchaim, U., 1992. *Biogas processes for sustainable development*, Roma, Italy: FAO Agricultural Services Bulletins. Available at: http://www.fao.org/docrep/T0541E/T0541E0V.GIF.

Pandey, P., Ndegwa, P., Soupir, M., Alldredge, J., Pitts, M., 2011. Efficacies of inocula on the startup of anaerobic reactors treating dairy manure under stirred and unstirred conditions. *Biomass and Bioenergy*, 35(7), pp.2705–2720.

Triolo, J., Ward, A., Pedersen, L., Sommer, S.,, 2013. Characteristics of animal slurry as a key biomass for biogas production in Denmark. In *Biomass Now – Sustainable Growth and Use*. InTech, pp. 307–326.

Van Velsen, A.F.., 1979. *Anaerobic digestion of piggery waste*. Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.

Agradecimientos

A la Dra Carmen Mateo (UNCPBA, Departamento de Ingeniería Química) por su asistencia y colaboración en la determinación de análisis químicos, a La Casiana S.A. y al Criadero Catanzaro por la provisión de las muestras de suero lácteo y de purín de cerdo que permitieron desarrollar este trabajo.

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Tapia Jaquelina M.

Becaria Doctoral. Directora Bielsa R., Área de Ecología. Instituto del Conurbano.
Universidad Nacional de General Sarmiento. J. M .Gutiérrez 1150, Los Polvorines. Malvinas Argentinas. CP 1613.
Buenos Aires. Argentina. Tel. 54 11 4469 7774. E-mail: jtapia@ungs.edu.ar

Resumen

Argentina es un país con una población de 40.091.359 habitantes al año 2010, concentrados en los grandes centros urbanos, principalmente Ciudad Autónoma de Buenos Aires y provincia de Buenos Aires, Córdoba, Rosario y Mendoza, las que aportan el 67% de la población al total del país. Se abastece básicamente de combustibles fósiles: petróleo y gas natural. Las fuentes renovables de energía contribuyen a dicha oferta con un 9%, aportada principalmente por la hidráulica. La cobertura de servicios energéticos, principalmente el suministro de gas por red es aún deficiente en un país cuyo porcentaje de electrificación en los grandes centros urbanos alcanza el 90%. Esta desigualdad en el acceso a fuentes limpias y seguras de energía, que permitan un adecuado desarrollo y una mejora en la calidad de vida de la población, promueve la búsqueda de alternativas tecnológicas que satisfagan la actual demanda de energía de los sectores menos favorecidos.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo realizar un análisis de la viabilidad técnica de generar energía, en forma de biogás, a partir del tratamiento, mediante biodigestión anaeróbica, de la fracción orgánica de los residuos sólidos domiciliarios generados en el Municipio de San Miguel, Provincia de Buenos Aires. Para ello se evalúa en forma teórica si la composición y cantidad de los residuos generados en el Municipio permitiría abastecer a un sector de la población que al momento no se encuentra integrada a la red.

El resultado del análisis pretende ser el puntapié inicial para incorporar en la discusión de los tomadores de decisión la posibilidad de generar energía renovable desde los residuos sólidos urbanos y de esa forma disminuir el impacto ambiental asociado a la actual gestión de los residuos, a la vez que generada igualdad de acceso a los servicios energéticos.

Palabras claves: biogás, residuos sólidos urbanos, tratamiento anaeróbico, energía renovable.

Abstract

Argentina has a population of 40,091,359 inhabitants in 2010 (INDEC, Octubre 2012), concentrated in the larger urban cities, Buenos Aires's city, the Metropolitan area of Buenos Aires, Cordoba, Rosario and Mendoza, which account for 67% of the total country population. Argentina

energy matrix is based mainly on fossil fuels: oil and natural gas. Renewable energy sources contribute with 9% to the offer, led by hydraulics. The coverage of energy services, especially the gas supply network is still poor in the country, where the rate of electrification in the major urban centers reached 90%. Such inequality in the access to clean and safe sources of energy, does not allows the social and economical development of the population and reinforce the structural poverty. That situation promotes the research for alternative technologies that satisfy the current energy demand for the most disadvantaged sectors.

The present research work aims asses the technical feasibility of generate energy in the form of biogas by the anaerobic digestion of the organic fraction of solid waste generated in the municipality of San Miguel, Province of Buenos Aires. Based on literature data, it will be evaluated if the composition and quantity of waste generated can supply with energy a part of the population that currently is not part of natural gas network.

Is expected that the result of the analysis becomes the starting point to discuss the possibility of generate renewable energy from municipal solid waste and at the same time reduce the environmental impact associated with the current waste management system and generate equal access to energy services.

Key words: biogas, municipal solid waste, anaerobic treatment, renewable energy

Introducción

Argentina es un país en desarrollo que, siguiendo la tendencia de éstos, ha crecido económica y demográficamente a un ritmo constante entre los años 2003 y 2011, donde los grandes conglomerados urbanos contribuyen con más del 65% de la población, especialmente en la provincia de Buenos Aires en la que se concentra el 45% de la población nacional (INDEC, Octubre 2012). Este aumento poblacional es seguido de un crecimiento significativo y descontrolado de la cantidad de recursos materiales y consumo de energía que la región demanda como así también de la cantidad de residuos generados, creando innumerables costos ambientales, económicos y sociales.

La demanda de recursos energéticos básicos para un adecuado desarrollo económico y poblacional, es materia pendiente de investigación considerando que éste es un país cuya matriz energética depende principalmente de combustibles fósiles (BENs 1960-2011) y cuyas reservas comprobadas han declinado en el período 2000-2009, estimándose para el caso del gas natural que las mismas alcanzarían para 7,5 años; mientras que en el caso del petróleo, llegarían a 11 años (IAE, 2010).

El incremento en la generación de residuos sólidos urbanos (RSU), constituye una grave preocupación, no sólo por el potencial crecimiento de contaminantes derivados de ellos, sino especialmente por el creciente espacio que requiere su disposición final. El documento elaborado en 2005 por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, *Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Urbanos*, ENGIRSU (SAyDS, Septiembre 2005), estima para el 2025 un incremento del 29% en la generación de residuos. Se prevé un escenario inquietante donde la cantidad de RSU generados crece y los sitios disponibles de disposición final, aceptables desde el punto de vista ambiental, político, y social se reducen.

La Digestión Anaeróbica (DA), es un proceso de fermentación con el que se obtiene una mezcla de gases cuyos componentes mayoritarios son metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y un residuo semisólido, con altos contenidos de nutrientes. El CH_4 es un gas que se asemeja al gas natural y que luego de una limpieza puede ser utilizado como combustible de motores y turbinas, en calderas, calentadores industriales (Demirbas, 2011). También es posible su uso en iluminación, cocción, y calefacción (Richa Kothari & Tyagi). La DA se aplica a la fracción orgánica de los RSU, y ha recibido especial atención desde los 90 a partir de la introducción de plantas pilotos y comerciales (Karagiannidis & Perkoulidis, 2009). El proceso consta en general de cuatro etapas: la preparación de la materia orgánica a través de la recepción, clasificación, separación y reducción de tamaño; el acondicionamiento del pH, humedad y temperatura para llevar a cabo el proceso propiamente dicho; la separación, captura y almacenamiento de gases con su posterior limpieza y la separación del biosólido y su acondicionamiento para su posterior uso como

fertilizante, si cumpliera con las condiciones establecidas por el ente regulador, en este caso SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria), o su disposición final en relleno sanitario o de seguridad (Gropelli & Giampaoli, 2001) (López, 2003) (Montes Carmona, 2008) (Hilbert).

A nivel mundial, la DA ha sido utilizada por décadas, principalmente en zonas rurales de China e India para la generación de biogás y su posterior transformación en electricidad. Luego en Europa se desarrolló la tecnología a gran escala, para el tratamiento de la fracción orgánica de los RSU, en respuesta a las cada vez más exigentes regulaciones vinculadas a la disposición final de los residuos con alta carga orgánica. Comercialmente existe una gran variabilidad entre modelos y sistemas de digestión anaeróbico a gran escala, en función del tipo de residuo a tratar, del volumen generado, de la composición, etc. En Europa a fines del 2006, existían 124 plantas de digestión anaeróbica con una capacidad instalada de 3300 toneladas por año. Los principales países donde se trata entre un 3 y un 10% de la fracción orgánica de los RSU son España, Bélgica, Holanda, Suiza y Alemania. En Canadá, las localidades de Toronto y Montreal tienen instaladas plantas de tratamiento de la fracción orgánica de los RSU, a través del compostaje y digestión anaeróbica (CIWMB, March 2008).

En nuestro país, la necesidad de incorporar fuentes alternativas de energía que reemplacen y complementen las actuales, hace que, tanto, el tratamiento térmico, como la digestión anaeróbica, se visualicen como alternativas para el tratamiento de los RSU, cuyos mayores beneficios son la reducción de los volúmenes dispuesto en relleno sanitario y la generación de energía renovable.

La Ley 26.190 “Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica” define a las energías renovables como aquellas no fósiles: eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, hidráulica (≤30 MW), biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás con excepción de los biocombustibles.

El principal aporte de fuentes renovables de energía a la matriz energética nacional proviene de la hidráulica, Yaciretá, Piedra de Águila, Salto Grande, El Chocón los que aportan más del 50% de la generación hidráulica.

Se prevé el aumento de la participación de las fuentes renovables en la matriz energética en respuesta a la licitación del Programa GENREN (Generación por Energías Renovables), un instrumento de promoción producto de la Ley 26.190 la que estable como objetivo lograr una contribución de las fuentes renovables hasta alcanzar el 8% del consumo de energía eléctrica al 2016. Con esta herramienta, en 2009 se llamo a licitación pública por 1015MW de potencia de Centrales Eólicas, Solares (Térmicas y Fotovoltaicas), Biomasa, Pequeños Aprovechamiento Hídricos, Biogás, Geotermia, Residuos Sólidos Urbanos y Térmicas con Biocombustibles. En 2010 se realizó una segunda licitación para aquellas fuentes que quedaron desiertas o fracasaron donde se presentaron 126MW, siendo 20MW de Biogás y 56MW de RSU (WindAR). Al momento según informa ENARSA[1] (Energía Argentina SA), se han puesto en funcionamiento dos Parques Eólicos Rawson I y II (80MW); 1MW de potencia a partir de la utilización del biogás proveniente del Relleno Sanitario Norte III –Módulo A, gestionado por CEAMSE (Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado), ubicado en el conurbano bonaerense en tierras del municipio General San Martín, localidad de José León Suárez. Y 5MW del Parque Solar Cañada Honda, ubicado en el departamento de Sarmiento, provincia de San Juan (Gobierno de San Juan, 2012). De esta forma, se espera un crecimiento en el parque de generación con energías renovables, con vistas a lograr el autoabastecimiento energético, la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero y primordialmente se espera una disminución en la dependencia de los combustibles fósiles.

Argentina cuenta con una población de 40.091.359 habitantes al año 2010, concentrados en los grandes centros urbanos, Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), Gran Buenos Aires (GBA), Córdoba, Rosario y Mendoza (INDEC).

---

[1] http://www.enarsa.com.ar/index.php/es/, visitada el día 12 de Julio 2012

La totalidad de hogares de la Región del Gran Buenos Aires (RGBA) asciende a 4.084.507 y la cobertura de los servicios energéticos distribuidos por red (electricidad y gas natural), no se extiende a todos ellos y se presenta una gran diferencia en la Ciudad de Buenos Aires (CABA) y, entre la CABA y los municipios del conurbano que componen la RGBA, principalmente en la provisión de gas natural. Al 2010, la cobertura de energía eléctrica alcanzó al 97,7% de los hogares, mientras que el 56,1% tenían gas natural de red. En la CABA el abastecimiento de gas natural por red se encuentra, en la mayoría de las Comunas, entre el 90% y 98%. Sin embargo, hay Comunas cuyos porcentajes de cobertura alcanza al 64% de los hogares. Para los 24 municipios que componen la RGBA, la cobertura del servicio eléctrico supera al 90% de los hogares. Mientras que el suministro de gas cubre en promedio un 65,7% de los hogares, con excepción de cuatro municipios –Vicente López, Morón, Tres de Febrero y San Isidro donde la cobertura es superior al 85%. La demanda de gas natural ha aumentado progresivamente, acentuándose su consumo claramente centralizado, se presenta así una situación de desigualdad en el suministro de éste energético, el cual es reemplazado por otros, como ser el gas envasado o a granel e incluso la leña o el carbón y la electricidad.

Actualmente, las principales fuentes de energía que abastecen al sector residencial son el gas natural por red y la electricidad, con un 80% de participación en el conjunto total de energéticos. El aumento en el consumo de éstos ha sido notable en los últimos años, reemplazando y desplazando a energéticos como el carbón, el diesel-oil, gas-oil y fuel-oil, los que ya no integran el paquete de fuentes energéticas del sector. La leña y el carbón, al igual que el kerosene no han dejado de consumirse, si bien la contribución año tras año es variable, los mismos siguen formando parte del conjunto. Ésta situación presenta sus ventajas, dado que los energéticos desplazados no sólo son más contaminantes de la atmósfera, sino que el costo de adquirirlos es mucho mayor en comparación con la energía suministrada por red. El inconveniente se presenta, al ir hacia atrás en la cadena de producción y notar que ese consumo depende casi en exclusividad de los combustibles fósiles[2].

Situación Energética en la Región del Gran Buenos Aires (RGBA)

El suministro de energía eléctrica en la RGBA e interior de la provincia de Buenos Aires, está a cargo de Empresa Distribuidora y Comercializadora Norte S.A (EDENOR) cuya área de concesión corresponde a la zona norte y noroeste de la provincia de Buenos Aires y norte de la CABA, abasteciendo a casi 6,8 millones de habitantes (EDENOR) y la Empresa Distribuidora Sur S.A (EDESUR) que presta el servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica en la zona sur de la CABA, y en doce partidos de la provincia de Buenos Aires abasteciendo a 6,1 millones de habitantes (EDESUR, 2010)

Las empresas prestatarias del gas natural por red son la distribuidora MetroGAS la que abastece a un área de 2.150 km^2, posee 2 millones de clientes, lo que representa alrededor de 7 millones de habitantes. Es la distribuidora más importante del país, con una participación en el mercado del 24%. Abastece a la CABA, y la zona sur del conurbano dentro de los cuales 9 municipios pertenecen a la RGBA (MetroGAS). La otra gran distribuidora, cuya participación en el mercado es alrededor del 17%, es Gas Natural Fenosa la que comercializa en más de 30 municipios de la zona norte y oeste de Buenos Aires, de los cuales 15 conforman la RGBA. Es la segunda distribuidora más importante del país, su área de distribución abarca una superficie de 15.000 km^2 donde se concentran aproximadamente a 6 millones de usuarios (Gas Natural Fenosa).

Demanda de Gas Natural en la RMBA

Se entregó en 2010 a la provincia de Buenos Aires cerca de 13 MM m^3 de gas natural, de los cuáles un 56% fue para las distribuidoras que proveen en la CABA y conurbano bonaerense.

El consumo per cápita durante 2010 de gas natural en la RGBA, resultó menor comparado con las provincias del sur del país donde éste energético se utiliza todo el año para acondicionar los ambiente. El valor promedio para la Ciudad de Buenos Aires se ubicó en 76

[2] En el año 2010, el 63% de la energía eléctrica fue generada con el parque térmico, mientras que el 30% lo aportó la hidráulica.

m³/mes, para la provincia en 97 m³/mes, mientras que en Santa Cruz y Tierra del Fuego alcanzó los 573 y 754 m³/mes (ENARGAS)

Aparecen así, grandes desafíos en materia energética para la región, por un lado se espera continúe en aumento la cantidad de habitantes del conurbano, lo que implica, en un mediano plazo una acentuación en el consumo de energía, por otro lado es indispensable la incorporación de aquellos hogares que aún no se encuentran integrados a los servicios suministrados por red para brindar igualdad de oportunidades y calidad de vida a la población. Asimismo, es fundamental el desarrollo y aplicación de políticas energéticas basadas en un uso racional y eficiente de la energía, sobre todo en los grandes conglomerados urbanos donde no sólo se producen los grandes consumos de energía sino también los mayores despilfarros.

En este contexto nacional, se pretende evaluar teóricamente la posibilidad de generar energía renovable a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos mediante el tratamiento por biodigestión anaeróbica para suplir la demanda de gas natural de aquellos sectores que no son abastecidos por la red de distribución. Este primer análisis, se desarrolla para el Municipio de San Miguel, de la Provincia de Buenos Aires y tiene como objetivo evaluar en función de la cantidad y calidad de los residuos generados la posibilidad de suministrar energía en forma de biogás a la población cuyo abastecimiento es a través de garrafas u otra fuente energética. De esta forma se intenta generar información primaria que contribuya en la planificación de los futuros escenarios vinculados con la actual gestión de los residuos sólidos de la región, la que se encuentra en crisis por la falta de espacio para la disposición final de los residuos generados en el GBA y a la vez brindar una solución económica a la población que no puede acceder a fuentes limpias y seguras de energía.

Materiales y Métodos

Esta investigación pretende realizar una aproximación teórica a la generación de energía, desde la fracción orgánica de los residuos sólidos *(FO-RSU)* y evaluar la vialidad de reemplazar el gas natural o cualquier otra fuente energética utilizada para cocción, refrigeración y/o calefacción, por el biogás generado a través del tratamiento por biodigestión anaeróbica.

Se tomó como caso de estudio el partido de San Miguel, provincia de Buenos Aires. De acuerdo a estudios de calidad de residuos (IIS-UBA & CEAMSE, 2009) (IIS-UBA & CEAMSE, Febrero 2010) se evaluó y adoptó una composición de residuos sólidos domiciliarios en función de las características socioeconómicas del partido. Se evaluaron teóricamente los parámetros biológicos y químicos que posibilitan el tratamiento biológico, y se determinaron los valores promedios de biogás posible de obtener. Con ello se analiza la posibilidad de abastecimiento de la población de acuerdo al nivel promedio de consumo del partido.

El partido de San Miguel (figura 1) se crea en el año 1994 a través de la división del entonces partido de General Sarmiento, que da origen también a los partidos de José C. Paz y Malvinas Argentinas. San Miguel es uno de los municipios que compone la RGBA, cuenta con una superficie de 82,4 km² y se ubica al noroeste de la provincia de Buenos Aires a unos 30 km de la Ciudad de Buenos Aires. Está conformado por las localidades de San Miguel, Bella Vista, Muñiz y tierras de Campo de Mayo. El Censo del año 2010 arrojó un total de 276.190 habitantes, siendo la densidad poblacional de 3.335,63 hab/km². Cuenta con 80.627 hogares, de los cuales un 64% se abastecen de gas distribuido por redes mientras que los restantes lo hacen principalmente con gas en garrafa, tubo y electricidad (***Tabla 1***).

Tabla 1: Evolución de los hogares abastecidos por gas natural entre dos Censos Poblacionales

San Miguel	Censo 2001	Censo 2010	Variación absoluta	Variación relativa %
Hogares	**65.689**	**80.627**	14.938	22,7
Hogares con gas por red	38.794	51.363	12.569	32,4
Hogares con gas en garrafa	24.219	27.672	3.453	14,3

Si bien la variación relativa entre ambas formas de suministro demuestra que la población servida con gas por red aumenta a una proporción mayor que aquella abastecidas por garrafa, se trata de un 35% de la población que utiliza fuentes energéticas más caras y menos seguras, lo que motiva la investigación del presente trabajo, el que tiene como fin iniciar la discusión sobre la viabilidad de abastecer con el biogás generado mediante digestión anaeróbica de la fracción orgánica de los residuos a esa porción de la población. Dado que actualmente, no existe en el país la generación de biogás a gran escala, mediante digestión anaeróbica, sino más bien casos puntuales de tratamiento de residuos agropecuarios o sólidos urbanos en pequeña escala, se requiere realizar una primera aproximación sobre las condiciones necesarias para dicho tratamiento.

Como primer paso se determina la cantidad y composición de los residuos que se generan en el municipio de San Miguel, para ello se toma la metodología desarrollada por el Instituto de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (IIS-FIUBA), mediante el cual se define una producción per cápita (PPC) en función del nivel socioeconómico y del uso predominante del suelo.

Figura 1: Ubicación Zona de estudio

El nivel socioeconómico (NSE), da una idea del nivel de bienestar de la población y de la posibilidad de acceder a un determinado conjunto de bienes, lo que permite inferir modos de consumo diferenciales. El NSE puede ser calculado de forma directa por el ingreso de los hogares o estimado indirectamente a través de una variedad de métodos como el aplicado por la Cámara Argentina de Marketing[3], el clima educativo del hogar[4], el método ESOMAR[5]. Si bien todos ellos

[3] El NSE se basa en: nivel ocupacional del principal sostén del hogar (PSH), posesión de automóvil, posesión de bienes familiares, nivel educacional del PSH, aportantes en el hogar y cobertura médica
[4] Clima Educativo: promedio de años de estudio de las personas de 25 y más años de edad
[5] Se basa en el nivel de educación alcanzado por el jefe del hogar y la categoría ocupacional del jefe del hogar.

son válidos, para éste primer análisis sobre la cantidad de RSU generados por el municipio, el NSE se limita a 3 categorías alto, medio y bajo (figura 2), aproximadas a través del nivel educativo alcanzado por el jefe(a) de hogar.

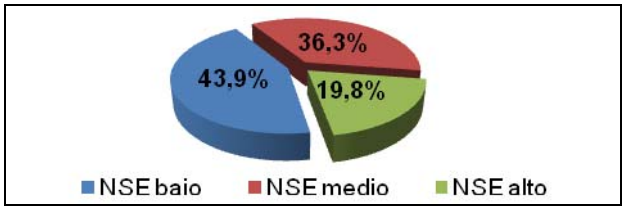


Figura 2: Nivel socioeconómico de la población de San Miguel. Fuente Censo 2010

El uso del suelo en el partido se encuentra normado por el Código de Zonificación Preventiva proveniente del entonces partido de General Sarmiento. Dicho Código divide al partido en 10 áreas urbanas (figura 3).

La mitad del territorio del partido se encuentra abocado al uso residencial en sus distintas modalidades de ocupación (figura 4), mientras que una parte importante las ocupa Campo de Mayo y sólo un 4% se corresponde con un uso comercial, localizado en las principales avenidas y calles del Municipio donde la generación de residuos se caracteriza por la presencia de grandes cantidades de papeles, cartones y plásticos recolectados por los cartoneros que circulan diariamente por las calles céntricas.

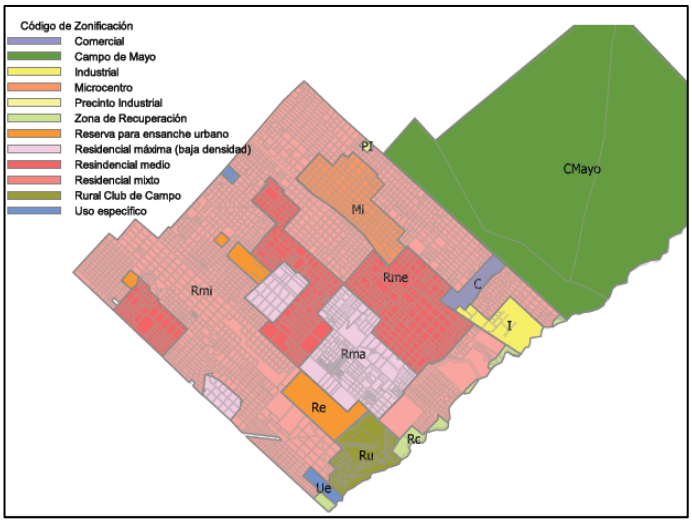
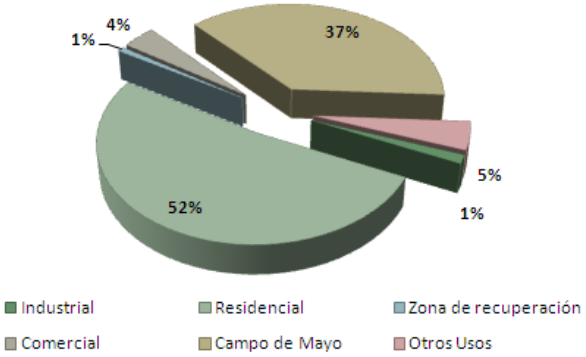


Figura 3: Código de Zonificación del Municipio de San Miguel

Figura 4: Participación de las diferentes categorías en la composición del uso del suelo



Los valores de PPC se estiman tomando como referencia las categorías establecidas por el ISS-FIUBA para la Ciudad de Buenos Aires en el estudio de calidad de residuos realizado en el año 2009 (IIS-UBA & CEAMSE, 2009), para un uso dominante del suelo residencial. Puesto que la tasa de generación se vincula a los patrones de consumo característicos del modelo de desarrollo imperante, no existen diferencias notables en los mismos estratos socioeconómicos de diferentes lugares. Sin embargo, en este caso particular, el municipio de San Miguel se ubica en la tercer corona de la región del Gran Buenos Aires (Sabaté, 1999) lo que le proporciona una dinámica socioeconómica, cultural y ambiental diferente. INDEC lo ubica en el grupo 4 de conurbanos, dónde se encuentran los peores índices de población cubierta por algún sistema de salud; de hogares con ingresos per cápita en los cuatro primeros deciles; de hogares con jefes con educación primaria incompleta (INDEC, Agosto 2003. Versión revisada en 2005). La relación entre

la cantidad de residuos domiciliarios, de barridos y otros dispuestos en CEAMSE en 2012 y la población en ese mismo año, da una PPC promedio de 0,77 kg/hab.día. Aunque es preciso destacar que este es un valor que esconde las heterogeneidades del territorio. Es por ello y en función de lo que la autora ha investigado en campo, y de acuerdo a los valores de la variable para la CABA, se asumen los siguientes registros de NSE: NSE_{bajo}-Uso Residencial: 0,70 kg/hab.día, NSE_{medio}-Uso Residencial: 0,90 kg/hab.día, y NSE_{alto}-Uso Residencial: 0,92 kg/hab.día, estas PPC arrojan un valor de 84.100 toneladas generadas en 2012, lo que se aproxima en un 93,5% al valor publicado por CEAMSE, para el mismo año. Considerando, que un porcentaje de la población carece de servicio de recolección o el mismo resulta deficiente dando origen a basurales a cielo abierto, microbasurales o basurales crónicos, anualmente se desviarán del circuito formal cerca de 5 mil toneladas, lo que prorrateado al total de la población en 2012, representaría 0,05 kg/hab.día.

En el caso de la composición física de los residuos generados en el municipio, se toma la determinada en el año 2011 en el Centro Ambiental Norte III, donde actualmente se disponen mediante la técnica de relleno sanitario lo residuos generados en los partidos de la RGBA. Si bien la adopción de esta composición supone prescindir de aquella fracción de residuos que fueron previamente separados y/o segregados por cartoneros, principalmente reciclables, se considera que para el cálculo y para el tratamiento, la fracción más importante es la de desechos alimenticios.

Resultados y Discusión

El municipio de San Miguel entierra anualmente cerca de 27.730 toneladas de desechos alimenticios. La composición de la fracción orgánica de los RSU depende de aspectos culturales, es variable estacional y regionalmente. Ésta composición influye no sólo en la producción sino también en la calidad de biogás. Los otros parámetros que actúan son el tiempo de retención, de la temperatura y de la concentración de sólidos volátiles (SV) de la materia a digerir. Es por lo tanto necesario conocer en detalle la composición del sustrato para evaluar la cantidad y calidad del biogás generado. Para este primer análisis, estos valores se toman de los establecidos en bibliografía, con el fin de poder corroborarlos en una etapa posterior de experimentación, la que se encuentra en desarrollo. Se realizó una sintética revisión bibliográfica, sobre los parámetros que hacen al rendimiento de conversión de la materia orgánica (

Tabla 3: Revisión de parámetros biológicos y químicos).

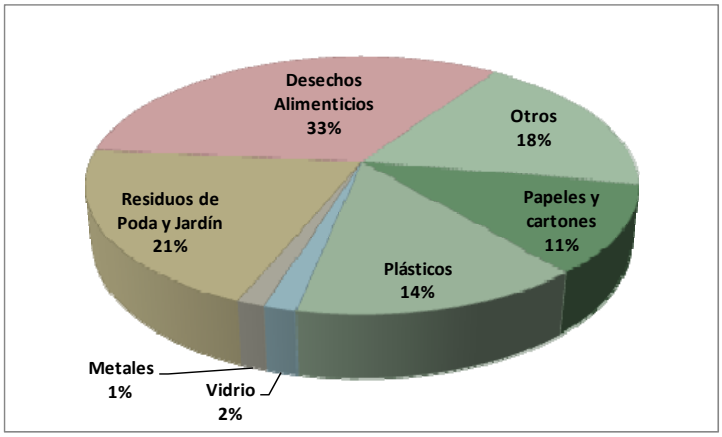


Tabla 2: Estimación de la cantidad de RSU generados por San Miguel -2012

	toneladas/año		
	NSE Alto	NSE Medio	NSE Bajo
Papeles y cartones	2.055,28	3.704,86	3.491,89
Plásticos	2.692,99	4.854,42	4.575,37
Vidrio	304,83	549,49	517,91
Metales	256,21	461,84	435,30
Residuos de Poda y Jardín	3.818,82	6.883,83	6.488,12
Desechos Alimenticios	6.160,22	11.104,48	10.466,15
Otros	3.413,00	6.152,30	5.798,64

Figura 5: Composición de RSU del Municipio de San Miguel.
Fuente: IIS-FIUBA 2011

Tabla 3: Revisión de parámetros biológicos y químicos

Sustrato	% ST	%SV	Rendimiento	Fuente
Restos de comida	10	80	0,5 – 0,60 m³CH_4/kg SV	(Al Seadi, *et. al*, 2008)
FORSU	11	93	0,5 – 0, 75 m³CH_4/kg SV	(Tchobanouglous, 1994)
Resto de comida	19,60	90,60	0,075–0,120 m³CH_4/kg sól. fresco	(Gropelli & Giampaoli, 2001)
FOB[6]-RSU	11,5	91,5	9-13 m³CH_4/día	(Kayhanian, 1995)
Restos de comida	6	95	495 Nm³CH_4/t VS	(Davidsson, *et. al*, 2007)

Se observa en los valores, que el porcentaje de sólidos totales, no supera el 20%, mientras que los sólidos volátiles tiene un valor promedio del 90% de ST. La humedad de los residuos de comidas mezclados, no compactados tiene un valor promedio del 70%, siendo el rango entre 50-80 (Tchobanouglous, 1994). El análisis último del sustrato, determina su composición elemental, lo que permite a través de la ecuación establecida por Buswell (Roati, *et. al*, 2012) (Curry & Pillay, 2012), evaluar empíricamente la cantidad de biogás generado. De esta forma, la composición elemental para la fracción orgánica de los RSU, es:

Tabla 4: Composición Elemental: Residuos de comida mezclados. **(Tchobanouglous, 1994)**

	Peso Seco				
	composición elemental	composición [kg]	peso atómico [gr/mol]	Moles	Relacion S=1
C	48,00%	10940,39	12,01	910940,3	320,43
H	6,40%	1458,72	1,01	1444276,3	508,04
O	37,60%	8569,97	16	535623,4	188,41
N	2,60%	592,60	14,01	42298,7	14,88
S	0,40%	91,17	32,07	2842,8	1,00
Cenizas	5,00%	1139,62			

La formula química, para la fracción orgánica es Al aplicar éstos índices en la ecuación de Buswell, la que supone la oxidación completa de la materia biodegradable en CH_4 y CO_2, se obtiene una aproximación a la producción teórica de biogás, cuya composición se asume de CH_4, CO_2, NH_3 y S_2H.

Ecuación [1]:

$$C_aH_bO_cN_dS_e + \left(\frac{4a-b-2c+3d+2e}{4}\right)H_2O \rightarrow \left(\frac{4a+b-2c-3d-2e}{8}\right)CH_4 + \left(\frac{4a-b+2c+3d+2e}{8}\right)CO_2 + dNH_3 + eH_2S$$

Reemplazando los coeficientes, se tiene $C_{320}H_{508}O_{188}N_{15}S_1 + 111H_2O \rightarrow 171CH_4 + 150CO_2 + 1$. La cantidad de CH4, obtenida de esta forma representa el 51% del biogás, mientras que el 44% es del CO2. El

[6] FOB: Fracción orgánica biodegradable.

rendimiento máximo de CH_4 que puede obtenerse de la FORSU, en condiciones normales de presión y temperatura, es 0,502 m³CH_4/kg FORSU (base seca), y la máxima cantidad de biogás es de 0,94 m³de biogás/kg de FORSU.

De acuerdo a los parámetros relevados, la cantidad de SV contenidos en el sustrato a digerir es la potencialmente biodegradable, asumiendo que en promedio este valor en la FORSU es del 90%, entonces el rendimiento de la conversión es de 0,846 m³de biogás/kgSV FORSU, una relación de 0,581 m³CH4/m³biogás.

Si se considera que en el municipio de San Miguel se generan 75970 kg FORSU/día, ello permitiría generar 10309 m³CH4/kg FORSU. La cantidad de CH4 generado, equivalente a 6064m³/día de gas natural, y considerando que el consumo promedio por hogar es de 97m³gas/mes, sería posible abastecer a 1854 hogares que carecen de este servicio distribuido por red.

Conclusión

Si bien los resultados obtenidos son preliminares, y de carácter teórico los que requieren de una etapa posterior experimental para ser validados, permiten acercar la discusión sobre la posibilidad de reemplazar el gas natural con una tecnología extendida a nivel mundial, como lo es la biodigestión anaeróbica. En una primera instancia los valores arrojados por el análisis permitirían desplazar un porcentaje mínimo del consumo domiciliario, sin embargo a mayor escala sería posible abastecer a un mayor número de consumidores pudiendo desplazar un mayor porcentaje del consumo de energía desde combustibles fósiles y disminuir de esa forma los impactos asociados a su generación, transporte y distribución. La cantidad de biogás generada permitiría incorporar a un 7% de la población que aún no cuenta con el suministro por red, permitiendo un servicio más seguro y económico.

El trabajo, parte desde la perspectiva de utilizar la materia orgánica valorizable y plantea una alternativa a las tecnologías que al momento se promueven como soluciones para los futuros desafíos del sistema de relleno sanitario como ser los tratamientos térmicos, comúnmente denominados *waste to energy* (WtE). Se propone, al igual que los tratamiento WtE, cubrir las necesidades de energía de la población, y al mismo tiempo brindar un servicio relacionado con una gestión más sustentable de los residuos sólidos generados en el municipio, que actualmente se disponen en relleno sanitario.

Bibliografía

- Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., y otros. (2008). *biogas HANDBOOK.* Esbjerg, Denmark: University of Southern Denmark Esbjerg.
- CIWMB. (March 2008). *Current Anaerobic Digestion Technologies Used for Treatment of Muncipal Organic Solid Waste.* California Environmental Protection Agency : Californa Integrated Waste Management Board.
- Curry, N., & Pillay, P. (2012). Biogas prediction and design of a food waste to energy system for the urban environment. *Renewable Energy , 41*, 200-2009.
- Davidsson, A., Gruvberger, C., Christensen, T. H., Hansen, T. L., & Jansen, J. l. (2007). Methane yield in source-sorted organic fraction of municipal solid waste. *Waste Managemen , 27*, 406-414.
- Demirbas, A. (2011). Waste management, waste resource facilities and waste conversion processes. *Energy Conversion and Management , 52*, 1280–1287.
- EDENOR. (s.f.). *Empresa Distribuidora y Comercializadora Norte S.A.* Recuperado el Septiembre de 2011, de httt://www.edenor.com.ar/cms/subsolapa6.html
- EDESUR. (2010). *Memoria, Reseña Informatica y Estados Contables al 31 de Diciembre de 2010.* Buenos Aires, Argentina: Empresa Distribuidora Sur S.A.
- ENARGAS. (s.f.). *Ente Nacional Regulador del Gas*. Recuperado el Agosto de 2012, de Datos Operativos 2010: http://www.enargas.gov.ar/DatosOper/010601c.php

- Gas Natural Fenosa. (s.f.). *Gas Natural BAN S.A.* Recuperado el 19 de Julio de 2012, de http://portal.gasnatural.com/servlet/ContentServer?gnpage=1-30-2&centralassetname=1-30-3-1-2-0
- *Gobierno de San Juan.* (2012). Recuperado el 12 de Junio de 2012, de INAUGURÓ EL PARQUE SOLAR CAÑADA HONDA: http://www.sanjuan.gov.ar/Default.aspx?nId=7787&cId=2
- Gropelli, E. S., & Giampaoli, O. A. (2001). *El camino de la biodigestión. Ambiente y tecnología socialmente apropiada.* Santa Fe, Argentina: Centro de Publicaciones. Universidad Nacional del Litoral.
- Gropelli, E., & Giampaoli, O. (2001). *El Camino de la Biodigestión. Ambiente y tecnología socialmente aprobada.* Santa Fe: Universidad Nacional de Litoral. .
- Hilbert, J. A. *Manual para la Producción de Biogás.* Buenos Aires: Instituto de Ingeniería Rural INTA. – Castelar.
- IAE. (2010). *INFORME: EVOLUCIÓN DE LAS RESERVAS DE HIDROCARBUROS EN ARGENTINA EN LA DÉCADA DE 2000.* Buenos Aires, Argentina: Luciano Caratori. Instituto Argentino de la Energía “General Mosconi”.
- IIS-UBA, & CEAMSE. (2009). *ESTUDIO DE CALIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES. ESTACIÓN CLIMATOLOGICA: PRIMAVERA 2008. Resumen Ejecutivo.* Buenos Aires, Argentina: Instituto de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingenieria. Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado.
- IIS-UBA, & CEAMSE. (Febrero 2010). *Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Buenos Aires, 2009.* Buenos Aires, Argentina: Instituto de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería. Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado.
- INDEC. (Agosto 2003. Versión revisada en 2005). *¿Qué es el Gran Buenos Aires?* Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos. Ministerio de Economía y Producción. Secretaría de Política Económica.
- INDEC. (Octubre 2012). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010: Censo del Bicentenario. Resultados Definitivos. Serie B Nº2. Tomo 1.* Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Estadísitica y Censo (INDEC).
- INDEC. (s.f.). *Censos Nacionales de Población, Vivienda y Hogares 1991, 2001 y 2010.* Recuperado el Agosto de 2011, de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos: http://www.indec.com.ar/indec.gov.ar.htm
- Karagiannidis, A., & Perkoulidis, G. (2009). A multi-criteria ranking of different technologies for the anaerobic digestion for energy recovery of the organic fraction of municipal solid wastes. *Bioresource Technology 100* , 2355-2360.
- Kayhanian, M. (1995). Biodegradability of the organic fraction of municipal solid waste in a high-solids anaerobic digester. *Waste Management & Research , 13*, 123-126.
- López, G. M. (2003). Biodigestión Anaerobia de Residuos Sólidos Urbanos. Alternativa energética y fuente de trabajo. *Tecnura. II semestre , 13*.
- MetroGAS. (s.f.). *MetroGAS S.A.* Recuperado el 19 de Julio de 2012, de http://www.com.ar/c_quienes.php
- Montes Carmona, M. E. (2008). *Estudio técnico-económico de la digestión anaerobia conjunta de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y lodos de depuradora para la obtención de biogás.* Tesis doctoral.
- Richa Kothari, V. V., & Tyagi, A. P. (s.f.). Waste-to energy: A way from renewable energy source to sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Rewies 14* , 3164-3170.
- Roati, C., Fiore, S., & Ruffino, B. (2012). Preliminary Evaluation of the Potential Biogas Production of Food-Processing Industrial Wastes. *American Journal of Environmental Sciences , 8* (3), 291-296.
- Sabaté, A. F. (1999). *El Circuito de los Residuos Sólidos Urbanos. Situación de la Región Metropolitana de Buenos Aires.* Buenos Aires. Argentina: Colección de Investigación. Serie de Informes de Investigación Nº 5. Universidad Nacional de General Sarmiento.

- SAyDS. (Septiembre 2005). *Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU)* (Goldstein, León ed.). Buenos Aires, Argentina: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación.
- Tchobanouglous, G. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. Volumen II.* Ed. McGraw Hill.
- *WindAR.* (s.f.). Recuperado el 2011, de http://windar.com.ar/wp-content/uploads/1_WindAR_Genren_12.pdf

AVANCES HACIA UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA QUE OPTIMICE EL USO DE UN RESIDUO DE LA AGROINDUSTRIA ACEITERA

Martinefsky Cecilia, Nolasco Susana, Riccobene Isabel[1]

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Grupo de Investigación TECSE, Departamento de Ingeniería Química. Av. del Valle 5737, B7400JWI Olavarría, Buenos Aires, Argentina.
Tel./FAX. +54-2284-451055/56.
1. E-mail. iriccobe@fio.unicen.edu.ar.

Resumen

Los residuos agroindustriales resultan ser una de las alternativas o fuentes de energía renovable de aplicación más directa y mejor impacto económico y medioambiental. El descascarado parcial de los grano de girasol previo a la extracción del aceite por solvente genera como residuo un gran volumen de cáscara. El objetivo del presente trabajo fue evaluar procedimientos aplicables a la cáscara de girasol con el fin de utilizarlas como combustible para hornos industriales. La cáscara posee baja densidad volumétrica, siendo necesaria una reducción del volumen para optimizar el transporte y almacenamiento. Se caracterizó el material determinandolas propiedades axiales, geométricas, gravimétricas y friccionales principales, y el contenido de humedad. Para reducir el volumen se presentan dos alternativas, la molienda y la compresión de las cáscaras. Con la molienda al reducir el 60% el tamaño de la cáscara se redujo a la mitad la densidad aparente. Esta aplicación sería de utilidad en los hornos cementeros de Olavarría, donde se alimenta el combustible mediante inyección con aire y se requiere rápida combustión.La compresión se realizó con la finalidad de compactar las cáscaras en pellets o briquetas, para utilizarlos en la co-combustión con carbón en caleras de la zona. No fue posible la compactación de las cáscaras sin tratamiento previo, tampoco molidas ni con el agregado de agua. Se evidencia que es necesario tener en cuenta además de la humedad, tamaño de partícula y presión, la temperatura en compactación o evaluar la posibilidad de incorporar un aglutinante, sin que esto implique un aumento considerable en el costo del producto.

Palabras clave: cáscara de girasol, propiedades, análisis granulométrico, pellet

Abstract

Agroindustrial residues are one of the alternative or renewable energy sources with more direct application and better economic and environmental impact. Partial dehulling of sunflower seed, before the solvent extraction of oil, generates a large volume of hulls as residue. The objective of this worki

was to evaluate procedures for sunflower hull, to use them as fuel for industrial furnaces. The hull has a low bulk density, requiring a reduction of the volume to optimize transport and storage. The material was characterized by determining the main axial, geometrical, gravimetric and frictional properties and moisture content. To reduce the volume are presented two alternatives, the milling and the compression of the hulls. Reducing 60% the size of the hull by milling, the bulk density is reduced to half. This application would be useful in Olavarría cement furnaces, where the fuel is fed by air injection and rapid combustion is required. Compression was performed in order to compact the hulls into pellets or briquettes, for use them in theco-firing with coal. It was not possible to compact untreated hulls, either milling ones or with the addition of water. It is evident that it is necessary to take into account in addition to moisture, particle size and pressure, the compaction temperature or the possibility of incorporating a binder, without involving a considerable increase in the product cost.

Keywords: sunflower hull, properties, granulometric analysis, pellet

Introducción

La industria aceitera Argentina se ha convertido en uno de los sectores más dinámicos de la estructura productiva de nuestro país en los últimos tiempos. Ha evidenciado un proceso de profundas transformaciones, cuyas principales causas se encuentran tanto a nivel nacional como a nivel mundial. Dentro de las primeras encontramos que se produjo un cambio sustancial en el sector primario a partir de la introducción de nuevas tecnologías en el cultivo, y dentro de la etapa industrial, un cambio en el procesamiento de los granos. Estos últimos hechos también fueron acompañados por cambios a nivel externo, esto es, a la mayor importancia del consumo de aceites vegetales que se viene registrando a nivel mundial. Este sector agroindustrial le genera al país importantes ingresos anuales, que este año pueden superar los 1000 millones de dólares (ASAGA).

Argentina, con 6,5 millones de toneladas, es uno de los tres mayores productores de girasol del mundo. El área potencialmente cultivable con girasol se extiende desde Formosa hasta la región pampeana; sembrándose aproximadamente 1,86 millones de hectáreas, con un rinde promedio en la última campaña de 20 qq/ha. El 92 % del grano de girasol producido en la Argentina es procesado, un 65-75% se exporta como aceite crudo a granel y harina proteica y el resto como grano o como aceite refinado envasado (ASAGA). Resulta prioritario entonces desarrollar un importante paquete tecnológico que permita ser competitivos a nivel mundial e incrementar la cadena de valor de esta oleaginosa. Analizar el potencial uso de la cáscara de girasol, tanto sea como combustible o como materia prima de una nueva industria, aporta valor agregado a este desecho agroindustrial, a la vez que contribuye, a la problemática ecológica y económica de la disposición final de los grandes volúmenes de cáscara.

Las cáscaras de girasol constituyen alrededor de un 18-20% en peso de los granos procesados. Los principales macronutrientes en las cáscaras son lípidos, carbohidratos y proteínas (Curvetto et al. 2002). Contienen mayoritariamente lignina (20-28%), celulosa (31,3%) y hemicelulosa (25,2%). La considerable cantidad de lignina limita la posibilidad de una rápida biodegradación (razón por la que no se utiliza en alimentación), a la vez que influye en la combustión. El poder calorífico es más alto para la lignina que para la celulosa y hemicelulosa (Demirbas, 2001, Raclavska et al., 2011); siendo el poder calorífico para la cáscara de girasol de 2500-2700 kcal/kg, aproximándose al de la madera que se encuentra entre 3000 y 3500 kcal/kg (Demir et al., 2005).

Las agroindustrias en general producen billones de toneladas de residuos no comestibles derivados del cultivo y del procesamiento. En el caso de la cáscara de girasol se han evaluado diversos usos, como biosorbente de colorantes, sustrato para el cultivo de hongos, extracción de la

cera para cosmética o de los compuestos fenólicos antioxidantes como aditivo de alimentos, las cenizas como fertilizante, para productos cerámicos o componentes de electrodos; todos interesantes, pero su campo de aplicación y demanda es limitada; de allí el interés por utilizar esta biomasa como combustible.

La investigación y el desarrollo alrededor del mundo de fuentes de energía alternativa y renovable ha sido intensa en las últimas tres décadas. La biomasa es una atractiva fuente de combustible renovable (Demirbas, 2005). Esto es particularmente para el caso de los residuos agrícolas, que se plantan y cosechan periódicamente. Durante su crecimiento, mediante la fotosíntesis, estas plantas eliminan el CO_2 de la atmósfera, que se libera de nuevo durante la combustión, reduciendo considerablemente la producción de CO_2, de la cual actualmente el 98% proviene de los combustibles fósiles (Werther et al., 2000).

Debido al elevado costo de transporte no resulta económicamente rentable utilizar las cáscaras como el combustible principal, si no es donde se produce. Gran parte de las plantas industriales donde se descascara girasol y separan la cáscara, la utilizan como combustible quemándola en las mismas instalaciones de procesamiento, pero esto tiene sus inconvenientes (Capurro, 2003). La combustión directa en calderas genera corrosión y depósitos de cenizas en los equipos, disminuyendo considerablemente su vida útil.

El proceso de compactación es un prerrequisito para el transporte, alimentación y combustión en los hornos y calderas (Werther et al., 2000). Hay tres maneras de utilizarlas, se pueden quemar para producir calor y electricidad, convertirse en un combustible gaseoso como metano, hidrógeno y monóxido de carbono o bien transformarse en un combustible líquido, principalmente alcoholes, con la ayuda de algún proceso físico, químico o biológico (Demirbas, 2005). La conversión tiene el objetivo de transformar el material, voluminoso y con baja concentración de energía, en combustibles con características físico-químicas que permitan un almacenamiento económico y de fácil transferencia al sistema de combustión (Haykiri-Acma, 2003).

Fortalecer la cadena de valor de la producción de aceite de girasol, sería de interés para éste sector agroindustrial y una alternativa sustentable para diversas industrias que pueden utilizar la cáscara de girasol como combustible. El objetivo general del presente trabajo fue caracterizar la cáscara de girasol para posteriormente evaluar la aplicación de tratamientos que permitan optimizar el transporte y almacenamiento de grandes volúmenes de cáscara, previo a su utilización como fuente de energía renovable.

Materiales y métodos

Se utilizó girasol comercial y cáscaras suministrados por Oleaginosas Moreno S.A. (Planta Daireaux). Los granos fueron limpiados manualmente, guardados en recipientes herméticos y en cámara de frío. Antes de cada ensayo, la muestra se sacó de la cámara y se dejó que se equilibre con la temperatura ambiente. Las cáscaras fueron utilizadas tal como llegaron de fábrica, conservadas también en cámara de frío.

Se determinó el contenido de humedad para el grano y la cáscara de acuerdo al método ASAE S352.2 (DEC97), por secado en estufa a 130°C durante 3 horas. El contenido total de cáscara se obtuvo a partir de muestras de 10 g descascaradas manualmente y se expresó en porcentaje en base seca (% b.s.).

Se determinaron las dimensiones axiales de los granos, de muestras de 10 semillas, seleccionadas al azar. La longitud (L), ancho (W) y espesor (T) y el espesor de la cáscara fueron determinados usando un micrómetro de exteriores de resolución 0,001 mm (DP-1HS, Digimatic Mini-Processor, Mitutoyo).

Dentro de las propiedades gravimétricas, se determinó la densidad verdadera (ρ_t), definida como la relación de la masa de la muestra con su verdadero volumen, utilizando picnometría. Se utilizó xileno como líquido a desplazar. Para cada ensayo se seleccionaron 10 granos al azar. En forma similar se determinó la densidad verdadera correspondiente a la cáscara de 10 granos. La densidad aparente (ρ_b), considera la relación entre la masa de una muestra de granos y su volumen total, se determinó empleando una balanza de peso hectolitro normalizada (Singh and Goswami, 1996).

La porosidad del lecho (ε), definida como la fracción de espacio en la semilla a granel que no es ocupada por los granos, se calculó con la expresión (1) (de Figueiredo et al., 2011).

$$\epsilon = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_t}\right) \cdot 100 \qquad (1)$$

Las propiedades geométricas determinadas fueron el diámetro equivalente (De) en mm, la esfericidad Φ y el área superficial de la semilla (S) por analogía con una esfera, determinadas utilizando las ecuaciones (2), (3) y (4), respectivamente (Gupta&Das, 1997; Perez et al., 2007).

$$D_e = (L \cdot W \cdot T)^{1/3} \qquad (2)$$

$$\phi = \frac{D_e}{L} \qquad (3)$$

$$S = \pi \cdot D_e^{\,2} \qquad (4)$$

Como propiedad friccional, el ángulo de fricción estático (α) fue medido sobre cuatro materiales (madera, fórmica, aluminio y chapa galvanizada). La muestra se colocó dentro de un cilindro sobre la superficie de prueba en una placa de inclinación ajustable. La placa se inclinó gradualmente hasta que el cilindro comenzó a descender y se tomó la medida de dicho ángulo de inclinación. El correspondiente coeficiente de fricción (μ) se determinó tal como se indica en la ecuación (5) (Guiotto et al., 2011).

$$\mu = \tan\alpha \qquad (5)$$

Para evaluar la reducción de volumen de cáscara se utilizaron dos tipos de procesos. Se evaluó la incidencia de la reducción de tamaño y se analizó el efecto de la compresión para determinar la viabilidad de obtención del pellet de cáscara de girasol.

La molienda de la cáscara se realizó en seco, en un molino de cuchillas, utilizando como variable de control el tiempo de residencia de la muestra en el equipo. Se generaron cuatro muestras de diferente granulometría. El análisis granulométrico se realizó con una batería de tamices ASTM Nº4, 10, 14, 18, 20, 60, 100 y 140.

La compresión de la cáscara se efectuó en seco y por vía húmeda. La compresión por vía seca se realizó en una prensa Instron 33R 4485 (Figura 1) con capacidad de 20 tn para estudiar el grado de compactación y la viabilidad de formación de una briqueta de cáscara sola. Se utilizó cáscara sin moler y cáscara molida, para lo cual se llenó un molde cilíndrico (Figura 2), de diámetro interno 10,3 cm y altura de 14,5 cm. Se colocó en el interior una muestra de 125 g y se aplicó la carga a una velocidad de 20 mm por minuto hasta alcanzar las 11 tn.

Figura 1. Prensa en seco Instron 33R 4485

Figura 2. Molde para prensado en seco

La compresión por vía húmeda se efectuó en una extrusora de tornillo (Figura 3) con cáscara sola, con cáscara húmeda y con la adición de harina residual de extracción de aceite por prensado.

Figura 3. Pelletizadora de tornillo (Gentileza Oleaginosas Olavarría S.A.)

Resultados y Discusión

La cáscara de girasol utilizada para los ensayos provenía de granos con una relación cáscara/pepa de 0,33. En la Tabla 1 se muestran las *propiedades físicas* del grano entero de girasol y de su cáscara.

Tabla 1. Propiedades físicas del grano y la cáscara de girasol

		Pepa	Cáscara
Composición del grano *	Porcentaje (% b.s.)	75,24±0,50	24,76±0,50
		Grano	**Cáscara**
Humedad *	Contenido de humedad (% b.s.)	7,24±0,09	10,47±0,07
Dimensiones axiales *	Longitud L (mm)	10,25±0,91	
	Ancho W (mm)	5,04±0,54	
	Espesor T (mm)	3,09±0,52	0,36±0,09
Propiedades geométricas	Diámetro equivalente De (mm)	5,41±0,52	
	Esfericidad □	0,53±0,05	
	Área superficial (mm^2)	92,68±7,49	
Propiedades gravimétricas **	Densidad verdadera ρt (g/cm^3)	0,815±0,037	0,684±0,029
	Densidad aparente ρb(g/cm^3)	0,427±0,002	0,092±0,001
	Porosidad ε (%)	47,64	86,5
Propiedades friccionales **	Coeficiente de fricción μ		
	μ_{al} en aluminio	0,32±0,01	0,36±0,01
	μ_{cg} en chapa galvanizada	0,39±0,01	0,41±0,01
	μ_m en madera	0,39±0,01	0,52±0,01
	$\mu_f$en fórmica	0,31±0,01	0,40±0,01

Valores promedio ± desvío estándar * Ensayos por triplicado ** 10 repeticiones

El contenido de cáscara en el grano, junto con la cantidad de grano procesado para la extracción del aceite, permite deducir la cantidad de cáscara residual del proceso de descascarado.

En la composición de la cáscara, la humedad es la característica que más influye en las propiedades y es aquella que fácilmente se puede modificar para mejorar dichas propiedades a través de secado o humidificación. El proceso de compactación y la combustión están significativamente influenciadas por el contenido de humedad (Menind, 2012).

Las dimensiones de las partículas y las propiedades geométricas que derivan de ellas dan una idea de cuán cohesivo o fluido es el material. Estos valores constituyen parámetros para el diseño de los equipos de transporte y almacenamiento.

Las propiedades gravimétricas permiten calcular los volúmenes de los equipos donde se trata el material. En la Tabla 1, es notable el menor valor de la densidad aparente de la cáscara respecto de la semilla, esto evidencia el problema principal que presenta este residuo, son grandes volúmenes de poco peso. Con la compactación se puede disminuir la densidad hasta 10 veces.

De acuerdo a los resultados de Mitic et al. (2006), se alcanza una densidad de 0,933 g/cm^3 para la cáscara de girasol, utilizando una prensa en seco. Las propiedades friccionales también derivan en parámetros de diseño de equipos, mostrando la interacción de las paredes del mismo con el material.

Por *reducción de tamaño* en el molino de cuchillas se generaron, a partir de la cáscara original, tres muestras con diferentes tiempos de residencia de la cáscara en el molino, 5, 15 y 30 segundos. La densidad aparente de la cáscara original fue de 0,092 ± 0,001 g/cm^3 y de la cáscara molida durante 30 segundos, 0,184 ± 0,005 g/cm^3.

La Figura 4 muestra la distribución de tamaño de la cáscara sin moler, cuyo tamaño medio fue de 3594.92 ± 155.12µm. La Figura 5 presenta dicha distribución para la cáscara con 30 segundos de residencia en el molino, resultando para esta condición un tamaño medio de partícula de 1465.67 ± 97.43 µm.

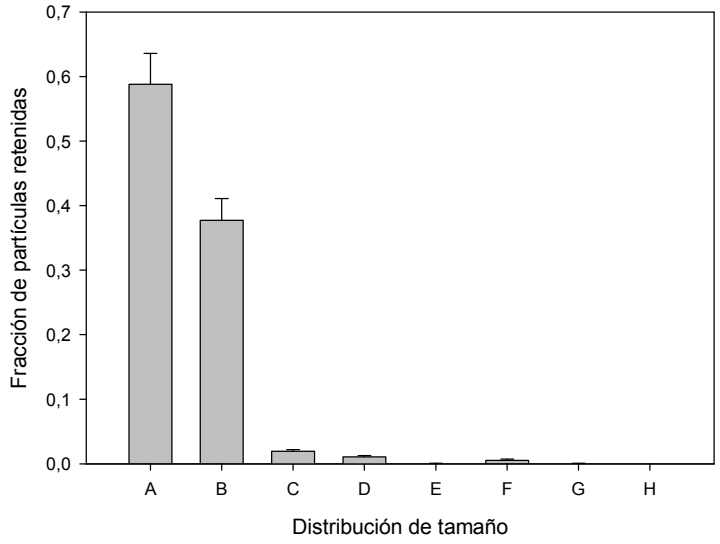


Figura 4. Distribución del tamaño de partículas de cáscara, cada valor es un promedio de tres determinaciones (n=3). H<149µm, G: 149-250 µm, F: 250-840 µm, E: 840-100 µm, D:1000-1410 µm, C:1410-2000 µm, B:2000-4760 µm y A>4760 µm.

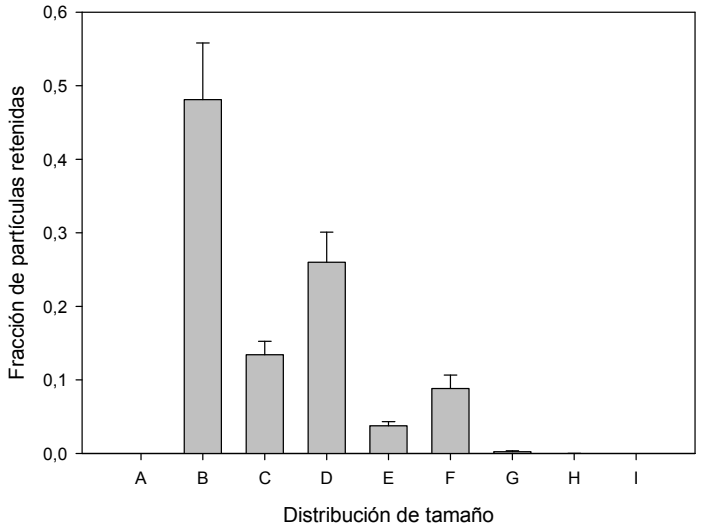


Figura 5. Distribución del tamaño de partículas de cáscara molida, cada valor es un promedio de tres determinaciones (n=3). I<105µm, H:105-149 µm, G:149-250 µm, F: 250-840 µm, E:840-1000 µm, D:1000-1410 µm, C:1140-2000 µm, B:2000-4760 µm y A>4760 µm.

Del análisis indicado resulta que una reducción del volumen del 50% fue posible al reducir aproximadamente el 60% el tamaño de la partícula de cáscara.

Con la disminución de tamaño se logra una combustión más rápida, lo que permitiría su utilización en los hornos de las fábricas de cemento locales. Dichos hornos funcionan, principalmente, con gas natural. La incorporación de combustibles sólidos es posible a través de la inyección con aire sólo si su tamaño es pequeño y la combustión rápida.

En relación a los *ensayo de compresión*, se ensayó la compactación en briquetas con dos muestras, las cáscaras originales y la muestra molida durante 30 segundos. Si bien la disminución de volumen fue notable a medida que se incrementaba la carga, no fue posible mantener dicha disminución al retirarse la misma.

En un segundo ensayo, se utilizó una extrusora de tornillo perteneciente a una empresa local, la cual regularmente es empleada para la fabricación de pellets a partir de la torta de girasol remanente del proceso de extracción de aceite por prensado. Se ensayó la cáscara sin tratar, la cáscara con el agregado de agua en distintas proporciones y la cáscara con la adición de torta de extracción. Para los dos primeros casos no se logró obtener los pellets, originando rotura de cáscara sin una compactación correcta, generando además, obstrucciones en el equipo que obligaban a su parada.

La pelletización de la cáscara con la adición de harina residual fue posible cuando el contenido de cáscara era inferior al 10%. En consecuencia, se requiere una proporción mucho mayor de torta de extracción que de cáscara de girasol, situación ésta que no justifica la producción de pellets mediante este proceso para ser utilizados como combustible.

Conclusiones

En nuestro país al igual que en el resto del mundo, se han realizado y se realizan aprovechamientos energéticos de la biomasa. El análisis de la cáscara de girasol obtenida de una descascaradora industrial ha permitido determinar que, para transportar mayor cantidad de cáscara en el mismo volumen es necesario molerla previamente. Esto a su vez, generaría ventaja comparativa si se utiliza la cáscara para combustión en hornos de cemento.

En relación a los estudios de acondicionamiento por compresión de la cáscara es necesario profundizarlos, siendo de interés evaluar la extracción con vapor de las mismas y analizar el uso de aditivos que permitan la generación del pellet y que, de ser posible, adicionen poder calorífico a la muestra y/o sean residuo de otro proceso industrial.

El aprovechamiento de la cáscara de girasol y su acondicionamiento es una problemática a la cual todavía no se le ha encontrado una solución, si bien la industria hoy recurre mayoritariamente a quemarla tal como se obtiene de la descascaradora, el balance tecnológico-económico no siempre es satisfactorio. Estudiar alternativas para facilitar nuevas aplicaciones donde se utilice cantidades importantes de cáscara, en industrias no demasiado onerosas, ni en inversión ni en costos operativos, proporcionando una solución al transporte y almacenamiento, permitiría optimizar el proceso productivo en general.

Bibliografía

- ASAE STANDARDS, 1999. Moisture measurement – Unground grain and sedes.ASAE S.352.2 (DEC97).
- ASAGA: www.asaga.org.ar [29/09/2013]
- Capurro A. (a), 2003. Cáscara de girasol. Buscando opciones para su utilización - Parte 1. RevistaA&G, Tomo XIII vol. 3, N° 52 pág 396-402.
- CurvettoN.R., 2002. Sunflower seed hulls as substrate for the cultivation of shiitake mushrooms. HortTechnology vol. 12, pág 652-655.
- de FigueiredoA.K., Baümler E., RiccobeneI.C., Nolasco S.M., 2011. Moisture-dependent engineering properties of sunflower seeds with different structural characteristics.Journal of Food Engineering N°102, pág 58-65.
- Demir G., Nemlioglu S., Yazgic U., Dogan E., 2005. Determination of some important emissions of sunflower oil production industrial wastes incineration.Journal of Scientific and Industrial Research Vol 64, pág 226-228.
- Demirbas A., 2001. Relationships between lignin contents and heating values of biomass.Energy Conversion & Management N°42, pág 183-188.
- Demirbas A., 2005. Potential applications of renewable energy sources, biomass combustion problems in boiler power systems and combustion related enviromental issues. Progress in Energy and Combustion Science N°31, pág 171-192.
- GuiottoE.N., IxtainaV.Y., Tomás M.C., NolascoS.M., 2011. Moisture-dependent physical properties of chia (Salvia hispanica L.) seeds.American Society of Agricultural and Biological Engineers, vol 54(2).
- Gupta R.K., Das S.K., 1997. Physical properties of sunflower seeds.Journal of agricultural Engineering Research N°66, pág1-8.
- Haykiri-Acma H., 2003. Combustion characteristics of different biomass materials.Energy Conversion and Management N°44, pág 155-162.
- Menind A., 2012. Peculiarities of pretreatment andfuels refining of biomass.A Thesis for applying degree of Doctor of Philosophy in Bioenergetics.Eestimaaülikool, Estonian University of Life Sciences, Tartu.
- Mitic D., Mihajlovic E., Stojiljkovic M., 2006. Development and designing of machines and technologies for briquette and pellet manufacturing by dry and wet process.Thermal Science vol 10, pág 131-141.
- Perez E.E., CrapisteG.H., CarelliA.A., 2007. Some physical and morphological properties of wild sunflower seeds.Biosystems Engineering N°96, pág 41-45.
- Raclavska H., Juchelkova D., Roubicek V., Matysek D., 2011. Energy utilisation of biowaste – Sunflower seed hulls for co-firing with coal. Fuel Processing Technology N°92, pág 13-20.
- Singh, K. K., & Goswami, T. K.,1996. Physical properties of Cumin seed. Journal of Agricultural Engineering Research N°64, pág 93–98.
- Werther J., Saenger M., HartgeE.U., Ogada T., Siagi Z., 2000. Combustion of agricultural residues.Progress in Energy and Combustion Science N°26, pág 1-27.

Agradecimientos

A la Oleaginosas Moreno S.A. (Planta Daireaux) por el suministro de las muestras de semilla entera y cáscara residual del proceso de descascarado, y a Oleaginosa Olavarría S.A. por facilitarnos el uso de extrusora.

EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DEL CATALIZADOR Y ETANOL EN LA OBTENCION DE BIODIESEL

Bettera,C*. Massera M.M., Reartes N. E., Medeot, I.

Facultad de Ingeniería
(Universidad Nacional de Río Cuarto)
Ruta 8 km. 601 - 5800 Río Cuarto - Argentina
E-mail: cbettera@ing.unrc.edu.ar

Resumen.

La producción de biodiesel surge como consecuencia de la búsqueda de nuevas fuentes de energías alternativas, sustentables y de naturaleza renovable. Esto deriva de la conjunción de una serie de factores tales como: el incremento del precio del barril de petróleo, su demanda por países industrializados, el descenso en la producción global de crudo, las regulaciones energéticas sobre el uso obligatorio de biocarburantes y la necesidad de controlar las emisiones de gases de efecto invernadero. El biodiesel presenta beneficios al ambiente respecto de los combustibles convencionales tales como, menores emisiones, tasa de biodegradación 4 veces mayor, no toxico, no emite compuestos carcinógenos. Una de las formas de obtenerlo es por transesterificación con una base fuerte como catalizador. En este sentido el objetivo principal de este trabajo es ajustar las condiciones de proceso para la obtención de biodiesel utilizando etanol en lugar del clásico metanol, esto es debido a que es menos riesgoso para la salud de los operadores. Las experiencias prácticas se realizaron en tubos de ensayo sin agitación a diferentes relaciones molares etanol:aceite (4, 6, 8 y 10 a 1) y diferentes cantidades de OHNa (4, 6, 8 y 10 g/L) a temperatura constante de 54 °C. Como resultado se obtuvo que la mejor condición de producción se logró para las relaciones molares 4:1 y 6:1 y 4 g/L de OHNa. Con estos resultados se montó un equipo para tratar 1 litro de aceite con los valores de etanol y OHNa determinados previamente y con agitación mecánica provista por un taladro. Se obtuvo biodiesel tras adicionar el etanol (6:1) y OHNa a 4 g/L, se mantuvo la temperatura a 53 – 56 °C y una agitación enérgica durante 1 hora.

Palabras clave: BIODIESEL, ETANOL, CATALIZADOR

1. Introducción

En la Resolución 129/2001, de la Secretaría de Energía y Minería, Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la República Argentina, en algunos de sus Considerandos se lee:

- Que el BIODIESEL es un combustible obtenido a partir de aceites de origen vegetal, por lo que es un producto renovable y de menor impacto al medio ambiente.
- Que existen proyectos para la producción del citado combustible, que movilizarán las economías locales.

- Que la sustitución de gasoil por biodiesel mejorará la ecuación energética al reemplazar un combustible que en parte se está importando por un combustible que no es de origen fósil.

En el Artículo 1°, de la misma resolución se define al biodiesel de la siguiente manera— "Se define como BIODIESEL a toda mezcla de ésteres de ácidos grasos de origen vegetal y a continuación el citado artículo detalla las especificaciones que debe reunir el Biodiesel para ser considerado como tal.

El petróleo en términos de energía representa la mayor contribución en el suministro de energía mundial con un 40%. Sin embargo, la conjunción de una serie de factores tales como: el incremento del precio del barril de petróleo, su demanda por países industrializados, el descenso en la producción global de crudo, las regulaciones energéticas sobre el uso obligatorio de biocarburantes y la necesidad de controlar las emisiones de gases de efecto invernadero han contribuido a la búsqueda de nuevas fuentes de energías alternativas, sustentables y de naturaleza renovable. Esto no representa una novedad en sí mismo, de hecho Rudofl Diesel ya en 1892, ideo un motor de cuatro tiempos y elevada compresión, capaz de funcionar con diversos tipos de combustibles pesados, tanto líquidos como sólidos (Bartsch, 2005).

El uso de aceites vegetales en motores diesel es casi tan antiguo como el propio motor diesel. Rudolf Diesel, supuestamente utilizó aceite de maní (Arachis hipogaea) como combustible para fines de demostración en 1900. Se llevaron a cabo algunos otros trabajos usando aceites vegetales en los motores diesel en la década de 1930 y de 1940. Las crisis del combustible y la energía de finales de 1970 y principios de 1980, así como las preocupaciones que acompañan sobre el agotamiento de los recursos no renovables del mundo, hicieron que se impulsaran los incentivos para buscar alternativas a los combustibles convencionales a base de petróleo. En este contexto, se recuerdan los aceites vegetales como combustible para motores diesel. En la actualidad ocupan una posición destacada en el desarrollo de combustibles alternativos. Cientos de artículos científicos y varios otros informes de todo el mundo que se ocupan de los combustibles diesel alternativos a base de aceites vegetales ("biodiesel") han aparecido en la prensa. Ellos han avanzado de ser combustibles puramente experimentales para las etapas iniciales de comercialización. Sin embargo, varios aspectos técnicos y económicos requieren una mayor mejora de estos combustibles (Bartsch C. 2005). Numerosos aceites vegetales han sido probados para generar biodiesel tales como los de maní, girasol, soja, jatrofa, colza, pescado, palma, residuales de cocina entre otros (Fangrui M. y Milford A.H., 1999).

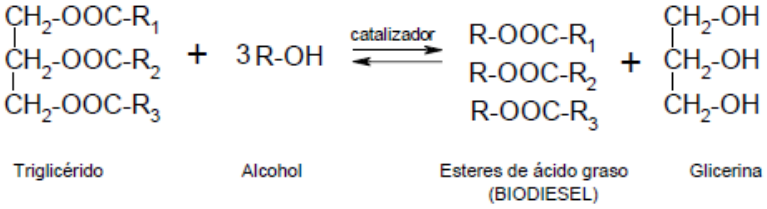
Por otra parte, el biodiesel presenta beneficios al ambiente respecto de los combustibles convencionales. En general, las emisiones del diesel son reducidas al usar biodiesel o mezclas de éste con el diesel de petróleo. También puede generar un menor impacto en ambientes marinos, en el caso de derrames accidentales, dado que no contiene compuestos aromáticos tóxicos solubles en agua; adicionalmente, la tasa de degradación del biodiesel es cuatro veces mayor que la del diesel. Por último el biodiesel no contiene compuestos aromáticos carcinogénicos (benceno, tolueno, xileno), lo que significa un menor impacto sobre la salud de la población y el ambiente a causa de los gases de escape provenientes de su combustión (Fangrui M. y Milford A.H., 1999)

El biodiesel es fabricado partiendo del aceite vegetal así como de grasas animales y aceites vegetales usados, añadiéndose 10% de alcohol entre otras sustancias más, por ejemplo catalizadores. Es decir, el biodiesel es aceite vegetal sometido a una reacción de transesterificación, de la que obtenemos esteres a partir de los triglicéridos.

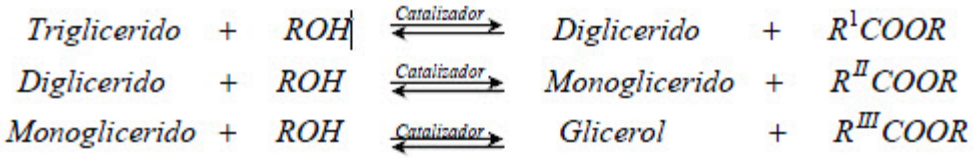
En general, una reacción de transesterificación consiste en la transformación de un tipo de éster en otro. Cuando el éster original reacciona con un alcohol, la reacción de transesterificación se denomina alcohólisis. En el caso de la alcohólisis de un aceite o grasa, las moléculas de triglicérido se combinan con un alcohol alifático de bajo peso molecular en presencia de un catalizador. Los productos de la reacción química son alquilésteres de los ácidos grasos del aceite o grasa y glicerol. Los alquilésteres una vez purificados mediante procesos de lavado y

secado constituyen el biodiesel. El glicerol se puede beneficiar para obtener glicerina de alta pureza (Benjumea et al. 2004).

Una representación general de la reacción de transesterificación sucede entre una molécula de triglicérido y tres moléculas de alcohol. La transesterificación es una reacción reversible y para dirigirla hacia los productos se agrega alcohol en exceso. El exceso de alcohol que ha de adicionarse, así como la concentración del catalizador a utilizar, y la temperatura y tiempo de reacción, son condiciones que hay que establecer experimentalmente para cada tipo de aceite (triglicérido) a utilizar. (Zuleta, et al. 2007)



Este proceso ocurre en tres pasos consecutivos, y en cada paso se forma 1mol de biodiesel,



R^I, R^{II} y R^{III} son hidrocarburos de cadena larga. Por lo tanto, de 1 mol de triglicérido y 3 moles de alcohol, se produce 1 mol de glicerina y 3 moles de alquíléster (biodiesel). Como la alcoholisis es una reacción de equilibrio, se busca favorecer la reacción directa alimentando un exceso de alcohol o retirando uno de los productos. La primera opción es la más utilizada. (Rojas Gonzalez, et al. 2009).

El equipo de trabajo ha considerado importante iniciar actividades de investigación y desarrollo en torno a la obtención de biodiesel por los siguientes motivos: entendemos a la crisis energética como una oportunidad para el desarrollo de biocombustibles, además, los biocombustibles presentan una oportunidad para el desarrollo local si se generan las capacidades que permitan apoyar este proceso socio productivo. Por otra parte y en coincidencia con muchas observaciones a nivel mundial, es importante mejorar el proceso de transesterificación usando etanol, esto es por dos razones, una que el etanol es menos riesgoso para la salud que el metanol, la otra razón es que el etanol también es “bio”, lo cual es más consistente con los principios de sustentabilidad.

Lo anterior justifica la importancia del estudio de las diversas condiciones bajo las cuales es posible la obtención de biodiesel, por alcohólisis utilizando etanol con catálisis básica. En consonancia con esto, el objetivo principal de este trabajo es estudiar el efecto de la concentración del catalizador y del alcohol.

2. Materiales y Métodos

2.1. Diseño de Experiencias

Para evaluar los efectos de las variables bajo estudio: CONCENTRACIÓN DEL CATALIZADOR **(CCA)** Y RELACION MOLAR ETANOL/ACEITE **(OL**), en el proceso de

producción de biodiesel, se requiere que los datos sean representativos y suficientes. Por tal motivo fue utilizada la metodología de diseño experimental. Se empleó un diseño factorial replicado, de tres niveles para el factor y de cuatro niveles para el factor **(OL)**, por lo tanto se aplicó un diseño 4x3. En este marco, se realizaron 12 experiencias, con una réplica cada una, resultando un total de 24 corridas.

Los niveles, de cada uno de los factores analizados, fueron seleccionados tomando en cuenta los aportes brindados por datos bibliográficos. (Melero et al., 2012; Qiang et al., 2013; Fangrui M. y Milford A.H., 1999).

Los tres niveles seleccionados para el factor **(CCA)**, fueron: 4 g/L, 8 g/L y 10 g/L.

Se evaluaron dos catalizadores básicos: el OHNa y OHK. Por lo que, el número de experiencias total fue de 48. Al factor **CCA**, lo llamamos **Na** cuando el catalizador usado fue el OHNa y **K** cuando el catalizador fue OHK.

Los cuatro niveles de los factores seleccionados para las relaciones molares ETANOL:ACEITE fueron: 4:1; 6:1, 8:1, 10:1.

La variable respuesta considerada fue la obtención de biodiesel **(BIO)**, mediante la observación visual de la aparición de dos fases. Esta fue evaluada de manera semicualititativa.

2.2. Procedimiento para la obtención de biodiesel

El procedimiento, a escala laboratorio, se realizó a partir de aceite comercial. Particularmente un aceite de girasol adquirido que posee una composición media de ácidos grasos por cada 100 g de:

20,2 g. de ácidos grasos mono insaturados.
63,3 g. de ácidos grasos poli insaturados.
11,9 g. de ácidos grasos saturados.
36,8% de ácido linoleico.
11,2 % de ácido oleico.

Según el procedimiento aprobado se procedió a la titulación con OHNa 1g/L de una muestra de aceite de 1 mL disuelta en alcohol isopropílico, a efectos de conocer la cantidad adicional a la teórica de catalizador para llevar a cabo la reacción con su valor más bajo. Todo el procedimiento se realizó bajo campana de extracción de gases.

Las experiencias prácticas se realizaron en tubos de ensayo sin agitación a diferentes relaciones molares etanol:aceite (4, 6, 8 y 10 a 1) y diferentes cantidades de catalizador básico (4, 6, 8 y 10 g/L) a temperatura constante de 54 °C.

En función del volumen de aceite a tratar se realizaron los cálculos que permitieron adicionar las cantidades de OHNa y los volúmenes de alcohol deshidratado (según el diseño experimental).

Se dispuso un volumen de 5 ml de aceite por tubo y se colocaron en baño a 54 °C. Se disolvió el catalizador en el alcohol y luego se adicionó a cada tubo y se cerraron con tapones bacteriológicos.

Se mantuvo la temperatura durante las 2 h que duró la experiencia, luego se retiraron del baño y se los dejo a temperatura ambiente, a los diez minutos de terminada la experiencia se realizó la evaluación visual de la misma.

Con los resultados analizados de estas experiencias, se diseñó una nueva, a una escala mayor utilizando un frasco de vidrio de 300 ml de capacidad y con agitación mecánica. Para ello, se montó el equipo para tratar 1 litro de aceite con los valores de etanol y OHNa determinados previamente, manteniendo la temperatura a 53–56 °C y una agitación enérgica durante 1 hora. El equipo utilizado se muestra en la Figura 1.

Al finalizar se distribuyó el volumen en ampollas de decantación dónde se mantuvo por 24 h antes de separar las fases.

Fig. 1. Sistema frasco reactor para obtención de Biodiesel

2.3. Evaluación de resultados

El análisis estadístico utilizado a los efectos de evaluar los resultados obtenidos en las 18 corridas fue el ANALIS DE VARIANZA (ANOVA), con interacción de orden dos.

Los niveles de los dos factores seleccionados: Relación molar alcohol:eceite y concentración del catalizador, se muestran en la Tabla 1.

Los factores se codificaron de acuerdo a la Ec. (1).

$$x_i = \frac{F_i - (F_{alta} + F_{baja})/2}{(F_{alta} - F_{baja})/2} \qquad (1)$$

Donde x_i representa la i-ésima variable codificada del factor F_i.

Tabla 1: Niveles de los factores incluidos en el diseño 4 x 3

Niveles	**(OI)** (Relacion molar Alcohol:Aceite)	**CCA** (gramos/Litro)
-1	4:1	4
-0,33	6:1	--------
0	----------	6
+0,33	8:1	--------
-1	10:1	8

La variable respuesta que se consideró fue la obtención de biodiesel, a las 2 h de iniciada la reacción de transesterificación, a través de la aparición de dos fases inmiscibles en la solución contenida en los tubos de ensayo.

Por lo tanto, la variable respuesta (*Bio = y*) sobre la que se analizó el efecto de los factores antes mencionados fue categorizadas con los números **0, 1, 2 y 3**. El **0 (cero)** se utilizó en el caso de no producirse aparición de dos fases y los números **1** al **3** cuando habiéndose producido las dos fases, hay diferencias de cantidad según lo observado en cada tubo de ensayo. Indicando el **3**, la mayor cantidad y el **1** la menor cantidad.

A los efectos de visualizar el análisis ANOVA, se hace una representación de los resultados mediante el Grafico de Pareto y el de Superficies de Respuestas.

3. Resultados y discusión

Las condiciones experimentales de los ensayos realizados, con sus valores codificados, y la respuesta obtenida se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores codificados utilizados en el Diseño Experimental factorial 3x4 y la respuesta obtenida, utilizando OHNa como catalizador

Ensayo	Ol	Na (OHNa)	BIO
1	-1	+1	0
2	-1	-1	3
3	-1	0	3
4	-0,33	+1	0
5	-0,33	-1	3
6	-0,33	0	3
7	+0,33	+1	1
8	+0,33	-1	3
9	+0,33	0	2
10	+1	+1	0
11	+1	-1	2
12	+1	0	1
13	-1	+1	0
14	-1	-1	3
15	-1	0	3
16	-0,33	+1	0
17	-0,33	-1	3
18	-0,33	0	3
19	+0,33	+1	0
20	+0,33	-1	2
21	+0,33	0	2
22	+1	+1	0
23	+1	-1	1
24	+1	0	1

Tabla 4. Valores codificados utilizados en el Diseño Experimental factorial 3x4 y la respuesta obtenida, utilizando K(OH) como catalizador

De acuerdo a los resultados obtenidos, las experiencias desarrolladas utilizando OHK como catalizador no dieron respuesta positiva, lo que indicaría que debemos repetir el ensayo sumando agitación al mismo. Por lo tanto solo se analizó estadísticamente las experiencias realizadas empleando OHNa como catalizador, y no se muestra la tabla del diseño experimental realizada para el OHK.

A partir de los resultados del análisis de varianza del diseño 4 x 3, observados en la tabla ANOVA (Tabla 3), se deduce que tanto los dos factores principales como sus interacciones son estadísticamente significativos (valor p menor que 0,05).

Tabla 3. Análisis de Varianza para el diseño de experiencia

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	F	Valor p
A (Ol)	4,40833	1	4,40833	24,67	0.0001
B (Na)	22,5625	1	22,5625	126,28	0,0000
AA	1,04167	1	1,04167	5,83	0,0273
AB	1,5125	1	1,5125	8,47	0,0098
BB	4,6875	1	4,6875	26,23	0,0001
Bloque	0,375	1	0,375	2,10	0,1656
Error total	3,0375	17	0,178676		
Total (corr.)	37,625	23			

Una representación gráfica de la tabla de ANOVA es el Pareto que se muestra en la Fig. 2. Las barras representan los efectos estandarizados de cada factor y aquellos que sobrepasan la recta vertical cercana al valor 2 son estadísticamente significativos. Estas barras además, dan una idea de la influencia final de los factores sobre la respuesta, producción de biodiesel. Debido a la presencia de interacciones significativas, el efecto que ejerce un factor es dependiente del nivel al que se encuentra el otro factor

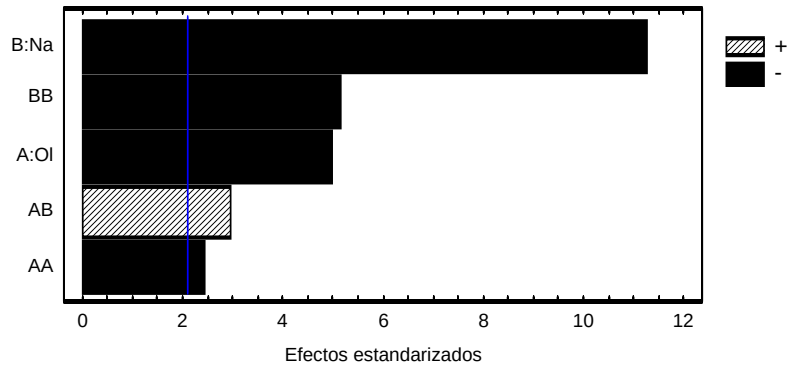


Fig. 2. Gráfico Pareto: Influencia de los efectos estandarizados sobre la producción de biodiesel

En el grafico se observa, que los dos factores principales (concentración de etanol y del OHNa influyen de manera negativa en producción de biodiesel, esto significa que a menor valor del factor, mayor valor en la producción del biocombustible. De la misma forma influyen los cuadrados de los factores Na y de Ol, esto es AA y BB. En cambio, la interacción catalizador-etanol actúa positivamente en la producción de biodiesel.

Desde otra perspectiva, para evaluar la mejor respuesta encontrada en el rango de condiciones experimentales ensayadas, se realizó el gráfico de superficie de respuesta en función de los factores estudiados, la que se presenta en la Fig. 3.

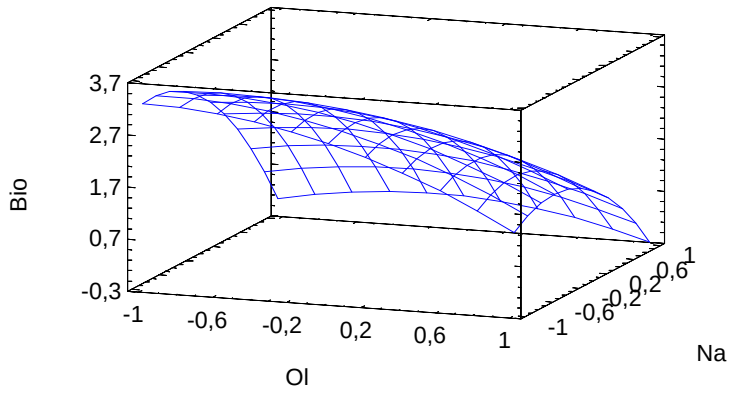


Fig. 3. Superficie de respuesta estimada para la producción de biodiesel en función de la Humedad y la Granulometría del grano de maíz

De la observación del gráfico de la Fig. 5 surge que, las mejores producciones de biodiesel en el proceso desarrollado en las experiencias a nivel laboratorio, se obtiene para los niveles más bajos de la relaciones Etanol:Aceite (4:1 y 6:1) y Catalizador (4 g/L).

En la Figura 4 se muestra la ampolla de decantación con las dos fases obtenidas, en el ensayo a mayor escala.

Fig. 4. Ampolla de decantación a los 30 minutos de realizada la carga con la el producto de la mezcla de la reacción de transesterificación

4. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, las dos variables estudiadas son estadísticamente significativas Estableciendo además que, ambos tienen una influencia negativa, es decir para menores valores de ellos, mayores producciones de Biodiesel.

Sus interacciones también son significativas, es decir que el efecto que ejerce un factor es dependiente del nivel al que se encuentra el otro factor.

Los valores para los cuales se obtuvieron los mejores resultados corresponden a las relaciones molares de etanol: aceite entre 4 y 6, y para una concentración de Na(OH) de 4 g/L.

Referencias

Bartsch, C. (2005). *Revolución del motor diesel: desarrollo de la inyección directa*. Ediciones Ceac. Barcelona. Capítulo 1.

Benjumea H., Pedro N.; Agudelo S., John R.; Cano, Gabriel Jaime. (2004). Estudio experimental de las variables que afectan la reacción de transesterificación del aceite crudo de palma para la producción de biodiesel. *Scientia Et Technica*, Mayo-Sin mes, 169-174.

Castillo, ; et al. (2011). Obtención de Biodiesel a partir de Aceite de Jatropha Curcas L por Transesterificacion Etanolica. *Investigaciones Aplicadas* N^{o} 9, 34-41.

Fangrui M., Milford A. H. (1999). Biodiesel production: a review. *Bioresource Technology 70,* 1,15

Melero J. A., Gemma V., Paniagua M., Morales G., Muñoz P. (2012). Etherification of biodiesel-derived glycerol with ethanol for fuel formulation over sulfonic modified catalysts. *Bioresource Technology* 103 142–151

Qiang L.,Jingyang X.,WeiDu N., Yang L., Dehua L. (2013) Renewable and Sustainable Energy Reviews. *RenewableandSustainableEnergyReviews* 25, 742–748.

Rojas Gonzalez, A. F., Giron Gallego, E. Y Torres Castaneda, H. G. (2009).Variables de operación en el proceso de transesterificación de aceites vegetales: una revisión - catálisis química. *Ing. Investig*.[online]., vol.29, N^{o}3 [cited 2013-10-08], 17-22. Available from: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092009000300003&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0120-5609

Zuleta, E., Bonet, J., Díaz, L., Bastidas, M., (2007). Obtención de Biodiesel por Transesterificación de Aceite Crudo de Palma Africana (Elais Guineensis) con Etanol. *Energética,* Diciembre, 47-53.

COMPACTADOR DE DESECHOS A ENERGÍA SOLAR Y PANTALLA DE LED INTERACTIVA

Manno Roberto[1], Bortis Carlos[1], Malinovsky Nicolás[1], Sabbatini Pedro[1], Carlos Urani[1], Analía Becker[2,3], Marta Rodriguez[3]

1. Facultad de Ingeniería – UNRC – Ruta 36 Km 601 C.P. 5800 – Río Cuarto
2. Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales – UNRC - Ruta 36 Km 601 C.P. 5800 – Río Cuarto.
3. IPCiencias Básicas y Aplicadas – UNVM – Campus Universitario – Arturo Jaureche 1555 – C.P.5900 – Villa María.
Tel. / Fax: 0358-4676246 e-mail: rmanno@ing.unrc.edu.ar, cbortis@ing.unrc.edu.ar, abecker@unmv.edu.ar,

Resumen

Este artículo presenta los resultados del diseño de un cesto para el almacenado de residuos, tales como desechos industriales, domésticos y otros susceptibles de reducir su volumen por compactado. Para su funcionamiento se utiliza energía solar fotovoltaica y a la electrónica asociada se le ha agregado un cargador de baterías para teléfonos celulares y para alimentar un monitor de tecnología LED que brindan informaciones útiles y publicidad. Además, incluye un sistema de comunicación por internet (WiFi) con una central recolectora a fin de informar cuando está en condiciones de ser vaciado. Para la recolección se utilizan bolsas descartables que se introducen en un recinto estanco, donde son compactados por la acción de un crique mecánico. El sistema ofrece ventajas tales como: un significativo aumento del período de recolección de bolsas debido a la optimización del uso de las mismas, una disminución de la contaminación medioambiental al ser un dispositivo más estanco, el monitoreo del estado de llenado, además posibilita la comunicación con el ciudadano, prestaciones del tipo de mapas interactivos, no utiliza energía de la red debido a que es alimentado a través de energía solar, permite una adecuación en la logística de recolección de residuos a través de la comunicación con el centro de control y además se evita el rebase de los cestos de basura de la vía pública, entre otras.

Palabras claves: Compactador, Energía Solar Fotovoltaica, Baterías de Celulares, Pantalla de LED.

Abstract

This article presents the results of the design of a basket for storage of waste, such as industrial waste, domestic and other susceptible compacted to reduce its volume. To operate use solar PV and the associated electronics has been added a battery charger for cell phones and to power a LED monitor technology that provide useful information and advertising. It also includes a system for Internet communication (WiFi) to a central collector to report when it is able to be emptied. Use disposable bags that are placed in a sealed chamber where they are compacted by the mechanical action of a crique, for collecting. The system offers advantages such as a significant increase bags collection period due to optimization of the use of the same, a decrease of environmental pollution to be a more watertight device, monitoring the filling state also allows communication with citizens, performance interactive maps type, do not use power from the grid because it is powered by solar

energy, allowing an adjustment in the logistics of waste collection through communication with the control center and also overshoot is avoided trash cans in the street, among others.

Keywords: Compactor, Solar Photovoltaic, Cell Batteries, LED display.

INTRODUCCIÓN

El querer cuidar el medioambiente ha sido siempre un problema y se ha convertido en una necesidad a nivel mundial.El tratamiento que se les da a los residuos, desde el momento que se generan hasta su destino final, es una de las mayores preocupaciones. Para el traslado y procesamiento de los mismos, es de suma importancia el volumen ya que de ello depende el servicio de recolección. Con una compactadora automática se podrían aplastar los desechos con lo que se disminuiría el volumen de los residuos, y la gente imposibilitada de prensar un envase con sus propias manos, podría también sumarse a una reducción de volumen de los residuos.

La firma BMW Design works USA ha diseñado un compactador de uso domiciliario para ser utilizado con botellas de plástico y latas de aluminio. Sólo basta con ubicar la botella o lata en el compartimento adecuado y presionar el pedal para que el compactador realice su trabajo. También cuenta con compartimentos especiales para depositar los demás materiales que se pueden reciclar como papel, vidrio, etc. El compactador posee en su interior un tacho en donde se van almacenando todos los productos reciclados. La idea es muy buena pero para ello requiere de mucho espacio, tanto como incorporar otro depósito de basura en el espacio destinado para ello.

El sistema PET Crusher es más sofisticado que el anterior, ya que tritura las botellas de plástico y las almacena en una bolsa. Las botellas son introducidas por un tobogán superior donde las reciben unas palas que las aplastan y las trituran hasta reducirlas en 3/4 partes del volumen original. Un inconveniente grande es que no aplasta latas de aluminio, precisa de energía eléctrica y a pesar de estar pensado para un uso en lugares donde se producen muchos residuos de este tipo, es tan grande como una persona.

Existe una compactadora doméstica que es un dispositivo que funciona presionando un pedal para aplastamiento de recipientes compresibles, en particular de plástico, de metal o de cartón. Este compactador es de uso doméstico, sencillo y no muy complicado de llevar a cabo su diseño.

En este caso se diseñó un sistema que recoge las ideas básicas anteriormente, mencionadas, pero desarrolla alternativas en el diseño que lo hacen más versátil e incorpora otras prestaciones.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema está contenido dentro de un gabinete metálico con dos puertas de acceso, una clapeta o compuerta para el ingreso de la basura por parte del usuario, el dispositivo moto-reductor, los émbolos y plataforma de compactación. La bolsa se coloca en un contenedor que está vinculado a una de las puertas de acceso, como se aprecia en la figura 1. Dos baterías y una CPU, de control y comunicación, están alojadas también en su interior; en su exterior y mediante los soportes respectivos, está montado un monitor de tecnología Led, interactivo, accesible para el ciudadano y en su parte superior dos paneles de celdas solares que constituyen el sistema primario de alimentación del conjunto.

Compactador

Este dispositivo está compuesto por un cesto donde se ubica la bolsa recolectora y un sistema de prensado accionado por un moto-reductor de corriente continua. Según cálculos y ensayos realizados, la fuerza necesaria para la compactación es de alrededor 45kg, el tiempo estimado para realizar la operación es de 20s y el recorrido es de 50Cm, por lo que la potencia necesaria es de 15W [Maclasa].

$$Potencia\ de\ compactación = \frac{F \times d}{t} = \frac{45kg \times 0{,}5m}{20s} = 1{,}125\ \frac{kg\ m}{s}$$

$$Potencia\ de\ compactación = 1{,}125\ \frac{kg\ m}{s} = 15W$$

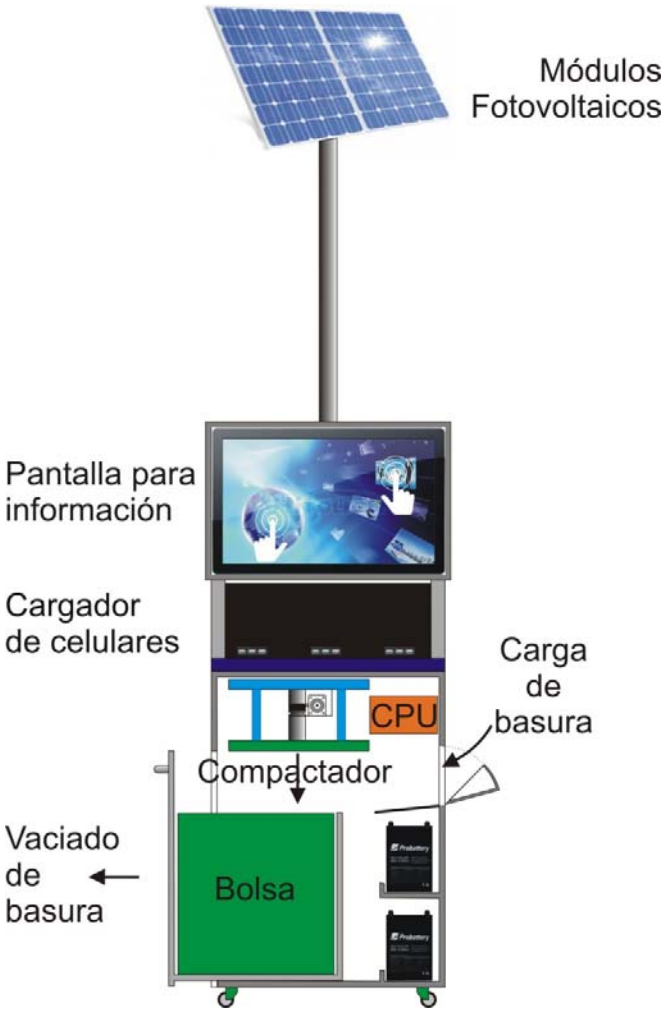


Figura 1.Compactador de basura.

Teniendo en cuenta el mecanismo reductor de velocidad y un factor de seguridad ycomo se trata de un sistema alimentado por energía alternativa donde lo que debe evitarse son sistemas de conversión innecesarios a fin de eliminar pérdidas, se seleccionó un moto reductorZD 2732150W 24V, el mismo tiene una torsión de 95Nm y posee doblevelocidad: de 25 y 35 RPM y se muestra en la Figura 2. Este sistema está asociado a los émbolos mediante engranaje y cremallera.

Figura 2. Motor ZD 2732150W 24V.

El conjunto de compactación incluye además los fines de carrera respectivos, que limitan el recorrido de la plataforma y de inversión de giro para cumplimentar los recorridos de bajada y subida y la posición de reposo. Estas señales de fin de carrera ingresan como entradas digitales a la CPU las que opera sobre las salidas de potencia para accionar el moto-reductor.

Pantalla

Para que el usuario pueda acceder a la información disponible, se seleccionó una pantalla táctil de View Soniccon iluminación LED denominada TD2220. Es de 22” y está equipado con una avanzada tecnología táctil óptica de doble punto junto a una superficie capaz de soportar arañazos de hasta nivel 8H, algo que mantendrá la pantalla con gran facilidad libre de inoportunas marcas. La superficie está tratada para repeler el polvo a la vez que puede ser usada con los dedos, un stylus o incluso con guantes en la mano.Cuenta con conexiones DVI y VGA y conectividad USB que permite auto-configurarse bajo Windows para poder hacer uso del sistema táctil [Viewsonic].

Módulo FV y acumulador

Para alimentar el sistema, se calculó el subsistema de captación y el de acumulación de acuerdo al perfil de carga para una autonomía de 5 días, que son las estipuladas como días seguidos de poca o nula radiación en nuestra región.

Un proyecto de instalación FV es similar aformular un proyecto eléctrico convencional, pero con ladiferencia que se deberá extremar los detalles del consumo. Aquíse debe considerar los elementos y artefactos eléctricos a utilizar, cantidad y consumo de c/u, Hs de utilización por día y finalmente, realizar la sumatoria al final.

Tabla 1. Perfil de carga.

Item	Dispositivo	Cantidad	Potencia [W]	Pot. Total [W]	Hs/Día	W.Hs/Día
1	Motor	1	20	20	1/12	1,67
2	Pantalla Encendida	1	26	26	5	130
3	Pantalla stand by	1	0,3	0,3	19	5,7
4	Gargador	3	2,5	7,5	1	7,5
5	Iluminacion	2	4	8	1	8
6	CPU	1	5	5	5	25
7	CPU stand by	1	0,3	0,3	19	5,7
Potencia Total [W.Hs/Día]						183,57

A la potencia total se la incrementa un 20%, contemplando así, la caída de tensión, pérdidas en baterías, consumo interno de los elementos a utilizar, además se considera el momento más desfavorable, que es en invierno, donde llega menos irradiación, otras pérdidas, etc. [E. Bonnet, 2010]. Entonces:

$$Potencia\ Total = 1{,}2 \times 183{,}57 = 220\ \frac{W \times Hs}{Día}$$

Para el cálculo de la cantidad de paneles fotovoltaicos se elige el módulo Solartec de 40W. Se divide la potencia total demandada sobre la potencia que entrega el panel elegido:

$$N.P. = \frac{Potencia\ Total}{Potencia\ Panel \times H.S.P.} = \frac{220}{40 \times 4} = 1{,}37 \cong 2\ Paneles$$

Regulador de voltaje

Se selecciona un regulador de voltaje Power Inverter con detección automática de voltaje batería, display LCD con función mppt (máximum power point tracking) [Power inverter].

Acumulador

Para determinar la cantidad de baterías necesarias, para nuestra región, se consideró una autonomía de 5 días de poca o nularadiación solar. De esta manera, y debido que el voltaje de funcionamiento es de 24V, la capacidad de las baterías es de:

$$Capacidad = \frac{Potencia\ Total}{Tensión\ Nominal} \times Autonomía = \frac{220\ \frac{W \times Hs}{Día}}{24\ V} \times 5\ Días = 45{,}83\ AH$$

Por lo tanto se emplearon dos baterías en serie de 12V/50AH.

Plataforma de comunicación implementada

La plataforma de comunicación entre lascompactadoras y la central de recolección está constituida por una CPU que se comunica mediante internet con el servidor de dicha central.

La CPU utilizada es la BeagleBoard-XM que integra un procesador ARM Cortex-A8 y 512 MB de memoria RAM DDR de bajo consumo de energía. Su diseño incluye salidas de video, entradas y salidas de audio, conexiones USB, entre otras. Como se observa en la Figura 3.

Figura 3.Tarjeta BeagleBoard-XM utilizada como CPU.

El módulo utilizado para que la CPU se comunique vía internet es el USB WiFi Module For Raspberry Pi and Beagle Bone (Figura 4).

Figura 4. Módulo WiFi de conexión USB.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema está en fase de diseño, con algunas unidades en fase de prototipo. Se espera finalizar los planos y documentos asociados a fin de finalizar con la implementación del prototipo final.

Aunque el sistema posee una alimentación independiente de la red, es posible con un dispositivo simple a que posea un sistema de alimentación híbrido.

CONCLUSIONES

El sistema, en fase de desarrollo, presenta interesantes ventajas para mejorar la logística del proceso de recolección de residuos en la vía pública. Optimiza el uso de las bolsas descartables, aumenta el tiempo entre recolecciones de bolsas e informa cuando ésta necesita ser retirada. Por estar en un contenedor de mayor estanqueidad evita la presencia de insectos y malos olores, eliminando la contaminación del medioambiente.

Aporta posibilidades múltiples de comunicación con el ciudadano, mediante mapas interactivos permite ubicar lugares públicos, calles, recorridos y horarios de transportes, etc.

Estas son algunas de las prestaciones iniciales, pero como puede analizarse son muchísimas más la que el sistema otorga.

El sistema de alimentación aislado de la red, permite una independencia para seleccionar el lugar de instalación de los compactadores, como así también, puede ser utilizado conectados a la red eléctrica o sistemas híbridos donde se disponga de la misma.

Uno de los inconvenientes, como todo sistema público a tener en cuenta, para su diseño, son los actos de vandalismo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con el apoyo del proyecto de Investigación PPI-UNRC.

BIBLIOGRAFIA

http://www.maclasa.com/conversor/conversor.htm

http://www.hd-tecnologia.com/viewsonic-monitor-pantalla-tactil-led-td2220/

Eugenio Bonnet, “Energía Solar” Su Aprovechamiento Practico, 2010

http://www.powerinverter.cl/index.php?route=product/product&product_id=140

http://patentados.com/invento/cubo-de-basura-equipado-con-un-dispositivo-de-compactado-de-desechos.html

http://www.espatentes.com/pdf/1013383_u.pdf

http://www.controlpack.com/product_info.php/cPath/28_318/products_id/6791

http://www.thegreenhead.com/2009/01/ultimate-trash-compactor.php

http://www.americanappliancehvac.com/appliances/other-appliances/

Tema 8: Derecho Ambiental - Salud y Ambiente - Ambiente Global

- PRINCIPIOS PARA LA DISPOSICIÓN AMBIENTALMENTE ADECUADA DE LOS TUBOS FLUORESCENTES OBSOLETOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DELTA
- EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DE ESCUELAS Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PROVINCIA DE CATAMARCA 2012-2013
- LA “ATÓMICA” DE ALTA CÓRDOBA. LA DEGRADACIÓN Y EL MANEJO DEL MEDIO AMBIENTE URBANO EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA
- LA PROBLEMÁTICA DE LOS AGROQUÍMICOS Y SUS ENVASES, INCIDENCIA EN LA SALUD DE LOS PRODUCTORES Y EN EL AMBIENTE
- CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA Y DETECCIÓN DE ATRAZINA EN AGUA SUBTERRÁNEA DE LA CUENCA LECHERA DE VILLA MARÍA, CÓRDOBA, ARGENTINA
- ELIMINACIÓN DE NITRITOS Y NITRATOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

PRINCIPIOS PARA LA DISPOSICIÓN AMBIENTALMENTE ADECUADA DE LOS TUBOS FLUORESCENTES OBSOLETOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DELTA

Jorge R. Parente, Luis N. Leanza

"U.T.N. Facultad Regional Delta"; Centro de Investigación C.I.D.E.A.
San Martín 1171 – (2804) Campana – Buenos Aires – Argentina
T.E./Fax : 54-03489-420249/420400/422018/437617
E-mail: leanzal@frd.utn.edu.ar / parentej@frd.utn.edu.ar

RESUMEN

Considerando que los tubos fluorescentes que han finalizado su vida útil son residuos peligrosos por la presencia de metales pesados, fundamentalmente mercurio, el objetivo de este trabajo es establecer la contaminación potencial que pudieran generar los mismos si no son dispuestos adecuadamente, determinar el camino a seguir para evitar esta posibilidad de contaminación desde el punto de vista legal y establecer el costo que implica el tratamiento de los mismos en las empresas especializadas para la disposición ambientalmente adecuada de los residuos peligrosos. Para el estudio técnico y económico se ha contabilizado el total de tubos fluorescentes instalados en nuestra facultad, separándolos conforme a la función a la cual están afectados. Se descartan aproximadamente 90 tubos fluorescentes por año lo que implica enviar anualmente a disposición final 3,15 g de mercurio, 2,7 g de antimonio, 0,94 g de plomo y 5,4 g de bario. Dada las características de cada uno de estos metales, para nuestro análisis se ha tomado el mercurio ya que es el más importante por su nivel de toxicidad, pudiendo contaminar nuestra casa de altos estudios algo más de 3000 metros cúbicos anuales de agua potable conforme al criterio de calidad de agua de la OMS. Se concluye que desde un ámbito educativo, y fundamentalmente universitario, se hace necesario cumplir con los requisitos planteados para la disposición de residuos peligrosos, o sea el tratamiento en una empresa especializada, en lugar de disponerlos con los residuos sólidos urbanos, demostrando que los costos de tratamiento son totalmente accesibles, más aún considerando que sirven a la preservación de la salud y el medio ambiente.

Palabras Clave: Tubos fluorescentes residuales / Metales pesados / Mercurio / Residuos Peligrosos / Tratamiento en empresas especializadas

ABSTRACT: Whereas fluorescent tubes that have completed their useful life are hazardous by the presence of heavy metals, mainly mercury, the aim of this work is to establish the potential pollution that could generate the same if not disposed properly, determine the way forward to avoid this possibility of contamination from the legal point of view and set the costs involved in their treatment in the specialized companies for environmentally sound disposal of hazardous waste. For technical and economic study was posted total fluorescent tubes installed in our faculty,

separating them according to the function to which they are affected. Discarded fluorescent approximately 90 per year implying disposal annually to 3.15 g of mercury, antimony 2.7 g, 0.94 g and 5.4 g lead barium. Given the characteristics of each of these metals, for our analysis, mercury is taken as it is the most important for their toxicity, may contaminate our house of higher learning more than 3000 cubic meters of potable water under water quality criteria of WHO. In conclusion, from an educational, and essentially academic, it is necessary to meet the stated requirements for hazardous waste disposal, or treatment in a specialized company, rather than arrange with municipal solid waste, showing that the costs treatment are fully accessible, especially considering that serve the preservation of health and the environment.

Keywords: Residual fluorescent tubes– Heavy metals – Mercury – Hazardous waste – Environmental ethics – Treatment in specialized companies.

INTRODUCCION

Los tubos fluorescentes, que son inofensivos durante su vida útil, pasan a ser residuos especiales o peligrosos cuando se agota su dicha vida útil, o sea cuando deben ser descartados y arrojados como desechos. Los residuos peligrosos o especiales según el Programa de Medio Ambiente de la ONU del año 1985 son residuos (sólidos, barros, líquidos y gases contenidos) diferentes a los radiactivos (e infecciosos) los cuales por razón de su actividad química o tóxica, corrosiva, u otras características, cause o pueda causar peligro para la salud o el medio ambiente, sea solo o cuando toma contacto con otro residuo (Domínguez, 2005).

El objetivo de este trabajo es establecer la contaminación potencial que pudieran generar los tubos fluorescentes que han quedado obsoletos ya que los mismos se convierten en residuos peligrosos.

A tal efecto se establecerán indicadores que permitan visualizar el grado de contaminación si los tubos descartados no son dispuestos adecuadamente.

Determinar el camino a seguir para evitar esta posibilidad de contaminación desde el punto de vista legal, o sea adecuándolos a las normativas vigentes para este tipo de residuos.

Establecer el costo que implica el tratamiento de los mismos, tal como establece la ley, en las empresas especializadas para tratar residuos peligrosos.

Tradicionalmente los ingenieros pudieron ejercer su profesión sin tener que atender a la ética ambiental con la profundidad que se requiere actualmente. La ética ambiental se preocupa de la actitud de las personas hacia otros seres vivos y hacia el medio natural. A los ingenieros no se les forma todavía para ocuparse y entender la ética ambiental (Kiely, 1999). Sin embargo se está convirtiendo rápidamente en una necesidad. Por ello, en la enseñanza que reciben nuestros alumnos de ingeniería, hemos considerado un importante aporte para la creación de una conciencia ambiental, fundamentalmente en lo referente a residuos peligrosos.

Para conocer los problemas de salud asociados a la presencia de residuos peligrosos se debe establecer una relación causa-efecto entre contaminación y efectos sobre la salud por lo que se hace necesario estudiar las rutas de exposición.

Según la Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades del Departamento de Salud Pública de los Estados Unidos ATSDR (INET-GTZ, 2003) la ruta de exposición se compone de cinco elementos:

- Fuentes de contaminación o sitios de residuos peligrosos, que en general son los basurales y vertederos no controlados.

- Medios de transporte de contaminantes como son aire, agua, suelo, alimentos, etc.

- Puntos de exposición o lugares donde ocurre el contacto del hombre con el contaminante, como por ejemplo, los lugares donde los recolectores extraen el material recuperable desde los residuos o en los mismos camiones donde los trabajadores manipulan los desperdicios sin elementos de protección personal.

- Vías de exposición como lo son las vías respiratorias para los contaminantes del aire, la vía dérmica para contaminantes que son absorbidos por la piel como por ejemplo compuestos metal-orgánicos. En el caso de la radiación la exposición es total.

- Población receptora o sea los grupos humanos afectados. El tiempo de exposición y la cantidad de residuos peligrosos, así como la vulnerabilidad de la población expuesta, son los factores que más influyen en la magnitud de los efectos sobre la salud humana.

Entre los contaminantes peligrosos de reconocida toxicidad que se podrían encontrar en los lugares de disposición final de residuos sólidos podemos distinguir plaguicidas, disolventes, residuos infecciosos y metales. Entre estos últimos podemos distinguir fundamentalmente plomo, arsénico, mercurio, cadmio, cromo, níquel.

Considerando los efectos de cada uno de los grupos de sustancias mencionados prácticamente todas ellas pueden, potencialmente, afectar a todos los órganos y sistemas del cuerpo humano. No obstante la ATSDR entrega una lista con siete condiciones de salud asociadas a este tipo de contaminación: anomalías inmunológicas, cáncer, daño reproductivo y defectos del nacimiento, enfermedades respiratorias y del pulmón, problemas del funcionamiento hepático, problemas de funcionamiento neurológico, problemas de funcionamiento renal. De estas las de mayor preocupación de la comunidad son el cáncer, los efectos neurotóxicos y defectos del nacimiento.

En los tubos fluorescentes la luz se produce por el paso de una corriente eléctrica a través de un vapor (mercurio). El arco de descarga que se forma excita enérgicamente los átomos de vapor, los cuales liberan esa energía en forma de luz. La radiación emitida por el mercurio corresponde al espectro visible y ultravioleta. Para transformar la radiación ultravioleta en luz visible los tubos se recubren interiormente con fósforo fluorescente.

A la hora del descarte, los tubos fluorescentes deben ser gestionados como residuos peligrosos debido a su contenido en mercurio y otros metales pesados. Si bien los materiales que componen los tubos fluorescentes varían entre los distintos fabricantes, en la Tabla Nº 1, se puede observar una composición aproximada, en cuanto a metales, de un tubo fluorescente (CONAMA / GTZ, 2006).

Tabla Nº 1 - Contenido de metales de un tubo fluorescente

Peso tubo (g)	Costo ($/unidad)	Mercurio (g/tubo)	Antimonio (g/tubo)	Plomo (g/tubo)	Bario (g/tubo)
200	7,15	0,035	0,030	0,0104	0,060

Los materiales de los tubos se encuentran dentro de un sistema cerrado, por lo cual su uso adecuado no representa riesgos o impactos sobre el medio ambiente o la salud. Dichos materiales entran en contacto con el medio ambiente solo en caso de rotura o destrucción, siendo el principal riesgo la liberación del mercurio.

El mercurio es una sustancia natural y un contaminante proveniente de diversas actividades industriales. Las concentraciones naturales en agua, suelo y en los peces (bioacumuladores) varían de una región a otra y son función de la composición de la roca madre a partir de la cual se genera el suelo y de las fuentes de contaminación existentes en el área.

Una vez liberado por actividades antrópicas al medio ambiente, el mercurio puede permanecer por mucho tiempo en la atmósfera antes de depositarse (mayoritariamente como mercurio elemental en fase vapor), lo que permite que este se transporte lejos de la fuente de emisión.

El mercurio ocasiona una amplia gama de efectos sistémicos en los seres humanos (riñones, hígado, estómago, intestino, pulmones y una especial sensibilidad del sistema nervioso), aunque varían con la forma química. Los microorganismos convierten el mercurio inorgánico en metilmercurio, una forma química muy tóxica, persistente y bioacumulable, y que además se absorbe fácilmente en el tracto gastrointestinal humano (US EPA, 1999). También actúa como un agente inhibidor de la actividad enzimática y puede provocar la aparición de malformaciones fetales. Asimismo es tóxico para las aves de rapiña y otras variedades de la fauna salvaje. También es responsable de lesiones foliares en las plantas y de reducir su crecimiento (Seoánez Calvo, 1997).

Los tubos fluorescentes residuales deben ser considerados en función de las leyes que regulan los residuos especiales (Ley 11720, 1995) o residuos peligrosos (Ley 24051, 1992).

MATERIALES Y METODOS

En primer lugar se ha contabilizado el total de tubos fluorescentes instalados en nuestra Facultad, separándolos conforme a la función a la cual están afectados. En la Tabla N° 2 se puede observar lo expuesto, destacando lo que involucra cada una de las cinco actividades en que se ha dividido.

- Académica: Aulas, Departamentos, Laboratorios, Biblioteca, etc.
- Extensión Universitaria: Oficinas, Aulas, Videoconferencia, Anfiteatro, Radio, etc.
- Investigación: Centros, Grupos, Talleres, Laboratorios, Aulas, etc.
- Administrativa: Recursos Humanos, Bedelía, Alumnos, Compras, Tesorería, Guardia, Obra Social. etc.
- Servicios: Iluminación externa, Baños, Mantenimiento, Fotocopiadora, Buffet, etc.

Tabla N° 2 – Horas anuales de encendido de cada tubo

Actividad	N° tubos	Porcentaje (%)	Horas diarias encendidos (horas/día)	Días semanales (días/semana)	Semanas anuales (semanas/año)	Horas anuales de encendido por tubo
Académica	940	54,02	12	5	46	2760
Extensión Universitaria	180	10,34	16	6	50	4800
Investigación	245	14,08	16	5	44	3520
Administrativa	190	10,92	12	5	52	3120
Servicios	185	10,64	8	6	52	2496
Total	1740	100,00	-	-	-	-

Los tubos fluorescentes instalados son tubos de bajo consumo de una potencia de 36 W y un flujo luminoso de 2350 lumen siendo entonces el rendimiento de los mismos de 65 lumen / watt.

A los efectos de obtener la cantidad aproximada que cada tubo permanece encendido anualmente se calcula el promedio ponderado del número de tubos por actividad y la cantidad de horas anuales de encendido de cada tubo.

$$(940)\times(2760)+(180)\times(4800)+(245)\times(3520)+(190)\times(3120)+(185)\times(2496)\div 1740=3089{,}2 \quad (1)$$

El resultado de la ecuación (1) corresponde a las horas anuales de encendido por cada tubo.

Para nuestros cálculos estimamos que solo el 50 % de los tubos instalados está encendido en forma permanente con lo cual nos queda 1544,6 horas.

Finalmente estimamos que cada tubo permanece encendido aproximadamente 1500 horas anuales.

La vida útil de los tubos fluorescentes puede variar con facilidad entre 5000 horas y más de 15000 horas, lo que depende de diversos factores tales como el tipo de tubo, el equipo complementario que se utilice con ella (reactancia electrónica o balasto y cebador o arrancador). También influye el uso ya que los encendidos y apagados constantes acortan notablemente su vida útil (Wikipedia, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSION

En función de lo expuesto consideraremos que los tubos pueden tener una vida útil entre 1500 horas y 30000 horas por lo que en términos de la vida útil de años por tubo nos queda que los mismos pueden quedar obsoletos en 1 a 20 años. La probabilidad de que queden obsoletos en cada uno de los 20 años es 1 / 20 = 0,05. Por lo tanto la estimación es que anualmente quedarán descartados 87 tubos.

Sin embargo los tubos nuevos que se vayan reponiendo también tendrán esta probabilidad por lo que finalmente estimamos en 90 tubos descartados por año.

La ley 11720 en su artículo 3° dice “serán residuos especiales los que pertenezcan a cualquiera de las categorías enumeradas en el Anexo I, a menos que no tenga ninguna de las características descriptas en el anexo II; y todo aquel residuo que posea sustancias o materias que figuren en el Anexo I en cantidades, concentraciones a determinar por la Autoridad de Aplicación, o de naturaleza tal que directa o indirectamente representen un riesgo para la salud o el medio ambiente.”

Considerando lo expuesto precedentemente los materiales de los tubos fluorescentes se encuentran dentro de un sistema cerrado, por lo cual su uso adecuado no representa riesgos o impactos sobre el medio ambiente o la salud. Dichos materiales entran en contacto con el medio ambiente solamente en caso de rotura o destrucción. El principal riesgo corresponde a la liberación de mercurio y otros metales pesados, situación que ocurrirá si los tubos de descarte son dispuestos en un vertedero de residuos urbanos, ya sea un basurero clandestino a cielo abierto o aún en un relleno sanitario.

Como ya se ha dicho los tubos fluorescentes obsoletos deben ser gestionados como residuos peligrosos. El contenido de metales de cada tubo fue especificado en la Tabla Nº 1.

Los metales pesados mercurio, antimonio y plomo son considerados por la Ley de residuos especiales como desechos que tengan como constituyentes estos metales y deben ser controlados. Se especifica lo indicado en el anexo I de la Ley de Residuos Especiales 11720.

Y) 27. Antimonio, compuestos de antimonio
Y) 29. Mercurio. Compuestos de Mercurio
Y) 31. Plomo. Compuestos del plomo

Si bien el metal Bario no está considerado entre los metales o sus compuestos dentro de la Ley 11720 es considerado como parámetro de calidad de las descargas límites admisibles.

Por otra parte el sistema de eliminación de partículas tiene que seguir específicamente la lista de la EPA de Estados Unidos donde vienen regulados los niveles de emisión de los diez metales prioritarios dentro de los cuales se encuentran los cuatro que contienen los tubos fluorescentes. Estos diez metales son: arsénico, berilio, cadmio, cromo, antimonio, bario, plomo, mercurio, plata y talio (La Grega, 1996).

Además el decreto reglamentario de la Ley (decreto 806/97), en su artículo 26° dice “Los residuos volcados a cursos de agua, conducto pluvial, conductos cloacales o suelo, serán fiscalizados por la Autoridad de Aplicación del presente y no podrán, contener parámetros especiales en concentraciones o cantidades superiores a las fijadas por la misma. Hasta tanto la Autoridad de Aplicación de la presente fije sus propios estándares de calidad de descarga de efluentes líquidos, aplicará los valores de la resolución AGOSBA (resolución 287/90) en los casos que corresponda. Los residuos especiales que contengan parámetros no contemplados por la citada resolución, la Autoridad de Aplicación fijará los límites de descarga para cada caso específico.” Los límites establecidos para estos metales se muestran en la Tabla Nº 3.

Tabla Nº 3 - Parámetros de calidad de las descargas límites admisibles

Metal	Colectora cloacal (mg/L)	Conducto Pluvial o Cuerpo Superficial (mg/L)	Absorción por el suelo (mg/L)	Mar Abierto (mg/L)
Bario	N.E. (*)	2,100	1,000	2,000
Mercurio	0,02	0,005	Ausente	0,005
Plomo	2,00	0,100	Ausente	0,100

(*) N.E. significa que por el momento no se establecen límites permisibles.

Considerando estos límites la potencial contaminación generada por cada tubo fluorescente descartado y no eliminado adecuadamente se destaca en la Tabla Nº 4. Esta hipótesis se basa en que los tubos sean arrojados en cada una de las descargas mencionadas.

Tabla N° 4 – Contaminación potencial en vías de descarga provocada por un tubo fluorescente

Metal	Colectora cloacal (Litros)	Conducto Pluvial o Cuerpo Superficial (Litros)	Absorción por suelo - Contaminación de napa (Litros)	Mar Abierto (Litros)
Bario	N.E.	28	60	30
Mercurio	1750	7000	Absoluta	7000
Plomo	5	104	Absoluta	104

La Agencia Ambiental de Estados Unidos (EPA) catalogó ya en los años 80 a las lámparas que contienen mercurio como un residuo peligroso. Este mismo organismo demostró que su disposición en rellenos sanitarios no garantiza la no contaminación de las aguas subterráneas, a través de los lixiviados (Brugnoni, 2006). El mercurio es sumamente peligroso ya que tiene efectos bioacumulativos en toda la cadena trófica por lo cual es indispensable tomar precauciones.

Los criterios de calidad para agua potable (OMS, 1996) y las regulaciones internas primarias de los Estados Unidos (EPA, 2000) para los metales antimonio, bario, mercurio y plomo se pueden apreciar en la Tabla Nº 5.

Tabla Nº 5 – Criterios de calidad para el agua potable

Metal	Guidelines for Drinking Water Quality OMS, 1996 (mg/L)	Regulaciones Internas Primarias EPA, 2000 (mg/L)
Antimonio	0,005	0,006
Bario	0,700	2,000
Mercurio	0,001	0,002
Plomo	0,010	0,015

Considerando el contenido de estos metales en un tubo fluorescente la contaminación potencial del mismo para agua potable se observa en la Tabla N° 6.

Tabla Nº 6 – Contaminación potencial de agua potable por un tubo fluorescente

Metal	Drinking Water – Guía OMS (Litros)	Regulaciones Internas Primarias EPA (Litros)
Antimonio	6000	5000
Bario	86	30
Mercurio	35000	17500
Plomo	1040	693

Conforme a lo observado en las tablas anteriores la presencia de mercurio es la más perjudicial para la contaminación de cualquier tipo de agua, ya sea potable o como vía de descarga. Para el caso de nuestra facultad, de no disponer los tubos fluorescentes descartados como indica la ley para residuos peligrosos la potencial contaminación que estaríamos generando anualmente se puede observar en la Tabla N° 7. En la misma se toma la contaminación provocada por el mercurio ya que, como se dijo anteriormente, la sola presencia de este metal en el residuo generará la máxima contaminación.

Tabla N° 7 – Contaminación potencial anual por mercurio de tubos fluorescentes descartados en la Facultad Regional Delta

Colectora cloacal (Litros)	Conducto Pluvial o Cuerpo Superficial (Litros)	Absorción por suelo - Contaminación de napa (Litros)	Mar Abierto (Litros)	Drinking Water – Guía OMS (Litros)	Regulaciones Internas Primarias EPA (Litros)
157500	630000	Ausente	630000	3150000	1575000

Solo basta observar la tabla precedente para entender la importancia que adquiere la adecuada disposición de los tubos fluorescentes que son descartados. Ya que bajo ningún punto de vista los tubos fluorescentes deben ser dispuestos con los residuos urbanos se deberá proceder conforme a Ley siguiendo los siguientes pasos indicados: Almacenamiento, Manifiesto, Transporte y Tratamiento.

CONCLUSIONES

Nuestra Facultad de Ingeniería descarta aproximadamente 90 tubos fluorescentes por año lo que implica enviar anualmente a disposición final 3,15 g de mercurio, 2,7 g de antimonio, 0,94 g de plomo y 5,4 g de bario.

Dada las características de cada uno de estos metales, el mercurio es el más importante por su toxicidad, pudiendo contaminar nuestra Facultad algo más de 3000 metros cúbicos de agua potable conforme al criterio de calidad de agua de la OMS.

Es entonces necesario un tratamiento en empresas especializadas, siendo dicho tratamiento un procedimiento de inertización y posterior disposición en relleno de seguridad, a pesar que la normativa no obliga a los establecimientos educativos a tratar sus residuos peligrosos.

De acuerdo a la Tabla Nº1, el peso de cada tubo es de 200 g y el costo por unidad es de $7,15. Consultadas empresas especializadas de tratamiento de residuos especiales en la zona el costo del tratamiento es de 1,20 $/kg por lo que el costo total anual por la disposición ambientalmente adecuada de la totalidad de tubos es de solo $ 21,6 lo que representa el 3,35 % del costo de los tubos descartados y solo el 0,173 % del total de tubos instalados.

Considerando una vida útil media de 15000 horas la energía eléctrica consumida por los 90 tubos es de 48600 kWh, lo que representa un costo anual aproximado de $ 4928,04 considerando el cuadro tarifario de la distribuidora Provincial EDEN para consumos T3BT energía activa pico con subsidio (0,1014 $/kWh). El índice de costo de tratamiento es en este caso de solo el 0,43 % del costo de la energía eléctrica consumida.

Un establecimiento universitario no puede estar al margen de la peligrosidad que generan estos residuos y que además al considerar los bajos costos se concluye y se recomienda, ya que estamos hablando de unidades educativas que deben ser un ejemplo para la sociedad, que los mismos deben recibir la disposición adecuada.

Que es necesario hacerlo extensivo a todos los residuos peligrosos que generan nuestras unidades educativas por lo que se deberá hacer un estudio exhaustivo técnico y económico de cada uno de ellos, de tal manera que ningún residuo peligroso sea enviado con los residuos urbanos, sino que reciban el tratamiento que corresponda en cada caso.

La excepción de la inscripción en el Registro de Generadores de Residuos Especiales, como lo es en los ámbitos educativos, no exime a todo generador de dar un tratamiento y disposición final de sus residuos en forma ambientalmente adecuada

Dado que los tubos fluorescentes descartados no son los únicos residuos peligrosos generados también será importante instalar un debate acerca de la responsabilidad extendida. Greenpeace Internacional encargó el presente informe con el fin de indagar cómo se podría aplicar de manera efectiva el principio de responsabilidad extendida del productor (REP) en Argentina (Lindhqvist, 2008). Argentina puede aprovechar la experiencia de otros países que ya cuentan con leyes sobre la responsabilidad del productor (por ejemplo, la Unión Europea, y estados de los Estados Unidos) y que exigen la responsabilidad individual del productor (RIP), aprendiendo de ellos y contribuyendo a las tendencias crecientes y convergentes hacia políticas de REP que apuntan a ir más allá del manejo de los residuos. Los fabricantes internacionales de electrónica también tienen una vasta experiencia con programas de REP y RIP, y este conocimiento puede ser utilizado.

REFERENCIAS

Brugnoni Mario (2006) - Estudio de impacto en redes de distribución y medio ambiente debidos al uso intensivo de lámparas fluorescentes compactas. Ing. Mario Brugnoni, Ing. Rosana Iribarne, Grupo “Energía y Ambiente”, Facultad de Ingeniería, UBA. Dirección Nacional de Promoción, Secretaría de Energía.

CONAMA / GTZ (2006) – Proyecto CONAMA (Comisión Nacional de Medio Ambiente de Chile) - GTZ (Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit GmbH) – Gestión de Residuos Peligrosos en Chile.

Decreto 806/97 (1997) – Decreto reglamentario de la Ley de Residuos Especiales – Provincia de Buenos Aires.

Domínguez Oscar Roberto (2005) – Seminario sobre Gestión de Residuos Especiales - Maestría en Ingeniería Ambiental de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Delta – Buenos Aires - Argentina.

EPA, 2000 – Agencia de Protecciòn Ambiental de los Estados Unidos EPA. Estándares del Reglamento Nacional Primario de Agua Potable. EPA 815 – F – 00 – 007.

INET-GTZ (2003) – Gestión de Residuos sólidos, Técnica, Salud, Ambiente, Competencia - Proyecto INET (Instituto Nacional de Educación Tecnológica) – GTZ (Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit GmbH) – Colección Educar para el ambiente – Manual para el docente.

Kiely Gerard (1999) – Ingeniería Ambiental – Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión – pp. 10 – Mc Graw-Hill – Madrid - España.

LaGrega Michael D., Buckingham Phillip L. y Evans Jeffrey C. (1996) – Gestión de Residuos Tóxicos - pp. 876-877 - Mc Graw-Hill - Madrid - España.

Ley 11720 (1995) – De Residuos Especiales – De generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento, y disposición final de residuos especiales en el territorio de la Provincia de Buenos Aires – Anexo I y Anexo II – 2 de noviembre de 1995 – Provincia de Buenos Aires.

Ley 24051 (1992) – De Residuos Peligrosos – De generación, manipulación, transporte y tratamiento – Reglamentación de la Ley: Decreto 831 (03/05/1993) - Anexo I y Anexo II - 17 de enero de 1992 – Argentina.

Lindhqvist Thomas, Manomaivibool Panate, Tojo Naoko – La Responsabilidad extendida del productor en el contexto Latinoamericano – La gestión de residuos de aparatos elèctricos y electrónicos en Argentina - Lund University – Internacional Institute for Industrial Environmental Economics.

OMS, 1996 – Guidelines for Drinking Water Quality. Volume 2. Health criteria and other supporting information. Segunda Ediciòn - Ginebra.

Resolución N° 287 (1998) – Parámetros de calidad de las descargas Límites admisibles - Anexo I – Ministerio de Obras y Servicios Públicos - Provincia de Buenos Aires.

Seoánez Calvo Mariano (1997) – Ingeniería Medioambiental Aplicada – Casos Prácticos – Colección Ingeniería del Medio Ambiente – pp. 58 - Ediciones Mundi Prensa – Madrid – España.

US EPA (1999) – Hazardous waste management system; Modification of the hazardous waste program; Hazardous waste lamps; Final Rule. US EPA.

Wikipedia (2008) – Wikipedia, la enciclopedia libre – http://es.wikipedia.org.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DE ESCUELAS Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PROVINCIA DE CATAMARCA 2012-2013

Serenelli, Edith; Moya, Pablo; Paradela, Nadia; Bustos, María José; Baldibies, Cristina

1. Dirección de Laboratorio- Subsecretaria de Recursos Hídricos- Secretaria de Recursos Hídricos- Predio C.A.P.E. – Pabellón N° 41- Av. Venezuela S/N- Provincia de Catamarca- emilianocarignano@hotmail.com

RESUMEN

La potabilización del agua para consumo humano es determinante a los fines de prevenir enfermedades de origen hídrico. Catamarca está conformada por 16 departamentos donde los servicios de agua potable y cloaca de los departamentos Capital, Valle Viejo y Fray Mamerto Esquiú están concesionados por Aguas de Catamarca S.A.P.E.M., y los restantes están a cargo de la Dirección Provincial de Agua y Saneamiento, existiendo servicios operados por municipios y centros vecinales. El objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad bacteriológica, a través de indicadores de contaminación fecal, del agua de consumo en red de distribución y escuelas de Capital y zonas rurales de la Provincia durante los años 2012 y 2013. En el caso de las escuelas, previo a la toma de muestras, se realizó una Campaña Provincial de Limpieza y Desinfección de los Tanques de Agua. En el periodo de estudio se extrajeron 1256 muestras. Se determinó la presencia de bacterias Coliformes totales y Escherichia-coli, mediante la técnica de Membrana Filtrante. En el año 2012 de 168 muestras extraídas de escuelas los resultados indicaron un 30% de contaminación bacteriana, siendo aptas para consumo humano el 70%. Para un total de 349 muestras de agua de red, el 88% presentó contaminación y solo el 12 % cumplió con las Normas de Calidad. En el año 2103 sobre un total de 493 muestras de escuelas de toda la Provincia, el 47% de las mismas presentó contaminación y el 53% apta para consumo. De muestras de agua de red sobre un total de 246, el 70% presentó contaminación y el 30% se ajustó a la normativa vigente. Cronológicamente al desarrollo del estudio, se elaboraron informes con diagnósticos y recomendaciones de medidas correctivas a los establecimientos escolares y a los entes responsables de la prestación del servicio.

PALABRAS CLAVE: Calidad bacteriológica. Agua de red. Agua de escuelas.

ABSTRACT

The potable water for human consumption is crucial for the purpose of preventing water-borne diseases. Catamarca has 16 departments where potable water and sewer departments Capital, Valle Viejo and Fray Mamertus Esquiú are franchised by Aguas de Catamarca SAPEM, and the rest are in charge of the province's water and sanitation services exist operated by municipalities and neighborhood centers. The aim of this study was to determine the bacteriological quality

through indicators of fecal contamination in drinking water distribution network and Capital schools and rural areas of the Province for the years 2012 and 2013. In the case of schools, prior to sampling, there was a Provincial Campaign Cleaning and Disinfection of Water Tanks. In the study period, 1256 samples were extracted. We determined the presence of total coliform bacteria and Escherichia coli by Membrane Filtering technique. In 2012 samples from 168 schools results indicated 30% of bacterial contamination, remain fit for human consumption 70%. For a total of 349 samples of tap water, 88% of contaminated and only 12% met the Standards of Quality. In the year 2103 a total of 493 samples of schools across the province, 47% of them were contaminated and 53% suitable for consumption. From tap water samples from a total of 246, 70% were contaminated and 30% was adjusted to current regulations. Chronologically the course of the study, were developed diagnostic reports and corrective action recommendations to schools and the entities responsible for providing the service.

KEY WORDS: Bacteriological quality. Water network. Water School.

Introducción

Los grandes cambios demográficos están también afectando seriamente a la calidad y cantidad de agua dulce disponible en el Planeta. La comprensión de la relación entre la calidad del agua potable y la salud ha evolucionado desde las rígidas normas aplicadas en las instalaciones de tratamiento hasta un proceso de evaluación de los riesgos y la gestión desde la cuenca hasta el consumidor final (UN-WATER/WWAP, 2007).

Si bien el porcentaje de personas con acceso a alguna forma de abastecimiento de agua tratada se elevó del 79% en 1990 al 82% en 2.000, más de mil millones de personas en el mundo carecen de acceso a un suministro fijo de agua para consumo. Más de 2,2 millones de personas, en su mayoría en los países en vías de desarrollo, mueren cada año por enfermedades asociadas a condiciones deficientes de agua y de saneamiento.

En América Latina y el Caribe, actualmente con una población de casi 500 millones de personas, cerca del 85% de la población cuenta con servicios de agua potable, ya sea con conexión o con fácil acceso a una fuente pública. Estas estimaciones de la cobertura sugieren que los niveles de servicio son relativamente altos. Sin embargo, no hay equidad en el acceso y uso de estos servicios y se observan grandes disparidades entre zonas urbanas y rurales (Fernández y du Mortier, 2005).

El acceso al agua potable y a los servicios sanitarios básicos sigue siendo escaso en la Argentina a pesar de que se consumen entre 450 y 500 litros diarios de agua por habitante, muy superiores a los 150 litros por día considerados como ideales por la Organización Mundial de la Salud (OMS). El 28,6% de la población no dispone de redes cloacales o acceso al agua corriente, según los datos que aporta la Organización Panamericana de la Salud (OPS), lo que significa que casi 3 de cada 10 argentinos no cuenta con agua en condiciones higiénicas adecuadas para el consumo diario. Las estadísticas indican que el 80% de los niños que estuvieron en contacto con aguas contaminadas o en hogares sin cloacas se infectaron con algún tipo de virus hídrico. Pero lo que domina es, básicamente, el mal uso del agua, la falta de campañas educativas y el deficiente mantenimiento de las cañerías, que favorece el derroche por goteras o canillas mal cerradas (Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación 2013).

La Provincia de Catamarca se encuentra ubicada dentro del cinturón árido de la República Argentina y distribuida en 16 departamentos.

Asegurar la potabilización del agua para consumo humano es determinante a los fines de prevenir enfermedades de origen hídrico.

Siendo el recurso hídrico de vital importancia para el desarrollo de la población; aún más la calidad de éste, como así también su estado de conservación, se hace necesario un estudio que permita conocer las condiciones bacteriológicas del mismo.

La empresa Aguas de Catamarca S.A.P.E.M. cuenta con la concesión del servicio de agua potable y cloacas, en los Dptos.: Capital, Valle Viejo y Fray Mamerto Esquiú, mientras que los servicios de agua potable en los restantes departamentos de la Provincia, están a cargo de la

Dirección de Agua y Saneamiento D.A.S.I. mientras que algunos servicios son operados por sus respectivos municipios y centros vecinales.

Las bacterias Coliformes fecales termotolerantes y *Escherichia coli* son indicadores de contaminación fecal. El agua destinada al consumo humano no debe contener dichos microorganismos indicadores (OMS 1985).

En función de esta problemática los objetivos de este trabajo son los siguientes:

Determinar el estado de situación de los servicios de Agua Potable en los Dptos. de la Provincia de Catamarca.

Determinar la calidad Bacteriológica del agua de consumo humano en red de distribución y escuelas en Capital y zonas rurales de la Provincia., a través de indicadores de contaminación fecal.

Determinar la presencia de Coliformes totales y termo resistentes (*Escherichia coli*), como organismos indicadores de contaminación del agua.

Informar al organismo responsable del suministro de agua sobre los resultados de los análisis a efectos de tomar conocimiento de la real situación de los servicio.

Sugerir a la D.A.S.I. las recomendaciones pertinentes para lograr una calidad bacteriológica del agua, apta para consumo humano.

Coordinar con la DA.S.I. Acciones tendientes a mejorar los servicios de agua potable y con otros organismos responsables, en la corrección de las deficiencias del sistema.

Materiales y Métodos

Para alcanzar los objetivos propuestos en este estudio se aplicó un diseño descriptivo-explicativo.

La extracción, traslado, conservación y análisis de muestras se realizó según la metodología establecida por los Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WEF 2005).

La concentración de cloro residual fue determinada in situ, con el método colorimétrico del dietil-p-fenilen diamina (DPD) (APHA-AWWA-WEF 2005).

En el periodo de estudio años 2012-2013 se extrajeron un total de 1256 muestras de agua correspondientes a bajada de tanques y directo de red procedentes de los 16 departamentos de la provincia. Las fuentes de agua que abastecen a la población de tales departamentos son superficiales (ríos, diques y/o arroyos) y subterráneas (perforaciones y/o pozos cavados y calzados).

Durante el año 2012 se tomaron 168 muestras de bajada de tanque y 349 muestras de agua de red, mientras que durante los meses de enero hasta agosto del año 2013, 493 muestras fueron extraídas de bajada de tanque y 246 muestras directo de red.

Para la obtención de las muestras se utilizó un frasco de vidrio de 250 ml, con tapa esmerilada y envoltura protectora de papel, que impidió las contaminaciones externas y para el traslado fueron refrigeradas entre 4 y 10 °C.

Los análisis fueron realizados según la técnica de la membrana filtrante (MF) (IRAM 2005a). La selección de esta técnica obedece al alto grado de reproducibilidad, análisis de muestras relativamente mayores que los tubos múltiples (método NMP: numero más probable) y obtención de resultados definitivos con mayor rapidez que estos. (APHA-AWWA-WEF 2005).

El medio de cultivo utilizado para la detección de CT y EC, fue el M-Coliblue24 Broth (ampollas de 2 ml). La incubación fue de 18 a 24 horas a 35° C +/ -2 ºC. Las colonias desarrolladas de color rojo indican presencia de CT y las de color azul EC.

Los resultados fueron referidos a las normas vigentes de calidad de agua para consumo humano, establecidas en el art. 982 del Código Alimentario Argentino (CAA; 2007), que se basan en los niveles guías propuestos por la Organización Mundial de la Salud y otras normas extranjeras internacionales.

En los establecimientos escolares y previo a la toma de muestras, se realizó una Campaña Provincial de Limpieza y Desinfección de los Tanques de Agua (OMS, 2010).

Resultados y Discusión

La Presencia de Cloro Residual en aguas de distribución en la red de los departamentos Capital, Valle Viejo y F.M.E es del 100%. En los restantes 13 departamentos es notable la deficiencia en el tratamiento de cloración.

Tabla N° 1.- Porcentajes de Cloro sobre el total de muestras por departamento.

DIRECTO DE RED. 2012		
DEPARTAMENTOS	N° MUESTRAS	% CLORO
Capital	32	100%
Valle Viejo	6	100%
F.M.E	3	100%
Paclín	22	0,00%
Ambato	39	0,00%
Ancasti	29	0,00%
La Paz	34	3,00%
Santa Rosa	22	0,00%
Belén	33	0,00%
Pomán	17	6,00%
El Alto	12	0,00%
Tinogasta	32	3,10%
Capayán	33	9,00%
Santa María	24	0,00%
Andalgalá	32	0,00%
Antofagasta de la S.	8	0,00%

Tabla N° 2.- Porcentajes de cloro sobre el total de muestras por departamento.

DIRECTO DE RED. 2013		
DEPARTAMENTOS	N° MUESTRAS	% CLORO
Capital	3	100%
Valle Viejo	1	100%
F.M.E	7	100%
Paclín	16	31,25%
Ambato	17	0,00%
Ancasti	24	8,40%
La Paz	36	0,00%
Santa Rosa	28	0,00%
Belén	18	11,11%
Pomán	16	0,00%
El Alto	13	7,70%
Tinogasta	18	16,70%
Capayán	2	50,00%
Santa María	24	16,60%
Andalgalá	14	14,30%
Antofagasta de la S.	5	0,00%

En el año 2012 en los establecimientos relevados en las escuelas sobre un total de 168 muestras arrojaron una contaminación del 30%, siendo aptas para consumo humano, solo el 70%.

Sobre un total de 349 muestras de eed, el 88% presentó contaminación bacteriana y solo el 12% cumplieron con las normas de calidad.

Las figuras N° 1 y 2 muestran los porcentajes de muestras de agua analizadas de los tanques de escuelas y red de distribución.

Las bacterias Coliformes Totales fueron los organismos predominantes en todas las muestras, siendo indicio que el tratamiento de desinfección fue inadecuado, o bien se produjo una contaminación posterior, en ambos casos no se detecto presencia de *E. coli.*

Tabla N° 3.- Análisis bacteriológico de aguas de escuelas. Año 2012

Escuelas				
Departamento	N° de muestras	Coliformes Totales	*Escherichia coli*	Bacteriológicamente Aptas
Capital	70	4	0	66
Valle Viejo	16	1	0	15
F.M.E	19	0	0	19
Capayán	52	38	0	14
La Paz	6	3	0	3
Santa Rosa	2	2	0	0
Paclín	3	2	0	1
TOTAL	**168**	**50**	**0**	**118**

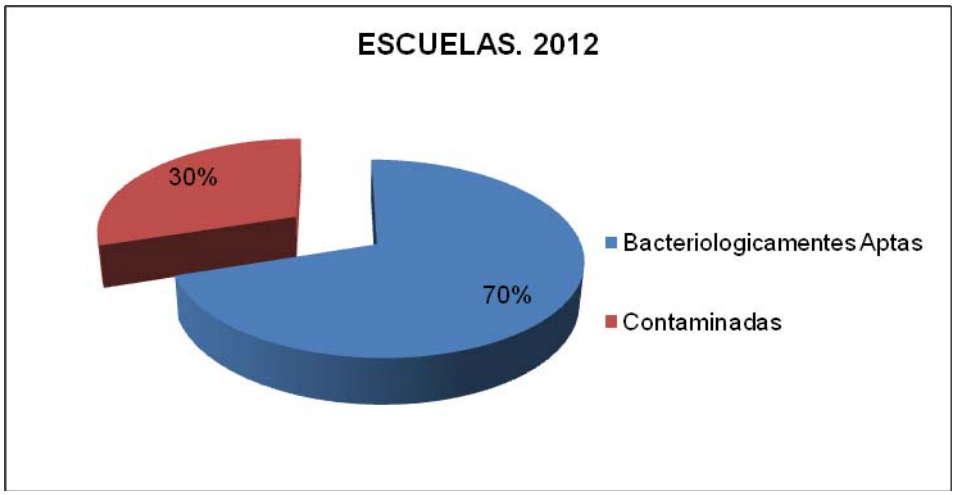


Figura N° 1.- Análisis bacteriológico de aguas de escuelas. Año 2012

Tabla N° 4.- Análisis bacteriológico de aguas, directo de red. Año 2012

Directo de Red				
Departamento	N° de muestras	Coliformes Totales	*Escherichia coli*	Bacteriológicamente Aptas
Andalgalá	32	28	0	4
Capital	3	2	0	1
Valle Viejo	6	0	0	6
F.M.E	3	0	0	3
Capayán	33	32	0	1
Ancasti	29	19	0	10
La Paz	34	33	0	1
Santa Rosa	22	22	0	0
Belén	33	24	0	9
El Alto	12	6	0	6
Antofagasta de la S.	8	8	0	0
Paclín	22	22	0	0
Ambato	39	39	0	0
Pomán	17	17	0	0
Tinogasta	32	31	0	1
Santa María	24	24	0	0
TOTAL	**349**	**307**	**0**	**42**

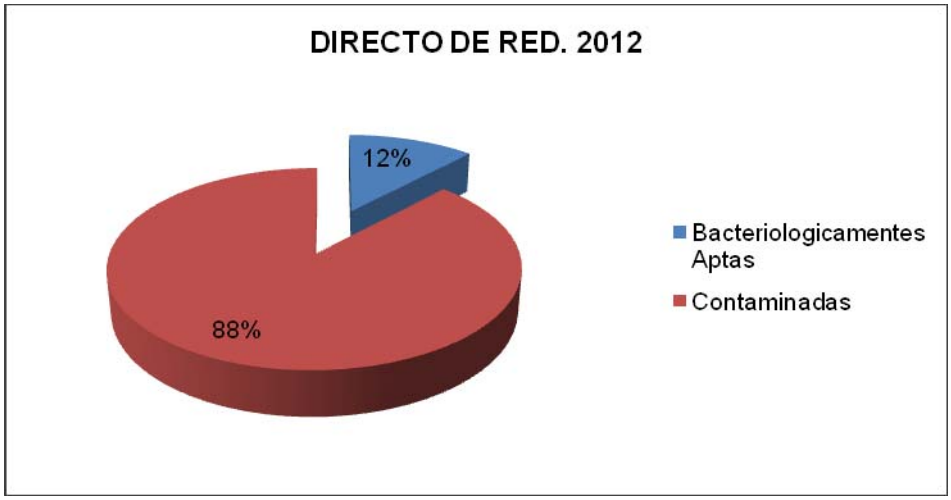


Figura N° 2.- Análisis bacteriológico de aguas, directo de red. Año 2012

En el año 2013 se tomaron 493 muestras de escuelas correspondientes a los 16 Dptos. y sus respectivas localidades. Con un total de 47% muestras contaminadas, las cuales no cumplieron con las normas establecidas para agua potable, y un 53% aptas para consumo humano.

Se tomaron 246 muestras directas de red de distribución correspondientes a los 16 Dptos y sus respectivas localidades, provenientes de agua subterránea y agua superficial. El 70% presentó contaminación y solo el 30 % se ajusta a la normativa vigente.

En las figuras N° 3 y 4 se muestra el porcentaje de contaminación de las muestras de agua donde: la presencia de bacterias Coliformes Totales y *E. coli* fueron los organismos predominantes, estos organismos crecen cuando las condiciones son favorables, es decir la presencia de nutrientes, temperaturas cálidas, baja o nula concentración de cloro residual y tiempos largos de almacenamiento.

Tabla N° 5.- Análisis bacteriológico de aguas, escuelas. Año 2013

Escuelas				
Departamento	N° de Muestras	Coliformes Totales	*Escherichia coli*	Bacteriológicamente Aptas
Capital	125	19	5	106
Valle Viejo	27	18	0	9
F.M.E	19	11	2	8
Ancasti	21	3	2	18
Andalgalá	24	12	0	12
Ambato	33	17	3	16
Antofagasta de la S.	5	4	2	1
Belén	26	25	12	1
El Alto	30	12	2	18
La Paz	14	10	0	4
Paclín	32	11	3	21
Pomán	28	18	3	10
Santa Rosa	26	20	1	6
Tinogasta	20	16	7	4
Santa María	25	22	0	3
Capayán	38	13	6	3
TOTAL	**493**	**231**	**48**	**240**

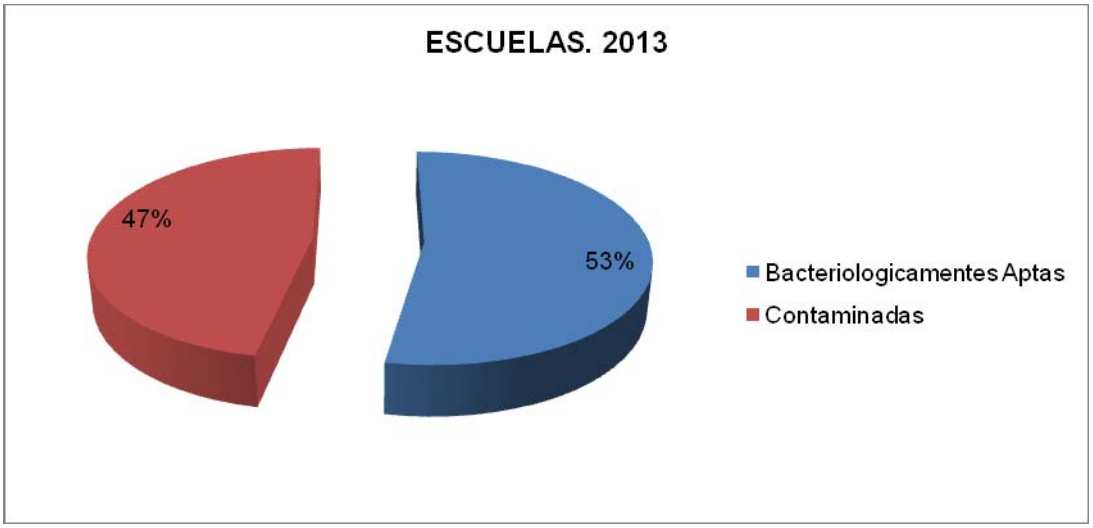


Figura N° 3.- Análisis bacteriológico de agua de escuelas. Año 2013

Tabla N° 6.- Análisis bacteriológico de aguas, directo de red. Año 2013

Directo de Red				
Departamento	N° de muestras	Coliformes Totales	*Escherichia coli*	Bacteriologicamente Aptas
Capital	3	0	0	3
Valle Viejo	1	1	0	0
Andalgalá	14	10	5	4
F.M.E	11	5	3	6
Paclín	16	4	2	12
Ambato	17	13	12	4
Ancasti	24	12	3	12
La Paz	36	17	3	19
Santa Rosa	28	24	7	4
Antofagasta de la S.	5	5	2	0
Belén	18	15	6	3
Pomán	16	14	9	2
El Alto	13	13	8	0
Tinogasta	18	15	6	3
Capayán	2	1	1	1
Santa María	24	21	8	3
TOTAL	**246**	**170**	**75**	**76**

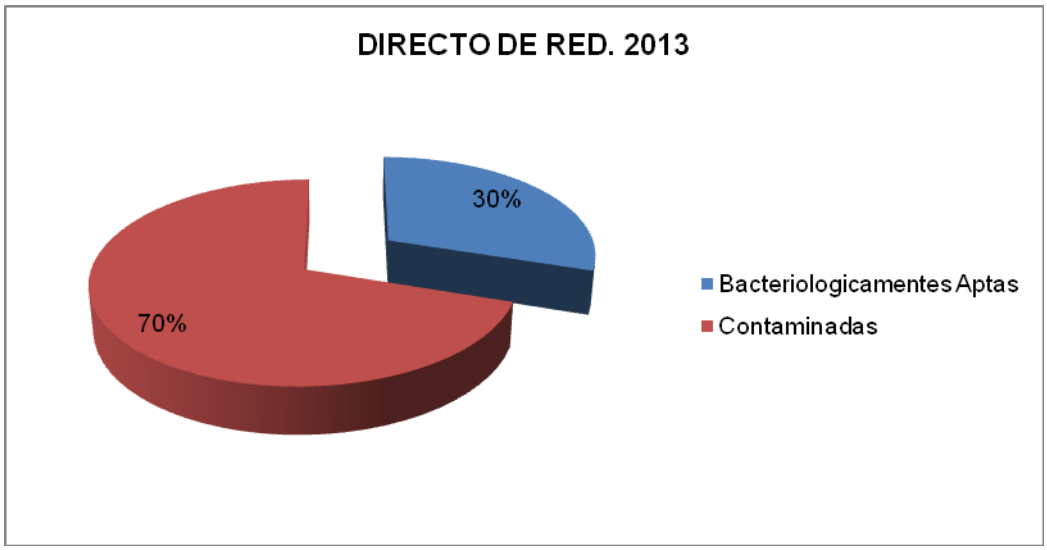


Figura N° 4.- Análisis bacteriológico de aguas, directo de red. Año 2013

Conclusión

La contaminación bacteriológica del agua de red en los sitios de muestreo de ingreso a los establecimientos analizados, indicarían que las irregularidades existentes se deberían a:

Deficiente tratamiento de cloración.

Deficiente desinfección de los sistemas de distribución y abastecimiento interno.

Periódicamente se evaluaron los riesgos y se enviaron informes con diagnósticos y recomendaciones de medidas correctivas a los entes responsables de la prestación de servicio.

Se concientizó sobre el manejo integrado del agua a los proveedores del servicio jurisdiccional, a los directivos de cada establecimiento y, a las autoridades sanitarias.

La deficiente calidad del agua en el interior de la provincia de Catamarca se debe a la falta de coordinación, entre los sectores responsables de la distribución y dosificación de los productos desinfectantes necesarios para la correcta potabilización del agua.

La Dirección de Laboratorio sugirió a las autoridades competentes la aplicación de un método de desinfección aplicando tecnología electroquímica, donde se produce *in situ* un poderoso biocida (acido- hipocloroso).

Bibliografía

Código Alimentario Argentino (2007) Capitulo Xll Bebidas hídricas, agua y agua gasificada.

Fernández F. y du Mortier C.(2005). Evaluación de la condición del agua para consumo humano en América Latina. SOLAR SAFE WATER. UBA. Bs. As.

IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación) 29107-1(2005ª). "Calidad ambiental-Calidad del agua. Detección y recuento de Escherichia coli y bacterias Coliformes. Parte 1: Método de filtración por membrana".

OMS (Organización Mundial de la Salud) (2010). Normas sobre agua, saneamiento e higiene para escuelas en contextos de escasos recursos. OMS, Ginebra. Disponible en: http://www.int/publications/2010/9789243547794.spa. pdf.

Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (2013). Población con agua potable y con desagües cloacales por provincia en 2000. http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=9036

Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WEF 2005).

UN-WATER/WWAP (2007). El Agua una responsabilidad compartida. 2º Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001495/149519S.pdf

LA "ATÓMICA" DE ALTA CÓRDOBA. LA DEGRADACIÓN Y EL MANEJO DEL MEDIO AMBIENTE URBANO E N LA CIUDAD DE CÓRDOBA

Holm, Federico

Marcelo T. de Alvear 537, 5 "B"
(0299)15571553
holmfederico@gmail.com

Resumen: El carácter irreductible del riesgo en las sociedades modernas nos obliga a definir umbrales de tolerancia aceptables, que permitan el desarrollo de políticas para lidiar con una de las principales amenazas: la degradación ambiental urbana. El objetivo del presente trabajo es el abordaje del caso de la Planta Dioxitek S.A., ubicada en la Ciudad de Córdoba, en torno a dos ejes principales de análisis: por un lado, el riesgo urbano, definido en términos de degradación del medio ambiente urbano, y por el otro, las políticas públicas que atañen a esta problemática. Haciendo uso de una triangulación metodológica, se observa que tanto las características intrínsecas de la ciudad como los problemas de coordinación del sistema federal argentino, contribuyen al sostenimiento de una situación que mantiene y consolida una degradación del medio ambiente urbano que se verá reflejada en el mediano y largo plazo. La sustentabilidad del sistema que constituye la ciudad debe considerarse atendiendo a los factores dinámicos que constituyen los procesos económicos que allí se desarrollan. Dichos procesos se conjugan para hacer de este caso un importante punto de presión ambiental donde se intersecan una serie de dimensiones problemáticas, que lo convierten en un importante desafío para la gestión del medio ambiente de la ciudad.

Palabras Clave: riesgo, medio ambiente, degradación, políticas públicas.

Abstract: The irreducible nature of risk in modern societies requires us to define acceptable tolerance thresholds, enabling the development of policies to deal with one of the major threats: urban environmental degradation. The aim of this paper is addressing the case of the Plant Dioxitek S.A. located in Córdoba, around two central concepts of analysis: first, urban risk, defined in terms of degradation of the urban environment, and second, the public policy regarding this issue. Using methodological triangulation, it is observed that both the intrinsic characteristics of the city, as well as coordination problems in the argentine federal system, contribute to the maintenance of a situation that sustains and strengthens the degradation of the urban environment, that will be reflected in the medium and long term. The sustainability of the system that constitutes the city should be considered taking into account the dynamic factors which constitute the economic processes that take place there. These processes combine to make this event a major environmental pressure point where a number of problematic dimensions intersect to make it a major challenge for the environmental management of the city.

Keywords: risk, environment, degradation, public politics.

I. Introducción

En Argentina, la evaluación y el manejo del riesgo de desastres son temas que adquieren poca notoriedad por parte de las distintas organizaciones u organismos, tanto del sector público como del sector privado. Como argumentan Walter y Pucci, (2007), el riesgo se ha constituido en un componente que representa los límites de la racionalidad técnica y científica que las propias sociedades modernas han impulsado y promovido, a partir de la Revolución Industrial. En la medida de que no es posible eliminar el riesgo, decimos que no existe un nivel de riesgo cero (Guilhou y Lagadec 2002), y nos vemos obligados a convivir con él, aspirando a una reducción del mismo, hasta umbrales que se definan como aceptables o tolerables.

Nos orientamos hacia un enfoque basado en el reconocimiento del carácter irreductible del riesgo y su necesaria integración al manejo de la ciudad. En esas condiciones, la «conquista de la seguridad» es reemplazada por una problemática del «manejo del riesgo» (Dourlens y Vidal-Naquet, 1992:127). Esa evolución permite, desde luego, revelar las dimensiones sociales de las normas de seguridad, es decir del riesgo aceptado, que antes se ocultaban. (Metzger 1996).

La definición de los umbrales de riesgo se construyen como una constante negociación y puja por la defensa de distintos intereses (económicos, políticos, ambientales, sanitarios, etc.), y el riesgo mismo es "producto de una contradicción entre los intereses particulares de unos y la seguridad de otros o de la colectividad". (Lavell 1996:33)

Las acciones humanas de todo tipo implican un avance y un impacto sobre el ambiente y sobre los bienes colectivos que son apropiados para su transformación, siendo una de las notas más características de los procesos de urbanización. En un importante número de casos, este proceso de urbanización ha estado anclado y sustentado en un proceso de industrialización concomitante, siendo componentes indisociables de un mismo proceso. La ciudad de Córdoba no ha estado exenta de éste fenómeno. Es en este marco que introducimos el caso de la planta de la empresa Dioxitek, ubicada en el barrio cordobés de Alta Córdoba, cuyas actividades se basaban en la producción de dióxido de uranio –indispensable en el proceso de producción de energía nucleoeléctrica- y de unidades selladas de Cobalto 60[1].

Objetivo

Se abordará el caso de la planta de Dioxitek en torno a dos ejes principales de análisis: por un lado, el riesgo urbano, definido en términos de degradación del medio ambiente urbano, y por el otro, las políticas públicas que atañen a esta problemática.

Esta ponencia constituye un avance del trabajo que se está realizando actualmente en el marco de un proyecto de monitoreo de la gestión de de riesgos de desastres para la Provincia de Córdoba. De esta manera, se presentará aquí el marco teórico y conceptual en el cual se enmarca la investigación, para luego hacer una descripción y discusión en torno al caso sobre el cual se centra el presente trabajo.

II. Materiales y métodos

Para el presente trabajo se utilizará una triangulación metodológica aprovechando el aporte tanto de métodos cuantitativos como cualitativos. Por un lado, los métodos cuantitativos son de suma utilidad en el análisis del impacto de los daños ocasionados y la medición de la

[1] Las unidades selladas de Cobalto 60 son utilizadas en aplicaciones médicas e industriales. Datos obtenidos de la página oficial de la institución. www.dioxitek.com.ar

vulnerabilidad de la zona afectada. Por otro lado, los métodos cualitativos son de utilidad ya que el análisis de riesgos urbanos precisa de un conocimiento holístico de los comportamientos socio - antrópicos en la gestión del riesgo. Para el abordaje cuali - cuantitativo que se propone se utilizarán técnicas de construcción de datos tales como entrevistas, observación y análisis documental. Las entrevistas son aplicadas a directivos y autoridades, además el análisis documental se realiza sobre artículos periodísticos, informes técnicos, leyes, documentos y de textos pertinentes

a. Del riesgo y sus componentes

La problemática del riesgo urbano es una temática que ha sido discutida por numerosos autores (Kreimer y Munasinghe 1992, Lavell 2001, Herzer 2011). No por esto debemos caer en la simplificación (errónea) de pensar que la investigación en dicha área es un tema acabado. Tomando como capital el aporte de Lavell (1996) en el tema, podemos adoptar una definición amplia del riesgo, en la cual se hará referencia a la probabilidad de que a una población (personas, estructuras físicas, sistemas productivos, etc.), o segmento de la misma, le ocurra algo nocivo o dañino. De esta manera, una definición tal permite pensar en una construcción multidisciplinaria del riesgo y nos permite incorporar distintas dimensiones, tanto naturales como humanas.

Se puede afirmar que "el riesgo es una categoría compleja, y su concreción resulta del interjuego de múltiples elementos, en sí altamente dinámicos y cambiantes" (Lavell 1996:18). Entonces, el riesgo será función de la conjugación de tres elementos: las amenazas, las vulnerabilidades y las capacidades[2]. Así, el riesgo se concibe como una condición latente, y su intensidad depende de la conjugación de estos factores, de la intensidad probable de la amenaza y de la vulnerabilidad existente. Y esta última es, en palabras del mismo autor, una expresión del desequilibrio o desajuste, en igual medida, entre la estructura social y el medio físico-constructivo y natural que lo rodea. La "vulnerabilidad" se refiere a una serie de características diferenciadas de la sociedad, o subconjuntos de la misma, que le predisponen a sufrir daños frente al impacto de un evento externo, y que dificultan su posterior recuperación. Es sinónimo de debilidad o fragilidad, y la antítesis de capacidad y fortaleza. La vulnerabilidad es en fin la propensión de una sociedad de sufrir daño o de ser dañada, y de encontrar dificultades en recuperarse posteriormente. (Lavell 1996).

Al hablar de amenazas debemos pensar en aquellos factores pasibles de ocasionar algún daño al conjugarse con las vulnerabilidades (que las potencian). En términos de nuestro análisis, nos centraremos en un tipo particular de amenazas: las amenazas antrópicas. Las definiremos simplemente como aquellas son producto de la actividad humana. Dentro del enorme abanico de amenazas que podríamos identificar como antrópicas, haremos una diferenciación entre dos tipos distintos: las antrópico-contaminantes y las antrópico-tecnológicas. Por un lado, las amenazas antrópico-contaminantes, son una "serie de amenazas que toman la forma de elementos de la naturaleza "transformados" (aire, agua y tierra). Son amenazas basadas en y construidas sobre elementos de la naturaleza, pero que no tienen una expresión en la naturaleza misma" (Lavell 1996:24). La transformación de los elementos naturales representa una problemática clave en lo relativo a la homeostasis del sistema que constituye la ciudad.

En el caso de las políticas gestión del medio ambiente urbano, las amenazas antrópico-contaminantes se relacionan con los "procesos de contaminación derivados de derrames, dispersiones o emisiones de sustancias químico-tóxicas hacia el aire, tierra y agua. […] En general, estas amenazas son producto o de la negligencia y de la falta de controles (legales o tecnológicos), aún cuando estos existan en teoría." (Lavell 1996:25). Dichas amenazas son

[2] Para calcular el riego, tomamos en cuenta la siguiente ecuación: $R=\frac{A+V}{C}$, donde R es el riesgo, A son las amenazas, V las vulnerabilidades y C las capacidades del conjunto de la población.

producto de la “falta de control sobre los procesos económicos de producción y distribución.” (Lavell 1996:25).

El segundo grupo son las amenazas “antrópico-tecnológicas”. Estas están ancladas en los procesos de producción y distribución industrial modernos, cuya concentración se da principalmente en los centros urbanos (o en su periferia), que junto con las dotaciones de infraestructura urbana, principalmente para la distribución y consumo energético, “encierran problemas para la seguridad ciudadana debido al uso de un número importante de procesos potencialmente de gran peligro” (Lavell 1996:26). La posibilidad de fallas debidas a estas causas genera una serie de amenazas cuya concreción, aún cuando afecte a extensiones territoriales acotadas, puede generar un impacto en gran número de ciudadanos, debido a la densidad poblacional de la ocupación humana en las zonas circundantes al origen de la amenaza.

Es cierto que a los fines académicos, la clasificación de las amenazas y precisión conceptual son recursos válidos e incluso necesarios, pero esta separación a la hora de su tratamiento concreto no es sencilla ni aun deseable. El constante entrecruzamiento y la retroalimentación que se evidencia entre las amenazas antrópico-tecnológicas y las antrópico-contaminantes, hace que sea necesario abordarlas como un mismo fenómeno, complejo y multifacético. E inclusive las vulnerabilidades asociadas a la ciudad, la convierten en un espacio donde la problemática se complejiza aún más, ya que la transmisión de externalidades entre estos fenómenos es una constante que impide un tratamiento diferenciado en los dos casos previamente expuestos. Lo relevante de estas amenazas, en términos de un potencial desastre, reside en el problema de la ocupación humana en torno a ellas y de la falta de implementación de controles y zonificación en el uso del suelo.

El riesgo es función de una probabilidad y de sus consecuencias potenciales, no tiene significado absoluto y no se justifica sino por la interacción de dos elementos indisociables: lo físico y lo social; el riesgo está siempre oculto, es potencial (Lavigne 1998). Así como definimos el riesgo y las amenazas en términos de una interacción de elementos físicos y naturales, el medio ambiente urbano debe ser expresado en los mismos términos, a partir de una sinergia indisociable entre ambas dimensiones.

b. <u>El socio-ecosistema de la ciudad y su degradación</u>

Los procesos de urbanización generan resultados, de los que emerge “un nuevo entorno construido, un ambiente "natural" nuevo que combina lo social con lo natural bajo patrones de alta centralidad y densidad: un medio ambiente urbano. Tal medio ambiente es la expresión concreta y dinámica de aquellas unidades físico-espaciales, eco-demográficas, que denominamos ciudades”. (Lavell 1996:12). Si tomamos en cuenta la alta proporción de urbanización presente en América Latina[3], proponer una temática de investigación anclada en el riesgo urbano cobra especial relevancia, ya que por necesidad, interés o ignorancia, los diferentes grupos sociales degradamos constantemente el ambiente que nos circunda, incrementando las vulnerabilidades o potenciando amenazas, sean estas de origen antrópico o natural. (Fernández, 1996).

En lo referente a la gestión del riesgo, Metzger (1996) pone en evidencia la necesidad de compatibilizar y hacer propios los aportes de distintas disciplinas, permitiendo que las soluciones que se diseñen gocen de un grado de complejidad y adecuación. Por esta razón el medio ambiente urbano es aquí conceptualizado de manera amplia, y se conjuga como un complejo de elementos físico-naturales, pero esta indefectiblemente entrelazado con los elementos socio-económicos, al tratarse de un medio completamente antropizado. El tratamiento del medio ambiente urbano como un sistema particular, responde a los desafíos que éste presenta para la

[3] Según estimaciones del Banco Mundial, hacia el 2020 el 85% de la población de América Latina residirá en ciudades (Banco Mundial, 1992)

gestión de la degradación ambiental, ya que "el espacio urbano está compuesto por microsistemas complejos, que se intersecan en múltiples formas. Barrios, redes financieras, servicios básicos, movimientos migratorios, son algunos de los sistemas que se conjugan para conformar la urbe" (Fernández, 1996:9). Esto nos habilita a pensar en la existencia de un eco-socio-sistema urbano (Metzger, 1996), en el funcionamiento "eco-socio-sistémico" de la ciudad y su periferia, lo que –desde lo aquí propuesto- responde y se ajusta mucho mas a una realidad compleja, y a veces, caótica.

Un punto que resalta claramente al hablar de la ciudad, y a las condiciones particulares que dicha configuración demográfica representa es la cuestión de la poblacional, y éste es tal vez el aspecto más notorio de la configuración urbana. Es factor esencial de densidad (de población, de actividades) el que, para muchos, fundamenta la especificidad básica del medio ambiente urbano. Se advierte entonces que la centralidad y la densidad[4], que son la esencia misma de la ciudad, son también elementos que contribuyen a crear o amplificar los problemas de medio ambiente urbano (Metzger, 1996), particularmente en términos de sustentabilidad, referida al consumo de distintos insumos. Estos elementos entran en la esfera de los "bienes comunes", o de patrimonio común, y se tratan del agua, del aire, de la salud, del suelo, así como algunos que no constituyen bienes naturales, como el transporte, los espacios públicos, etc.

Es la manera como la producción y el funcionamiento de la ciudad van, por un lado a fabricar y movilizar, y, por otro, a consumir, transformar y deteriorar esos bienes colectivos, lo que hará emerger el llamar medio ambiente urbano. Esa manera de transformar, de consumir, implica actores, instrumentos técnicos, un marco jurídico y financiero, lo que hace que intervengan necesariamente estrategias, conflictos, representaciones sociales, técnicas, modos de manejo. Analizar el riesgo en este marco "podría significar afectar virtual pero «ilegítimamente» a los bienes colectivos. Así, "para identificar las relaciones entre transformación ambiental y riesgos, tendríamos entonces que buscar cómo las transformaciones de los bienes comunes constituyen un riesgo pues los afectan cuando crean algún tipo de amenaza sobre la población, la salud, la economía urbana, la seguridad colectiva."(Metzger 1996:33). Si consideramos al ambiente urbano como un bien o recurso colectivo, el riesgo podría constituir un avance negativo sobre ese bien colectivo y podría plantearse en términos de degradación de ese bien.

Se deberán intersecar distintas dimensiones al análisis del medio ambiente urbano: además del manejo ambiental y, concretamente, de la degradación del mismo, tratando la dimensión de la naturaleza en la ciudad -los elementos físico naturales en el espacio urbano-; se deberán tener en cuenta las interacciones que se producen entre los diferentes actores intervinientes en el manejo de la ciudad.

La degradación ambiental es una categoría clave en la medida que se percibe que existe una relación entre el deterioro del medio ambiente y un riesgo potencial, aunque no siempre identificado claramente. La degradación ambiental desequilibra lentamente los subsistemas que componen la ciudad, llegando al límite de elasticidad que han desarrollado, hasta que el equilibrio se rompe y se manifiestan los desastres en uno o varios puntos de los microsistemas. (Fernández, 1996). Con el objeto de definir la degradación, se tomará como referencia la doble definición ofrecida por Herzer (1996) en el sentido de que la degradación en sí se refiere a una reducción de grado o a un rango menor, o a cambios en la homeostasis de un sistema, de tal forma que hay una reducción en su productividad o calidad. La degradación repercute en la totalidad ambiental: lo natural, lo físico (como producto construido) y lo social. Tal forma de concebir, tanto el ambiente como la degradación, permite abarcar de forma multidisciplinar una problemática que transversaliza numerosas dimensiones.

[4] Cabe aclarar aquí que la densidad, como una de las características determinantes de la ciudad, no será analizada en términos de generación de degradación ambiental, sino solo como vulnerabilidad, como potenciador del riesgo, si bien es claro que la densidad poblacional está íntimamente ligada a la degradación ambiental.

El medio ambiente degradado es equivalente a un aumento de la vulnerabilidad de la sociedad en su conjunto (Wilches Chaux, 1993), y "la concentración espacial de población e infraestructura económica, la complejidad e interconexión de los elementos de la estructura urbana, los efectos sinérgicos que la ciudad produce, y la amplia falta de controles y normatividad referente a la seguridad ciudadana (por las razones que sea), hacen aparecer más y novedosos factores de riesgo" (Lavell, 1996:19). Al igual que a la hora de conceptualizar el riesgo, el verdadero problema aquí no es la definición conceptual, sino que el reto es la clarificación a nivel operativo de estas variables, los parámetros bajo los cuales se toman decisiones y los umbrales dentro de los cuales nos moveremos para plantear niveles aceptables de degradación.

Ahora bien, la decisión sobre cuánta transformación se ha de permitir, descansa en el establecimiento de un criterio objetivo que permita delimitar los umbrales aceptables para la aplicación de medidas. La definición de la degradación aceptable será resultado de la lucha de intereses, pujas y aportes que se hagan, tanto de la definición del problema, como de la política que podrá (o no) implementarse. Es en este punto donde emergen con gran preeminencia las opciones de política en la gestión de la degradación ambiental, constituyéndose como una nueva dimensión de la gestión de los gobiernos locales[5], que intervienen como limitadores del crecimiento y la degradación. Para quienes intervienen en la definición de políticas de gestión urbana, "el medio ambiente urbano remite a una serie de sectores de intervención en elementos físicos que plantean problemas en términos de producción, preservación, evacuación o circulación: agua, aire, transporte, espacios verdes, etc." (Metzger 1996:45)

Las políticas de medio ambiente y el riesgo están estrechamente vinculados, ya que se evidencian como temas constitutivos de la gestión de la ciudad la planificación urbana, el uso del suelo, el crecimiento y la localización industrial[6]. Sobre estos puntos, la formulación de políticas deberá ser favorable al medio ambiente, trabajando sobre los factores de riesgo para la población y las actividades que estos desarrollan[7]. En el presente análisis, se buscará vincular la degradación del medio ambiente urbano, como factor de riesgo general con las políticas públicas que se orienten a la prevención/mitigación de este fenómeno. La búsqueda de disminución de los riesgos urbanos es una de las vías o herramientas hacia su manejo, al igual que las distintas opciones de manejo en la ciudad pueden apuntar a la reducción de la degradación ambiental. Las distintas opciones de manejo o mitigación de la degradación se materializan en las políticas públicas que identifican a este fenómeno como un problema –que se identifica como tal- y cuya solución responde a una serie de demandas por parte de los distintos actores de la sociedad.

c. Opciones de política pública

La separación de los componentes del riesgo es útil a los fines académicos, pero no lo es tanto a la hora de poner en práctica dichos conceptos, a la hora del diseño y de la implementación de políticas públicas. A los efectos de este trabajo, retomaremos la definición de Velásquez Gavilanes (2009), donde se define a la política pública como "un proceso integrador de decisiones, acciones, inacciones, acuerdos e instrumentos, adelantado por autoridades públicas con la participación eventual de los particulares, y encaminado a solucionar o prevenir una situación definida como problemática. La política pública hace parte un ambiente determinado del cual se nutre y al cual pretende modificar o mantener."

La definición brinda la suficiente flexibilidad para incorporar una multiplicidad de decisiones y acciones/inacciones dentro de las opciones de política, algo que resulta fundamental,

[5] Está claro que en la gestión urbana no solo interviene el nivel local de gobierno, sino que los distintos niveles son participes en el diseño e implementación de políticas.

[6] Para ahondar en la revisión bibliográfica ver Fernández comp. (1996)

[7] Un punto interesante de análisis es la incorporación de factores dinámicos, especialmente en el mediano y largo plazo, introduciendo la dimensión de la sustentabilidad urbana en términos de producción/gestión de residuos sólidos y líquidos, huella ecológica, manejo de recursos hídricos.

ya que el reciente abordaje por parte de los medios de comunicación ha puesto en evidencia el escaso tratamiento que ha tenido el caso y la complejidad de su resolución, permitiendo además tomar en consideración los aspectos políticos de la política pública. Así, se puede hacer un tratamiento de las políticas provenientes de los distintos órdenes de Gobierno, y de las distintas tipologías orientadas a una multiplicidad de esferas o subsistemas socioeconómicos –políticas económicas, sociales, ambientales, de gestión socio espacial etc.-

En tanto decisión, en tanto proceso, la política pública es el resultado de una puja de intereses y de una constante definición y redefinición. Así "las situaciones a intervenir no están dadas de manera objetiva y a priori. Los que están en el poder o cerca de él son quienes las "definen" como problemáticas. Lo mismo se predica de la definición de objetivos e instrumentos de intervención." (Velásquez Gavilanes 2009:18) Definir a la política pública como un proceso significa que la misma es un fenómeno complejo que se extiende en el tiempo, a través de la interacción constante de un gran número de actividades. El proceso es "integrador" porque articula los diversos elementos interrelacionados de la política pública: las autoridades públicas (de los distintos niveles) y los particulares que pueden llegar a intervenir durante la formación; sus decisiones, acciones, inacciones y acuerdos; los objetivos, instrumentos y resultados de la política, y el ambiente del cual esta se nutre e impacta. (Velásquez Gavilanes, 2009). Así como el riesgo es producto de una falta de coincidencia entre intereses divergentes de distintos sectores (económicos, ambientales, sanitarios, espaciales, bienestar general, etc.), los resultados en materia de política también responderán a una puja en estos términos.

Esta interacción también definirá los instrumentos que se destinen para llevar adelante la gestión. Siguiendo la clasificación de Howlett y Ramesh (1995), podemos enumerar una serie de instrumentos que se emplean para la implementación de políticas públicas: a) Instrumentos exclusivamente estatales: como las regulaciones, las organizaciones del Estado, las empresas públicas; b) Instrumentos mixtos: como los subsidios, los impuestos, las contribuciones, las campañas y las exhortaciones; y c) Instrumentos privados: como las familias, las organizaciones voluntarias, la sociedad, el mercado. Esta versatilidad de formas de gestión urbana deja en claro que la política pública "es más que una norma jurídica. En su ámbito, las regulaciones pasan a ocupar el lugar de instrumentos para cumplir, junto con otros medios, los objetivos de la política" (Velásquez Gavilanes 2009:161)

Además de los actores pertenecientes a los distintos niveles de gobierno, los particulares pueden participar (y de hecho lo hacen) de la política pública, por ejemplo poniendo en agenda la necesidad de una nueva política o dando sus aportes en la definición de las situaciones, objetivos e instrumentos. Estos aportes pueden darse a raíz de la convocatoria expresa por parte de las autoridades o de forma autónoma o autoconvocada. Esta dimensión se analizará con posterioridad, dado que los distintos grupos tuvieron incidencia en nuestro caso, buscaron poner el tema en agenda, incorporando la demanda de políticas como un componente del proceso. Por último, es necesario introducir la cuestión del ambiente (no en sentido de *medio ambiente,* sino en sentido de sustrato sociopolítico) del cual la política se nutre, es parte y pretende impactar o modificar. La política pública, como proceso integrador y como subsistema mismo, no se forma en el vacío; hace parte de un ambiente con el que se interrelaciona y sin el cual no existe (Velásquez Gavilanes, 2009). El ambiente afectará a la política y esta buscará incidir en él, tratando en ocasiones de mantener un status quo o un equilibrio, y buscando modificarlo en otras.

III. Resultados y discusión

Luego de la necesaria clarificación conceptual, nos abocaremos al caso que constituye nuestro objeto de estudio. La planta de Dioxitek es un caso paradigmático cuando de riesgo urbano se trata. No solo por lo que representa en un análisis de la gestión del riesgo *per se*, sino también por la notoriedad que alcanzó recientemente, imponiéndose fuertemente como tema de

agenda. En el caso se entrecruzan numerosas dimensiones que lo tensionan, involucrando a un gran número de actores, públicos y privados, complejizando un proceso de decisión cuyo resultado logre compatibilizar los intereses en juego.

a. El caso en perspectiva histórica

El caso de la planta de Alta Córdoba emerge como una situación donde se entrecruzan distintos factores expuestos en el marco conceptual, constituyendo una amenaza antrópica producto de una actividad industrial muy particular: la industria nuclear. Dioxitek S.A. es una sociedad anónima estatal, perteneciendo el 99 % de sus acciones a la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y el 1 % restante a la provincia de Mendoza. Fue creada por el Poder Ejecutivo Nacional para garantizar el suministro de dióxido de uranio que se utiliza en la fabricación de los elementos combustibles para las centrales nucleares de Embalse y Atucha I. La planta industrial que está ubicada en la ciudad de Córdoba entró en funcionamiento en el año 1982, haciéndose cargo Dioxitek S.A. de su operación en mayo de 1997. Por otra parte, la planta incorporó en el año 2002 una nueva actividad como es el diseño, producción y comercialización de fuentes selladas de Cobalto 60. La producción de dióxido de uranio es empleada como combustible en la generación de energía nucleoeléctrica, mientras que las fuentes selladas de Cobalto 60 son utilizadas en la industria y en el ámbito de la medicina[8].

Para entender como una instalación de estas características llegó a quedar situada en medio de la ciudad de Córdoba, propongo hacer una breve reseña de los hitos que constituyen la cadena causal que hoy nos deja con este punto que presiona sobre el ambiente urbano de la ciudad. Podemos rastrear el origen hasta la década de los 50, cuando Argentina decidió incursionar en el desarrollo pacífico de la energía nuclear. Para esto, se buscó un emplazamiento industrial acorde, resultando un lugar idóneo unas instalaciones militares desactivadas existentes en Alta Córdoba, ubicado en la periferia de la ciudad. Queda claro que las características demográficas en aquel momento no guardaban mucha relación con las actuales, siendo hoy el barrio más poblado de la cuidad. Otro evento fundamental en esta historia se produce durante el conflicto en Malvinas, ya que se puso en riesgo la provisión de combustible para las centrales nucleares en funcionamiento en Argentina. Así, se toma la decisión de realizar el proceso de fabricación del componente nuclear en el país, y más precisamente en la planta de Dioxitek, incorporando una dimensión nueva a la actividad industrial en Alta Córdoba.

b. Disonancia en materia de competencias

Como se planteo anteriormente, la naturaleza de las actividades a la cual la planta está vinculada la convierte en un caso paradigmático a la hora de la gestión de la ciudad y el diseño de políticas públicas de gestión del riesgo ambiental. Una de las dimensiones más problemáticas se plantea en términos de competencias de los distintos niveles de gobierno del sistema federal. Esto es así ya que la competencia en materia nuclear recae sobre el Estado Nacional, atendiendo a que la Ley Nacional de la Actividad Nuclear (Ley 24804/97) plantea en su art. 1 que "en materia nuclear el Estado Nacional *fijará la política y ejercerá* las funciones de investigación y desarrollo, *regulación y fiscalización, a través de la Comisión Nacional de Energía Atómica y de la Autoridad Regulatoria Nuclear*."[9]. Dentro de las tareas que le compete asumir a la CNEA10, se encuentran la gestión y el tratamiento de los residuos que se generen durante el proceso de producción de material fisionable, acción que se desarrolla en la planta de Dioxitek S.A.

---

[8] Información extraída de la página oficial de la institución: http://www.dioxitek.com.ar/sitio/empresa.php

[9] La cursiva en la cita me pertenece. Para el texto completo de la Ley de Actividad Nuclear, ver: http://www.cnea.gov.ar/xxi/legislacion/nacional/LEYACTIVIDADNUCLEAR.pdf.

[10] La CNEA funciona como "ente autárquico en jurisdicción de la Presidencia de la Nación" (art. 2)

Encontramos aquí una disonancia relacionada a la competencia sobre la problemática, en los términos de que toda actividad económica se plasma concretamente en el nivel local, y es a nivel de los gobiernos locales que recae la función de la gestión efectiva del territorio, generando políticas públicas que conduzcan a este objetivo. A estos efectos, es relevante el testimonio del director General de Control y Fiscalización municipal, José Fernández, que explicó que "lo más grave es la violación a la ordenanza número 8.133 de uso de suelo, que prohíbe que una planta como ésta pueda estar ubicada en un barrio categoría 2". Y a la hora de atender al funcionamiento previsto por la ley, en este caso tampoco fue presentada la licencia de operación de la autoridad nacional que regula la actividad[11]. La normativa y la gestión territoriales son competencia del nivel local, pero la normativa y la gestión de la actividad nuclear pertenecen al ámbito nacional.

Y ante esta falta de coordinación entre poderes también puede presentarse un correlato en términos de intereses de cada uno de ellos, ya que nada nos dice que los intereses de ambos serán coincidentes. Esta dimensión es de capital importancia en la determinación de la política pública, dado que la principal demanda por parte de actores privados y de la ciudadanía redunda en la necesidad de relocalización, tanto de la planta como de los residuos que constituyen el "chichón". La tensión que se establece entre intereses económicos, restricciones presupuestarias, preocupaciones ambientales y sanitarias y pujas laborales, hace que el proceso de solución sea sumamente complejo.

c. Principales amenazas presentes

Sumada a la cuestión de las actividades de la planta, hay un importante punto de presión ambiental: durante casi 30 años se realizaron actividades en la planta, depositando en el predio los materiales restantes de los ensayos realizados al mineral de uranio adquirido. Este depósito es lo que constituye el "chichón de Alta Córdoba": un enorme volumen de residuos de "colas" de uranio (en la jerga minera), posteriormente recubiertos con tierra vegetal, para evitar dispersiones en la atmósfera. Esto representa una de las principales amenazas que se aborda en este caso, y su peligro principal peligro es que constituye una fuente de riesgo químico. Para todos los casos de degradación ambiental, y para el nuestro en particular, las consecuencias y efectos son constantes y generalmente de pequeña magnitud. Los riesgos ambientales urbanos se manifiestan a una escala menor y de manera cotidiana en las comunidades afectadas, causando a mediano y largo plazo igual o mayores costos económicos y sociales (Lungo y Baires, 1995). Esto se agrava debido a que las características intrínsecas de este tipo de amenazas dificultan la cabal comprensión del riesgo.

A partir de una entrevista realizada al Lic. Hugo Martin[12] (Gerente de Relaciones Institucionales de la CNEA), pudo construirse un esquema de aproximación a las dimensiones más problemáticas del caso. Cabe aclarar que en este caso, los riesgos a los que se atiende son químicos, encontrando algunos potencialmente potencialmente peligrosos, como lo son ácido nítrico y ácido sulfúrico, metanol, hidrogeno, etc. En caso de traslado de todo el material que se encuentra depositado en la planta, uno de los riesgos más importantes que se reconocen es el riesgo de dispersión en caso de manipulación de los desechos. En caso de traslado, debe sobre producirse material nuclear –calculado la sobreproducción para el funcionamiento de las centrales nucleares para un año más- , y posteriormente proceder al traslado de la planta.En lo relativo a la contaminación de las napas de agua, se llevaron a cabo estudios que constataron que la presencia más próxima de una napa de agua se encuentra a 80 m. de profundidad, por lo que el riesgo de contaminación se reduce considerablemente. Por supuesto, el riesgo real de filtraciones en caso de derrames o pérdidas no desaparece nunca.

[11] Información extraída de La Mañana de Córdoba - Edición Electrónica (01/10/2012)
[12] Entrevista realizada durante el mes de mayo de 2012.

En lo relativo al traslado de los desechos que constituyen el "chichón de Alta Córdoba" (constituido por las colas de tratamiento de mineral de uranio, posteriormente tapadas con tierra), las dificultades para concretar el traslado se presentan en un doble plano: razones económicas, representadas principalmente por los costos del traslado, sumado a la escasa retribución política que puede traer aparejada; y razones sociológicas, ya que ningún municipio desea ser el receptor y alojar en su ejido municipal los residuos.

d. Concentración y densidad, fuente de vulnerabilidad

Una de las vulnerabilidades más relevantes asociadas al caso está representada por su ubicación geográfica dentro del ejido urbano de la ciudad de Córdoba. Se hizo mención a que el emplazamiento original de la actual planta se ubicaba en la periferia. Ahora bien, desde comienzos de la década del 50 y por 30 años más[13], la tasa media anual de crecimiento de la ciudad se ha localizado por encima de los 20 puntos, atada a una expansión territorial. Así, lo que constituye la "periferia" de la ciudad se desplaza constantemente, resultando que un gran número de instalaciones queden "atrapadas" en este desarrollo urbano.

La densidad, característica intrínseca de la ciudad, actúa como multiplicador de las amenazas que se presentan en todo proceso industrial anclado en el entorno urbano como espacio geográfico y como socio-ecosistema.

IV. Reflexiones finales

Con lo dicho queda expuesta la dificultad del tratamiento del caso que nos compete, ya que cuando incorporamos la localización de la planta y la densidad del barrio donde está ubicado, se puede hacer una estimación del riesgo que la actividad industrial genera. Al incorporar todos estos elementos buscamos mostrar la complejidad que esta situación implica, tanto para los organismos públicos, como para los actores privados. Este caso representa un punto de presión ambiental a tener en cuenta a la hora de la formulación de políticas públicas, cosa que por el momento no se han reflejado en el relevamiento que se llevo adelante.

Los problemas de coordinación que caracterizan al federalismo argentino y que aquí se evidencian de manera notoria, no hacen más que contribuir al sostenimiento de una situación que mantiene y consolida una degradación del medio ambiente urbano que se verá reflejada en el mediano y largo plazo. La sustentabilidad del sistema que constituye la ciudad debe considerarse atendiendo a los factores dinámicos que constituyen los procesos económicos que allí se desarrollan.

La constante definición y redefinición de los problemas y de las soluciones que a ellos apuntarán, se abre como un campo dinámico de constantes pujas de intereses. La planta de Dioxitek en este campo, se impone como un caso paradigmático, y profundamente relevante para hacer algunas reflexiones en torno al medio ambiente urbano y a su sostenibilidad en el mediano y largo plazo. La gestión de la ciudad es un ámbito con una potencialidad enorme, y aun no enteramente explotado en Argentina, y es la intención de este trabajo – y los futuros aportes que se desarrollen en el marco del proyecto- hacer un aporte para reflexionar y ampliar el debate en torno al manejo de la ciudad y las políticas que para ello se desarrollen.

[13] Para observar este fenómeno, consultar el análisis demográfico realizado por la Municipalidad de la ciudad de Córdoba en:
http://www.cordoba.gov.ar/cordobaciudad/principal2/imagenes/Diseno/Gu%C3%ADa%20Estadistica%5CCAPITULO%203%20-%20DE%E2%80%A6GRAFIA%202008.pdf

Referencias bibliográficas

Argüello Mejía, A. et al. (2011): “Riesgos antrópicos generados por la actividad minera”. Revista Letras Verdes N. o 11, marzo 2011

Fernández, M. (Comp.) (1996): “CIUDADES EN RIESGO. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres”. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

Herzer, M. (2011): “Construcción del riesgo, desastre y gestión ambiental urbana: Perspectivas en debate”. Revista Virtual REDESMA, vol. 5 (2).

Jiménez Herrero, L. (1992): “Medio ambiente y desarrollo alternativo: gestión racional de los recursos para una sociedad perdurable”. IEPALA Editorial

Lavell, A. (1999): “Gestión de Riesgos Ambientales Urbanos”. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Flacso.

---------- (2001): “Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición”. Biblioteca Virtual en Salud de Desastres-OPS. Vol. 4.

Lungo, M. y Baires, S. (1995): “San Salvador: crecimiento urbano, riesgos ambientales y desastres”. Alternativas para el Desarrollo (29). pp. 4-12.

Parson, W. (2007): “Políticas públicas: una introducción a la teoría y la práctica del análisis de políticas públicas”. Flacso. México

Velásquez Gavilanes, R. (2009): “Hacia una nueva definición del concepto “política pública”. En: Desafíos, n.° 20, p. 149-187.

Walter, J., & Pucci, F. (2007): “La gestión del Riesgo y las crisis”. Fon CSI–San Andrés y Buenos Aires, Argentina. Editorial Ateneo.

Zapata Martí, R. et al (2000): “Un tema del desarrollo: la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres”. Seminario “Enfrentando Desastres Naturales: Una Cuestión del Desarrollo”. Nueva Orleans. CEPAL-BID.

LA PROBLEMÁTICA DE LOS AGROQUÍMICOS Y SUS ENVASES, INCIDENCIA EN LA SALUD DE LOS PRODUCTORES Y EN EL AMBIENTE

Colonese, María del Carmen

AER INTA (GOYA-CORRIENTES)
CP: 3450
Dirección: Rolón 750 – Goya – Corrientes – Argentina
Teléfono: 03777-15609972
E mail: babyco63@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue obtener un cuadro de situación sobre el manejo de agroquímicos en familias del ámbito rural del departamento de Goya (Provincia de Corrientes): forma de uso, identificación de aquellos de mayor consumo y manejo y disposición de sus envases. Para la búsqueda de antecedentes e información de base se utilizaron diferentes métodos: consulta a especialistas con vasta experiencia y reconocimiento en el manejo de agroquímicos y revisión bibliográfica sobre la temática. Como instrumento de diagnóstico se utilizó una encuesta al productor sobre "El uso del agroquímico y sus envases". Se concluyó que la población involucrada no se encuentra capacitada para el manejo de agroquímicos que aplica en sus plantaciones, debido a escasa formación educativa, condiciones económicas precarias y falta de implementación de políticas y acciones concretas a través de los organismos oficiales, públicos y privados.

PALABRAS CLAVES: Agroquímicos, educación, ambiente, salud

ABSTRACT

The objective of the present work was to get a picture of the situation related to pesticide management by families in rural areas of the department of Goya (Corrientes province): way use, identification of the most common products, handling and container management. Basic information was obtained by different methods: qualified specialists with vast experience were interviewed and a literature review on the topic was carried out. A survey was conducted on "The use of agrochemicals and their containers" and the questionnaire answers were used as a diagnosis instrument. The results showed that people involved in this study do not properly use the pesticides are they are exposed to highly toxic products due to low educational background, poor economic conditions and lack of effective policies and actions implemented by government agencies and public and private organisms.

KEY WORDS: Agrochemicals, education, environment, health

INTRODUCCIÓN

En las actividades agrícolas los agroquímicos son productos de uso difundido y contribuyen a disminuir el esfuerzo físico (1).
Actualmente se tiene acceso a una gran variedad de agroquímicos, los cuales ejercen efectos adversos sobre la salud y el ambiente. Esto se ve agravado por la falta de propuestas para su minimización y para una disposición final apropiada de los envases vacíos, como así también la capacitación sobre oportunidades de aplicación y para un manejo adecuado cuando son necesarios.
Existe la urgente necesidad de proteger al medio ambiente, a la salud de los productores y a la población expuesta al manejo inadecuado de agroquímicos ya que estos una vez liberados en el entorno, pueden contaminar los ríos, la capa freática, el aire, el suelo, los alimentos y el hombre.
La familia rural se encuentra constantemente expuesta a los agroquímicos por motivos ambientales y ocupacionales. En general, toda la familia colabora en las tareas rurales; de este modo, la exposición comienza a edades muy tempranas, desde la misma concepción, debido a que las niñas se incorporan a las tareas domésticas rurales y laborales; jugando un rol muy comprometido en la comunidad rural.
La importancia del problema impone un abordaje urgente para el diagnóstico que permita diseñar una gestión adecuada de los agroquímicos en todo su ciclo de vida: producción, envasado, aplicación por parte del productor, tratamiento del residuo, la disposición final apropiada de los agroquímicos y de los envases obsoletos.
La producción tabacalera es sustentada fundamentalmente por pequeños productores (2).
Se caracteriza por la gran demanda de mano de obra a nivel cultivo, ya que pese al cambio tecnológico que rige a la agricultura del último siglo esta actividad continúa siendo mano de obra intensiva (3).
Goya, es el centro de producción tabacalera de la provincia de Corrientes, con una fuerte tradición que se remonta a principios del siglo pasado. Si bien en los últimos años se ha visto reducido, el tabaco sigue siendo parte fundamental de la cultura productiva del sector agropecuario goyano. Mientras las actividades tradicionales insumen entre 0,19 a 0,44 jornales por hectárea, el tabaco en promedio requiere unos 130 jornales/ha (4).
Hace aproximadamente unos 5 años se está trabajando de manera articulada con diversas instituciones del medio en la diversificación de la producción para el logro del uso adecuado y racional del suelo a través de la adopción de tecnologías apropiadas y amigables con el medio ambiente.
El problema no es “uso vs. no uso”, sino más bien de enfoque en el diseño de sistemas equilibrados, utilizando los principios ecológicos en una forma racional minimizando el daño al medio ambiente y al ser humano (5).
Por último, cuando se hace un recorrido por diarios, revistas y sitios web se encuentran casos de poblaciones con problemas de salud ligados a los agroquímicos o con impactos en el medio ambiente, como se observa en diferentes zonas de las provincias de Formosa, Misiones, Córdoba, Buenos Aires, Entre ríos, Santa Fe (6).
En la localidad Correntina de Lavalle (Puerto Viejo) se produjeron muertes por intoxicación con agroquímicos en niños menores de edad, lo que indica que el tema planteado es preocupante y es necesaria una urgente toma de posición de múltiples actores sociales, ya que la participación de los niños en el trabajo rural es una realidad innegable e imposible de desligar de la exposición a agroquímicos (7).

OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico general de la problemática originada en el manejo inadecuado de agroquímicos y sus envases en la comunidad rural de Buena Vista (Goya, provincia de Corrientes), y su incidencia en la salud de los productores y en el ambiente.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Realizar el relevamiento de los agroquímicos más utilizados
- ✓ Estudiar el manejo real de los envases de agroquímicos y realizar el relevamiento de información a través de las autoridades de aplicación sobre el destino de estos residuos.
- ✓ Identificar la población expuesta más vulnerable, de alto riesgo, y sobre la que se deberían aplicar acciones de prevención
- ✓ Relevar el marco normativo provincial y municipal aplicable en materia de agroquímicos y de los residuos que genere su utilización y su grado de cumplimiento y aplicación.

ANTECEDENTES

El Departamento de Goya, ubicado en el noreste de la Argentina y al oeste de la Provincia de Corrientes, es capital del departamento homónimo. Está situado a orillas del río Paraná con una población de 87.349 habitantes y una proyección al 2006 de 89.971 habitantes (8) y se accede al mismo a través de la Ruta Nacional Nº12 y de la Ruta Provincial Nº 27.

Posee una superficie de 4.840 km², equivalentes a 484.000 ha, lo que representa en términos porcentuales el 5, 00% de la superficie provincial., ubicándose en el octavo lugar entre los Departamentos de las Provincia, considerando la superficie territorial.

En la figura 1 se observa la distribución de la superficie territorial.

Fig. 1: Mapa y Cuadro de Ubicación Geográfica - Fuente: elaboración propia. Año: Febrero 2008.

Goya es la principal ciudad argentina de producción del tabaco criollo correntino. La producción tabacalera está sustentada fundamentalmente por pequeños productores, organizados en trabajos de tipo familiar, donde cada uno tiene una actividad específica, por lo tanto, existe una marcada exposición laboral y ambiental de todos los integrantes de la familia debido tanto a las condiciones de trabajo como a lo reducido de sus chacras. Las plantaciones están próximas a sus hogares y estos son afectados cuando se aplican los agroquímicos, situación que se agrava por la forma de aplicación, ya que se efectúa mediante mochilas pulverizadoras, la exposición del productor aplicador es alta y no utilizan equipo de protección adecuado.

• La investigación realizada en la comunidad rural de Buena Vista (Goya, Corrientes), fue del tipo descriptivo exploratorio y se desarrolló de la siguiente manera:

Búsqueda de antecedentes e información de base

Buena Vista es un paraje rural ubicado a unos 35 km. al sur de la ciudad de Goya.
Geográficamente está compuesta de cañadas y suaves lomadas, las cuales no llegan a superar las 4 hectáreas.
Si bien el clima presenta en los últimos años una creciente variabilidad y difícilmente se pueda caracterizar de manera absoluta, se puede decir que Buena Vista, como parte de la zona sudoeste de la provincia de Corrientes, presenta un clima subtropical húmedo, con estaciones definidas y precipitaciones irregulares, que a lo largo del año promedian los 1200 mm.
La mayor parte de estas 150 familias que allí habitan se caracterizan por ser aparceros u ocupantes, es decir no son propietarios de las tierras que habitan y trabajan.

MATERIALES Y METODOS

Diseño de la encuesta y definición de los criterios

Se desarrolló una encuesta al productor sobre el "uso de agroquímicos y sus envases".
Se entrevistaron a 10 productores tabacaleros (menos del 10%), cantidad prevista según números totales de productores (135 productores), en la comunidad rural de Buena Vista, y se efectuaron 10 encuestas. Además se realizaron entrevistas a: Técnicos de la Cooperativa de Tabacaleros (Empresa encargada del Acopio y comercialización del tabaco), Recorredores de Tabaco (Asesores) y Técnicos del INTA.
La aplicación de esta encuesta permitió un mayor contacto con el productor y su realidad; tuvo como objetivo describir los conocimientos, actitudes y prácticas que poseen los productores sobre la peligrosidad, efectos sobre la salud, exposición, antecedentes, aplicación del agroquímicos y manejo de intoxicaciones. Además, hay una última sección de la encuesta sobre el manejo y disposición final de los envases vacíos de agroquímicos.
En el Anexo se presenta el Formulario de Encuesta utilizado.

RESULTADOS y DISCUSION

Análisis de los resultados de la encuesta

El instituto Provincial del tabaco, es un organismo estatal encargado de proveer a los productores todos los elementos necesarios para el cultivo de tabaco, al inicio de las actividades del año, entre ellos los agroquímicos. El recupero de lo invertido se realiza con la entrega de tabaco en forma proporcional al costo de los productos.
El acopio y procesamiento del tabaco, está concentrado en la Cooperativa Tabacalera y la empresa privada Alliance.

Identificación de las variables más destacadas de la encuesta:

A. Agroquímicos más utilizados (Ver anexo II).
B. Protección cuando se manipula los Agroquímicos.
C. Toxicidad.
D. Disposición final de los envases vacíos de los Agroquímicos.

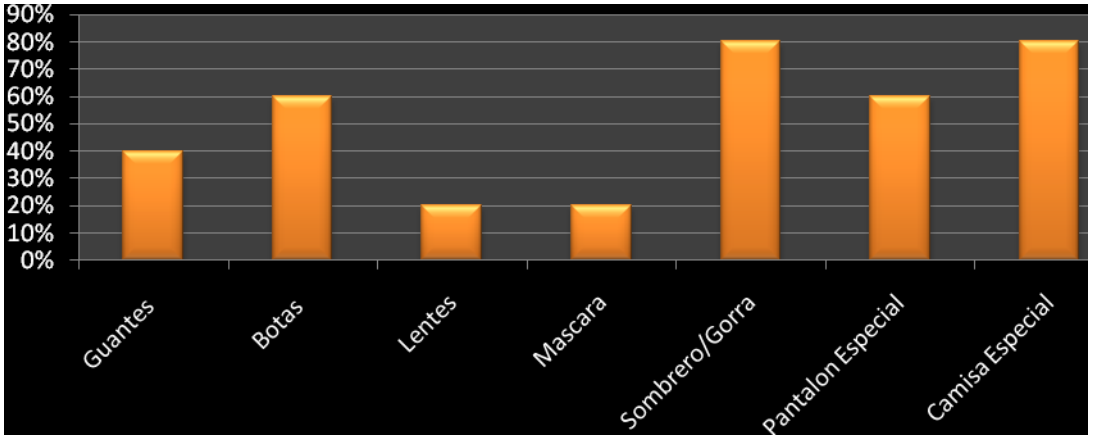
B. Protección cuando se manipula los Agroquímicos.

La mayoría de las personas entrevistadas posee una escasa educación, lo que les imposibilita comprender en su total plenitud el riesgo a la exposición a los agroquímicos. Desconoce el nombre de los principios activos, no diferencian peligrosidad entre los agroquímicos usados, a pesar de que hace mucho tiempo que trabajan con los mismos. La percepción del riesgo para cada agroquímico se basa generalmente en el olor, cuánto más fuerte, más peligroso.

Si bien en general respetan los factores climáticos cuando aplican los productos, solo muy pocos usan el equipo completo de protección y un equipamiento mínimo de guantes, botas, camisa y pantalones especiales. Esta situación en parte se debe a que las altas temperaturas reinantes desalienta el uso de elementos de protección.

Porcentaje de Elementos Utilizados

	Guantes	Botas	Lentes	Mascara	Sombrero/Gorra	Pantalón Especial	Camisa Especial
	40%	60%	20%	20%	80%	60%	80%
N°1		X			X		X
N°2	X				X		X
N°3		X	X		X	X	X
N°4	X	X			X	X	X
N°5					X	X	X
N°6		X			X		
N°7							
N°8	X	X		X	X	X	X
N°9						X	X
N°10	X	X	X	X	X	X	X



ELEMENTOS DE PROTECCION UTILIZADA

N°1	3	Botas/Sombrero/Camisa E.
N°2	3	Guantes/Sombrero/Camisa E.
N°3	5	Botas/Lentes/Sombrero/Pantalón E./Camisa E.
N°4	5	Guantes/Botas/Sombrero/Pantalón E./Camisa E.
N°5	3	Sombrero/Pantalón E./Camisa E.
N°6	2	Botas/Sombrero.
N°7	10	Producción Orgánica
N°8	6	Guantes/Botas/Mascara/Sombrero/Pantalón E./Camisa E.
N°9	2	Pantalón E./Camisa E.
N°10	9	Equipo Completo

C. Toxicidad de los Agroquímicos.

- Es difícil de interpretar lo escrito en la etiqueta de los envases, referido a: dosificación, forma de uso y aplicación.
- No recibieron información sobre toxicidad de los agroquímicos.
- No conocen el término tiempo de carencia.

No hay información estadística disponible ni estudios sobre la cuestión entonces es difícil estimar la incidencia de intoxicaciones y más aún de enfermedades asociadas al uso periódico y repetido de los agroquímicos empleados en el cultivo de tabaco.

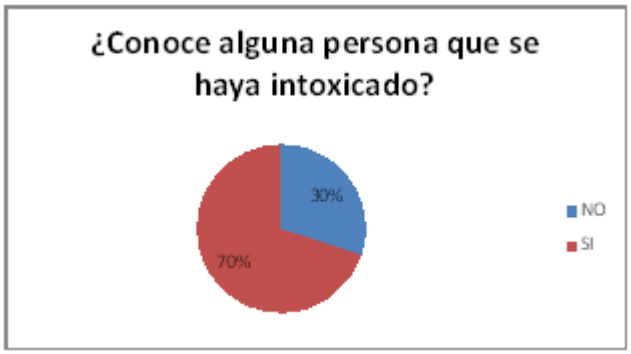
Del total de encuestados (10) resultó que 7 (el 70%) conoce a alguna persona que se ha intoxicado.

La población más vulnerable y expuesta a los agroquímicos es el productor y su familia, como lo expresamos anteriormente, porque la mano de obra es de tipo familiar.

Tabla N° 3: ¿Conoce alguna persona que se haya intoxicado?

¿Conoce alguna persona que se haya intoxicado?	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6	N°7	N°8	N°9	N°10	Total	Porcentaje
NO	X		X						X		3	30%
SI		X		X	X	X	X	X		X	7	70%

Grafico N°2: ¿Conoce alguna persona que se haya intoxicado?



D. Disposición final de los envases vacíos de agroquímicos

Una de las asignaturas pendientes de las Autoridades Provinciales y de los Organismos competentes, es qué hacer con los envases vacíos de agroquímicos.

Los productores no realizan un manejo adecuado de los envases vacíos de agroquímicos, desconociendo como realizar el triple lavado de los mismos.

Si bien en la Argentina no existe una ley nacional de agroquímicos la provincia de Corrientes posee la ley Provincial de Agroquímicos Nº 4495/90 y su decreto reglamentario 593/9, no contempla específicamente la disposición final de los envases vacíos de agroquímicos y en consecuencia por resolución N° 728/11 el Ministerio de Producción de Corrientes (autoridad de aplicación de la ley de agroquímicos) creó el programa de Gestión de Envases de Agroquímicos.

Este programa implica la construcción de los Centros de Acopio de envases vacíos de agroquímicos, triplemente lavados y perforados, ubicados en puntos estratégicos de la provincia de Corrientes, en función de las zonas productivas que generan los residuos.

Se propone la promoción de buenas prácticas agrícolas que disminuyan los riesgos durante la manipulación de agroquímicos y que, además, protejan la salud humana y al ambiente.

Otras de las pautas a trabajar es el diseño e implementación, de manera conjunta en la provincia, un circuito entre productores, distribuidores, cooperativas, asociaciones, compañías químicas y municipios, para la recolección, la recepción y el reciclado de los envases vacíos de agroquímicos descontaminados a través de la técnica de triple lavado o lavado a presión.

Tabla N° 4: Disposición final de envases de agroquímicos.

Se marca con una X la respuesta correspondiente de cada encuestado

	Encuestas											
¿Qué hace con los envases cuando termina el contenido de agroc	**N°1**	**N°2**	**N°3**	**N°4**	**N°5**	**N°6**	**N°7**	**N°8**	**N°9**	**N°10**	**Total**	**Porcentaje**
Perfora											0	0%
Disposicion final en el basural					X						1	10%
Entierra ¿Como?												
Con tratamiento previo									X	X	2	20%
Sin tratamiento previo	X	X				X					3	30%
Señalizado e identificado el lugar									X	X	2	20%
Otros											0	0%
Quema ¿Como?												
A cielo abierto	X		X	X				X			4	40%
Incinerador de alta temperatura											0	0%
Otros											0	0%
Acumula ¿Donde?												
Campo											0	0%
Servicio de tratamiento y acopio de envases											0	0%
Le asigna otro uso											0	0%
Otros											0	0%

Grafico N°3: Disposición final en el basural.

Grafico N°4: Entierra ¿Cómo?

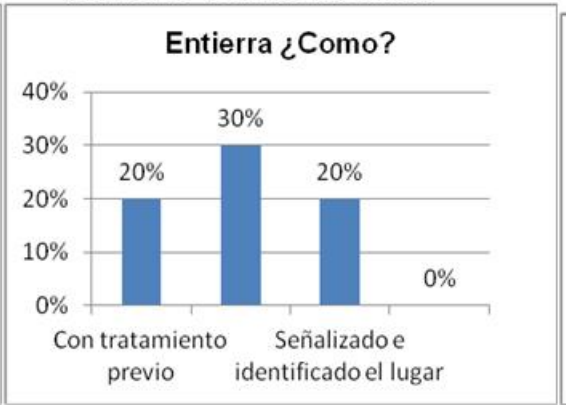
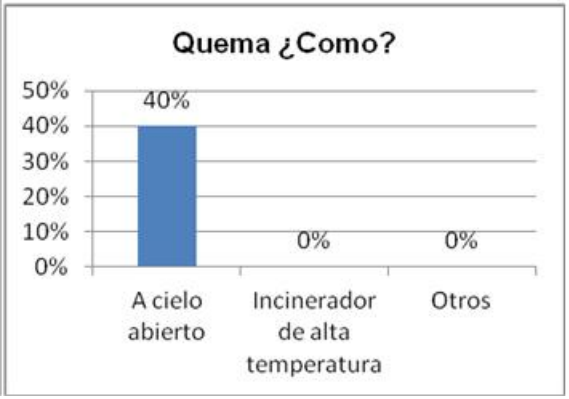


Grafico N°5: Quema ¿Cómo?



No se conocen estudios similares en la región, por lo tanto, para determinar el tamaño de la muestra que sea representativa de la población en estudio, 135 productores tabacaleros, se encaró un estudio de diagnóstico (piloto) seleccionando aleatoriamente 10 de ellos para la realización de una encuesta exhaustiva.

De esta encuesta, se considera que la pregunta “Conoce a alguna persona que se haya intoxicado” es la que mejor refleja el impacto del manejo inadecuado de los agroquímicos en la salud humana. Por tal motivo, las respuestas a esta pregunta se seleccionaron para determinar algún parámetro estadístico que permitiera determinar el tamaño real de la muestra representativa del total de la población.

CONCLUSION

El presente estudio ha permitido identificar las prácticas habituales respecto al manejo de agroquímicos y la disposición final de los envases en la comunidad rural de Buena Vista (Goya, Corrientes), donde el principal cultivo, el tabaco, es realizado por pequeños productores tabacaleros con explotaciones agropecuarias de menos de 5 hectáreas, que sustentan esta actividad económica en un contexto de alta dependencia de organismos oficiales y empresas privadas.

Los pequeños productores de escasos recursos, en la mayoría de los casos viven en la misma chacra, ello conlleva a una exposición ambiental continua a los agroquímicos no solo del productor-aplicador sino de su familia. Con respecto al nivel de instrucción es predominantemente de nivel primario completo, sin capacitación específica para el manejo adecuado de los agroquímicos. Uno solo manifiesta que posee el equipo de protección personal, podemos decir o afirmar que la mayoría no se protege adecuadamente a la hora de manipular el agroquímico (Gráfico Nº 1). En caso de intoxicación la primer medida que toman es beber 1 litro de leche, lo que está contraindicado porque la leche tiene grasa y muchos de los compuestos químicos se absorben en grasa.

Existe también la práctica del cultivo orgánico, factor que permite elevar el costo del producto y exportarlo favorablemente; sin embargo cabe preguntarse en este caso si el cultivo es verdaderamente orgánico teniendo en los alrededores la aplicación de agroquímicos (en el Gráfico Nº 1 el encuestado responde a esta característica).

El manejo de envases de agroquímicos corrobora de manera fehaciente el hecho de que la gestión de los mismos no tiene ningún tipo de control, y su consecuencia es la contaminación irreversible del ambiente. Existe una disparidad de acciones en la disposición final de estos envases, los que: se disponen en el basural (10%), se queman a cielo abierto (40%), se entierra sin tratamiento (30%) (Gráfico Nº 3).

Existe la ley 5300 “Régimen Regulatorio del uso de agroquímicos” (1.998) la autoridad de aplicación es el Ministerio de la Producción.

Según expediente 6205/11 se crea la Comisión Provincial de Investigación sobre agroquímicos en el ámbito del Ministerio de Salud Pública. Es un proyecto de Ley y tiene media sanción. Se destaca que nunca se ha encarado un estudio serio de relevamiento sanitario de la población que permita tomar medidas en la planificación de políticas conjuntas de ambiente, producción y salud

BIBLIOGRAFIA

- Arach, O. Los Inicios de un Proceso de Investigación Participativa en Goya y Lavalle. INTA (2009).
- Arauz, L.F. Hacia un uso racional de los plaguicidas sintéticos: una perspectiva agroecológica. Congreso Nacional Agronómico 1996. Centro de investigaciones en Protección de cultivos, Universidad de Costa Rica. Págs. 7 a 10.
- Boston, B. “Protección de los niños de la exposición química peligrosa”. Documento elaborado por el grupo de trabajo del Foro intergubernamental sobre Seguridad Química. IFCS. (1996). Disponible en www.ifcs.ch
- Carrero, D; Corra, L. ”Situacion de trabajo infantil y adolescente en contacto con plaguicidas en argentina”. Asociacion Argentina de Medicos por el Medio Ambiente, AAMMA. Internacional Society of DoctorsfortheEnviroment, ISDE.
- Censo Nacional de población y vivienda, (CNPyV) 2001.
- Corradini, Eugenio, Zilocci, Hugo, Gimenez Laura, Cuestas Rafael, Merello Pablo, Segesso Roberto y Molfesa Sandro. Caracterización del sector productor tabacalero en la Republica Argentina, Facultad de Ciencias Agrarias, UCA, tercera versión. (2005). Disponible en www.sagpya.mecon.gov.ar.
- Sablich, Juan, Registro de productores tabacaleros de la provincia de Corrientes. Agencia Extensión Rural. Goya, Corrientes 2011.
- Silva, M. A: Los desafíos de la Argentina en torno al crecimiento rural a espaldas del medio ambiente y la salud, en Observatorio de la Economía Latinoamericana, Enero 2008. www.euned.net/cursecon/ecolat/ar/index.htm

AGRADECIMIENTOS

- Al Ingeniero Agrónomo Zabala Martín Horacio, por su constante apoyo y colaboración.
- A mis hijos: Fernanda, Oscar y Georgina por su permanente ayuda y acompañamiento.
- A la Ingeniera Agrónoma Sara Cáceres al dedicar parte de su tiempo a la revisión del presente trabajo de Investigación

ANEXO I: Encuestas

Nº de orden de Cuestionario.

I. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTOR Y DE LA EXPLOTACIÓN

1. Identificación del Productor y ubicación de la Explotación

Apellido y Nombre del Productor

Ubicación geográfica de la Explotación: calle / ruta - Nº / Km

Paraje o localidad de la Explotación

1º Teléfono / celular

Celular

2. Tamaño de la Explotacion

Hectáreas

,

Apellido y Nombre del Informante (sólo si dfiere del productor)

II. USO DE LA TIERRA

		Superficie (ha)	
Cultivo / variedad		antada / Sembra	Cosechada
Tabado	Burley	,	,
	Criollo Correntino	,	,
	Otro criollo	,	,
	Virginia	,	,
	Otras veriedades	,	,
Algodón		,	,
Sorgo		,	,
Hortalizas			
Maíz		,	,
Otros cultivos		,	,
Total		,	,

II. MODALIDADES DE GESTIÓN

1. Recibe regularmente asesoramiento técnico externo. Marque con una X

		Tabaco	ortícultu	Ganad	prestaci	Otros
Profesionales independie						
Organismos oficiales	Nacionales					
	Provinciales (					
Instituciones Privadas	Cooperativas					
	Empresas					
	Agroindustrias					
	ONGs					
Otras						

2. Indique la/s institución/es a la/s que se ha asociado

Cooperativa	de Tabacaleros	
	Buena Vista	
Gremiales		
Programa Cambio Rural		
Programa Social Agripecuario (PS		
Otras		
No esta asociado		

IV. TABACO

1.1 Manejo del cultivo. Marque con una X

Control de malezas	Manual			
	Mecánico			
	Químico			%
Desflore				
Reguladores de crecimiento				
Desmalezado/Escardillada/car				
Fertilizantes utilizados	Base	Orgánico		
		Mezcla		
	Repique	Nitrato de Pot		
		Nitrato de am		
Riego				

Almacigos

1.2 Modalidad de Desinfeccion de suelo. Marque

Nada		
Químicos	Vapam	
	Bromuro	
otros		

	m^2/ha
Cantidad de m^2 por Ha	

Fuentes de agua. Marque con una X

Superficial	Río	
	Laguna	
	Canal o aceq	
Subterranea	Sin bombeo	
	Con bombeo	

Tipo de bomba

Eléctricas	de superfic	
	sumergible	
Con motor		
Molino		

AGROQUIMICOS

¿Para qué utiliza agroquímicos? (marque todas las mencionadas)

Para controlar o mitigar plagas ☐
Para proteccion de las cosechas ☐
Obtener mejores rendimientos ☐
No sabe ☐
E. Otros: _____

¿Conoce otras formas de controlar las plagas? (marque todas las mencionadas)

Control biológico ☐
Manejo Integrado de Plagas. ☐
Control orgánico ☐
Otros: _____

¿Cómo se protege cuando tiene que manipular el agroquímico? (marque todas las mencionadas)

Guantes ☐ Botas ☐ Lentes ☐ Pantalón especial ☐
Camisa especial ☐ Máscara ☐ Sombrero/Gorra ☐ Ninguno ☐
OBSERVACIÓN: Si la respuesta es NINGUNA; Especifique ¿POR QUÉ?
.....

Despues de Manipular el Agroquimico ¿ Que habitos tiene?

Se baña ☐ Come ☐ Duerme ☐ Otros ☐

Si no Utiliza Proteccion ¿Qué hace con la ropa?

La sigue usando ☐ La lava ☐ Como ?_____

¿Qué condiciones climáticas tiene en cuenta para la aplicación del agroquímico?
(marque todas las mencionadas)
A. Viento ☐ B. Lluvia ☐ C. Calor ☐
D. Humedad ☐ E. No las tiene en cuenta ☐ F. Otras ☐
8. ¿A qué hora del día suele aplicar los a
A. Mañana temprano ☐ B. Media m
D. Tarde temprana ☐ E. Atardecer ☐

¿Alguien lo asesora sobre los agroquímicos? (marque todas las mencionadas)

A. Organismo Estatal ☐ B. Organismo Privado ☐ C. Otro Productor ☐
D. Proveedor ☐ F. Ninguno ☐ E. Otros:_____
_____

¿Dónde compra los agroquímicos? (marque todas las mencionadas)

Forrajería ☐ Viveros ☐
Venta de Agroquímicos ☐ Cooperativas ☐
Supermercado ☐ No sabe ☐
Particular (por ejemplo, Ing Agrónomo) ☐
G. Otros: _____

¿En qué envases recibe los agroquímicos que compra? (marque todas las mencionadas)

Envases sellados (originales) ☐ A granel ☐ Fraccionados ☐

¿Dónde se almacenan los agroquímicos? Especifique.

Al aire libre ▯ Galpón de uso general ▯

Deposito aislado (específico para agroq.) ▯ Casa/Ambiente familiar ▯

Otros (Especifique): _____

¿Qué parte de las del rótulo de los agroquímicos le parece menos clara? (marque todas las mencionad

Modo de preparación ▯ Dosificación ▯ Aplicación ▯

Toxicidad ▯ Forma de uso ▯ Todas ▯

G. No tiene rótulos ▯ H. No lee o no sabe ▯

I. Otros: _____

¿ Conoce el termino "Tiempo de Carencia" SI ☐ NO ☐

En la preparacion del producto ¿Con que mide la can Jeringa ☐ Cuchara ☐ Tapita ☐

¿Qué hace con el sobrante del producto preparado? (marque todas las mencionadas)

Lo tira (donde) ▯ Lo aplica todo ▯ Otros ▯ No sabe o no contesta ▯

¿Recibió alguna información complementaria sobre la toxicidad de los agroquímicos?

¿De que manera recibió esta información? (marque todas las mencionadas)

A. Rótulo ▯ C. Folletos ▯

B. Conferencias o charlas ▯ E. No recibió ▯

D. Otros: _____

¿Conoce las vías de entrada de los productos a su organismo? Si conoce, ¿Cuáles?

(marque todas las mencionadas)

A. Boca ▯ B. Piel ▯

C. Mucosas (ojos) ▯ D. Inhalatoria ▯

F. No conoce ▯

E. Otros: _____

Conoce alguna persona que se haya intoxicado con agroquímicos?

SI ☐ NO ☐

¿Qué síntomas sintió o manifestaron Ud y/o las personas intoxicadas?

(marque todas las mencionadas)

A. Mareos ▯ B. Nauseas o vómitos ▯ C. Lagrimeo ▯

D. Sudor ▯ E. Decaimiento ▯ F. Confusión mental ▯

G. Dolores de cabeza ▯ H. Dificultades respiratorias ▯ I Visión borrosa ▯

J. Cansancio ▯ K. Incoordinación ▯

L. Otros: _____

¿Cuánto tiempo ha transcurrido desde la intoxicación?

A. Días ▯ B. Semanas ▯ C. Meses ▯ D. Años ▯

¿Qué haría en caso de intoxicación? Si contesta que va al hospital, pregunte si hace algo más antes de concurrir (marque todas las mencionadas)

A. Hospital ▯ B. Clínica Privada ▯

C. Centro de Atención Primaria ▯ D. Se lava con abundante agua ▯

E. Toma Leche ▯ F. Se provoca vómitos ▯

G. Se cambia la ropa ▯

H. Otros: _____

Disposicion de los Envases

¿Qué hace con los envases cuando termina el contenido de agroquímicos?

A. Perfora ☐ B. Entierra ☐ C. Quema ☐
D. Acumula ☐ E. Reutiliza ☐ F. Disposición final en basural ☐
F. Otros: _____ G. No Sabe ☐

Si la opción es ENTIERRA, ¿CÓMO? (marque todas las mencionadas)

A. Con tratamiento previo ☐ B. Sin tratamiento previo ☐
C. Señalizado e identificado el lugar ☐ D. Otros: _____

Si la opción es QUEMA ¿CÓMO LOS QUEMA? (marque todas las mencion

A. A cielo abierto ☐ B. Incinerador de alta temperatura ☐
C. Otros: _____

Sí la opción es ACUMULA, ¿DÓNDE? (marque todas las mencionadas)

A. Campo ☐ B. Servicio de tratamiento y acopio de envases ☐ C. Le asigna otro uso ☐
D. Otros: _____

¿Que hacen con los productos vencidos?

Entierra ☐ Acumula ☐ Lo Tira a la Basura ☐

¿Conoce el Triple Lavado?

NO ☐ SI ☐

¿Cómo lo hace?

Correcto ☐ Incorrecto ☐

POBLACIÓN

Detalle los datos de las personas que reciden en la/s vivienda/s dentro de la Explotación Agropecuaria

Nº Vivienda	Apellido y Nombre	Edad	Relación / Parentesto	Educación	Completo el nivel	Obra Social Cual	Obra Social Servicio

CODIGOS

Relación / parentesco

Con respecto al jefe de familia

Productor/a o Socio/a	1
Esposo/a - Pareja	2
Hijo/a	3
Nieto/a	4
Yerno	5
Nuera	6
Suegro/a	7
Sobrino/a	8
Cuñado/a	9
Tio/a	#
Trabajador no familiar	#
Otro	#

Educación Formal

Máximo nivel alcanzado

No lee ni escribe	1
Inicial (jardín/preescolar)	2
Primario	3
EGB	4
Secundario	5
Polimodal	6
Terciario no universitario	7
Universitario	8

Completo el nivel

Si	1
No	2

Obra Social

Cual es la obra social que posee

No posee obra social	1
ASPRO	2
Otras	3

Que servicio les presta

Hospitalaria	1
Internación	2
Otras	3

Pag. 6

ANEXO II: Tabla I.

Agroquímicos mas utilizados por los productores encuestados			
Producto	Uso	Aplicación	Clasificación Toxicológica según la organización Mundial de la salud.
Vapam	Fungicida Herbicida Insecticida	Desinfección suelo	*II Moderadamente Peligroso
Mancozeb	Fungicida	Desinfección suelo	*IV Producto que normalmente no ofrece peligro. *Toxico para peces.
Acefato	Insecticida	Tratamiento de semillas	*III Producto poco peligroso. *Toxico para abejas, Aves.
Confidor	Insecticida	Desinfección suelo	*II Moderadamente Peligroso
Doser (Clorpirifos)	Insecticida	Control de plagas No aplicar en etapa de almacigo.	*II Moderadamente Peligroso *Altamente toxico para abejas, aves, peces.

Producto	Uso	Aplicación	
Nitrógeno 11% Fosforo 17% Potasio 24%	Fertilizante Base	Después del trasplante (A los 10 días) A los 45 días (Repique)	Categoría tipo B
Nitrato de Amonio	Fertilizante Nitrogenado		Categoría tipo B
Nitrato de Potasio	Fertilizante		No Deja ningún residuo Soluble en su totalidad

CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA Y DETECCIÓN DE ATRAZINA EN AGUA SUBTERRÁNEA DE LA CUENCA LECHERA DE VILLA MARÍA, CÓRDOBA, ARGENTINA

Romina A. Bachetti[1], Fátima Bécher Quinodóz[2], Noelia L. Urseler[1], Mónica Blarasin[2], Daniel Rotondaro[1], Carina Porporatto[1], Elizabeth Agostini, Carolina A. Morgante[1]

1. Instituto AP de Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional de Villa María.
2. Dpto. de Geología, FCEFQyN, Universidad Nacional de Río Cuarto.
E-mail: caromorgante@yahoo.com.ar

RESUMEN

La región central de Córdoba concentra actividades productivas agrícolas y ganaderas que pueden modificar la calidad del agua superficial o subterránea por la incorporación de contaminantes como materia orgánica, fertilizantes y/o plaguicidas. Entre estos últimos, los herbicidas *s*-triazinas como Atrazina poseen alta toxicidad, persistencia y distribución en el ambiente, pudiendo contaminar ecosistemas acuáticos. Los objetivos del presente trabajo son realizar la caracterización hidroquímica del agua subterránea en un sector de la cuenca lechera de Villa María y detectar de la presencia de Atrazina. Se establecieron 12 sitios de muestreo de aguas subterráneas (perforaciones de 8-30 m de profundidad) en tambos de la región. El agua resultó bicarbonatada, sulfatada o clorurada sódica en función de condicionantes geomorfológicos del ambiente fluvio-eólico evaluado, hallándose variables concentraciones de F y As (elementos traza naturales). Los valores de NO_3^- y alta correlación NO_3-K ($r=0,84$ $p< 0,01$) y NO_3-HCO_3^- ($r=0,89$ $p< 0,01$) son indicadores de contaminación derivada de agricultura (fertilizantes) o ganadería. Se determinó la presencia de Atrazina (ELISA) en dos muestras de agua subterránea (0,38 y 0,07 µg/L), lo que indica su persistencia hasta la profundidad evaluada, destacándose que en una de ellas se supera el valor establecido por la CE. Si bien la composición química del agua presenta una calidad natural con restricciones para diversos usos, los resultados hallados indican que además los sistemas productivos actuales producen deterioro variable en el recurso hídrico.

PALABRAS CLAVE: calidad de agua subterránea, contaminación, Atrazina

ABSTRACT

The central region of Cordoba province has agricultural and livestock production activities that can change surface or groundwater quality by the addition of pollutants such as organic matter, fertilizers and/or pesticides. The atrazine (an s-triazine herbicide) have high toxicity, persistence and distribution in the environment and can contaminate aquatic ecosystems. The objectives of this study are to characterize the unconfined aquifer hydrochemistry in the dairy sector of Villa Maria and to detect atrazine presence in the groundwater. For this study, 12 sites were established for groundwater sampling in 8-30 m depth wells, situated in dairy farms. Groundwater is fresh to salty and bicarbonate, sulfate or chloride geochemical type, depending on geomorphological conditions in the fluvial-eolian studied environment. Varying values of minor and trace chemical elements like F and As were measured. The NO_3^- values and the high correlation NO_3-K ($r=0.84$ $p< 0.01$) and NO_3-HCO_3^- ($r=0.89$ $p< 0.01$) are environmental indicators derived from agricultural or dairy/livestock activities. Atrazine (ELISA) was detected in two groundwater samples (0.38 and 0.07 µg/L), indicating its persistence even the evaluated depth, emphasizing that one of them exceeded the value set by the EC. While groundwater chemistry has natural quality constraints for different uses, the results indicate that current production systems also produce variable degradation on groundwater resources.

KEYWORDS: ground water quality, contamination, Atrazine

INTRODUCCIÓN

La degradación de los ecosistemas acuáticos, incluyendo los sistemas de aguas subterráneas, están directamente relacionadas a las formas de ocupación de las tierras y a los variados usos a los que son sometidos los recursos naturales. El agua es de trascendental importancia para el desarrollo del hombre ya que es fuente de recursos, sumidero de residuos y forma parte de procesos vitales en todos los ecosistemas (Blarasin et al., 2005).

La región centro-sur de la provincia de Córdoba se caracteriza por concentrar actividades productivas agrícola – ganaderas y lecheras que constituyen una base importante de su riqueza. En los ecosistemas agropecuarios, el acuífero libre puede ser impactado por la llegada de contaminantes móviles y/o persistentes provenientes de la aplicación de agroquímicos (plaguicidas y/o fertilizantes), la práctica tambera, criaderos tradicionales de porcinos y vacunos y, en notorio crecimiento, la práctica de cría intensiva, sitios que pueden contaminar el agua subterránea con nitritos, nitratos, microorganismos, metales pesados e incluso productos farmacéuticos (Blarasin et al., 2008, Candela et al., 2008, Adriano 2001), entre otros. En los últimos años, la aplicación de herbicidas organoclorados (OC) se ha incrementado, entre éstos la Atrazina (2-cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-1,3,5-triazina), herbicida selectivo perteneciente a la familia de las *s*-triazinas, es utilizada para el control de malezas durante los barbechos y la preemergencia de numerosos cultivos. La misma es considerada un contaminante de preocupación ambiental debido a su toxicidad, persistencia y amplia distribución en el ambiente, con capacidad para contaminar ecosistemas acuáticos (Carafa et al., 2006 ;Woudneh et al., 2009; Hernández et al., 2011).

El área de estudio comprende la cuenca lechera de Villa María, la cual se caracteriza por presentar al río Tercero (Ctalamochita) como curso principal, el que recorre la zona con dirección NW – SE, además de numerosos arroyos y canales de régimen permanente o temporario. En los establecimientos rurales que aquí se reconocen, el agua subterránea constituye el recurso hídrico por excelencia, empleándose fundamentalmente para consumo humano, ganadero y riego. Si bien los acuíferos explotados, en su mayoría proveen agua de buena calidad para los diversos usos, en los últimos años se ha observado un deterioro parcial de los mismos como consecuencia de la intensificación productiva local.

En función de lo expuesto, se plantean como objetivos la caracterización hidroquímica preliminar del agua subterránea del acuífero libre en la cuenca lechera de Villa María y la detección de la presencia del herbicida OC Atrazina.

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio a escala regional, sobre la base de hojas topográficas del IGN, de fotografías aéreas e imágenes satelitales. Para el estudio hidrológico se establecieron 12 puntos de muestreo en perforaciones que captan en los primeros metros del acuífero libre (8 - 30 m) ubicados en establecimientos agrícola-ganaderos de la cuenca lechera de Villa María, Córdoba. Las estaciones de muestreo, fueron identificadas con coordenadas del sistema de posicionamiento global (GPS) y representadas gráficamente utilizando el programa gvSIG como herramienta del sistema de información geográfica (SIG).

Para la toma de muestras de agua subterránea, se colectaron 1,5 L de agua en envases plásticos para el análisis físico-químico o en botellas limpias de vidrio color caramelo para la determinación de plaguicidas (conservándose a 4º C hasta su análisis).

El análisis físico-químico de las muestras se llevó a cabo en el laboratorio de Geoquímica del Departamento de Geología de la Universidad nacional de Río Cuarto, donde se realizaron las siguientes determinaciones: CO_3^{2-}, HCO_3^-, SO_4^{2-}, Cl^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, As, F^-, NO_3^-. La información resultante de los análisis químicos fue procesada, obteniéndose los mapas hidroquímicos correspondientes.

Para el análisis e interpretación de las interrelaciones existentes entre variables químicas y uso del territorio, se aplicaron metodologías estadísticas descriptivas uni y multivariadas, empleando el paquete estadístico SPSS Static 21.0.

La detección de Atrazina, se realizó mediante ELISA competitiva (Atrazine ELISA Kit) según las especificaciones del fabricante (Abraxis, USA). Los datos se evaluaron estadísticamente

mediante análisis de la varianza (ANOVA) empleando el programa *GraphPad Prism* 5.0 con un nivel de significancia de 0,05.

En el presente estudio se consideraron como marcos regulatorios a nivel internacional, las Guías para la calidad de agua de bebida (OMS, 2011), la normativa de USEPA (United State Environmental Protection Agency, 2009), la directiva de la Comunidad Europea (Directiva 98/83/EC) y la Canadian Environmental Quality Guidelines (CCME, 2006). En el ámbito nacional se tuvo en cuenta la Ley 24.051 de desechos peligrosos (decreto reglamentario 831/93) y la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la provincia de Córdoba (SSRH) Resolución Nº 608/1993

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el mapa de la **figura 1**, se localizan los sitios de monitoreo de aguas subterráneas. Los datos correspondientes a las coordenadas geográficas y referencia de las estaciones de muestreo, se detallan en la **tabla 1**.

Desde el punto de vista geológico-geomorfológico la zona se caracteriza por la presencia de sedimentos aflorantes de edad Cuaternaria de origen fluvial, asociados a diferentes estadios hidrodinámicos del río tercero o Ctalamochita, y de origen eólico, fundamentalmente materiales loésicos depositados durante la última glaciación holocena (Blarasin et al., 2005).

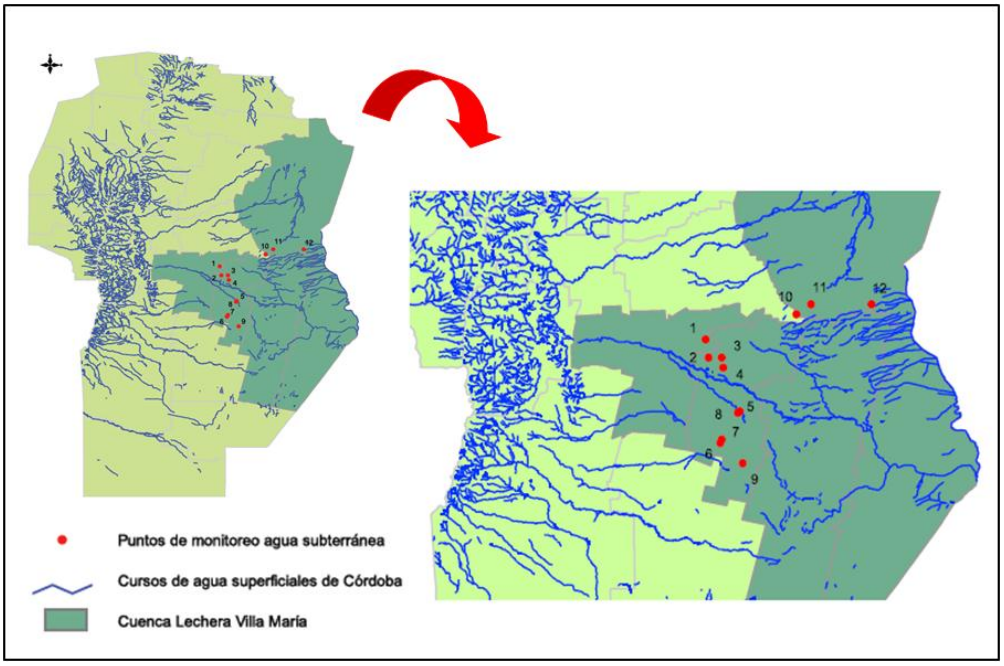


Figura 1. Sitios de monitoreo de agua subterránea de la cuenca lechera Villa María.

Tabla 1. Sitios de monitoreo

Referencia	Estación de muestreo	Latitud (S)	Longitud (O)
	Aguas subterráneas		
1-JC1	James Craik 1	32° 08’ 51’’	63° 27’ 23’’
2-JC2	James Craik 2	32° 15’ 30’’	63° 26’ 28’’
3-TP1	Tío Pujio 1	32° 15’ 36’’	63° 21’ 44’’
4-TP2	Tío Pujio 2	32° 19’ 04’’	63° 21’ 04’’
5-SAN1	Sanabria 1	32° 34’ 49’’	63° 15’ 08’’
6-PA3	Pasco 3	32° 45’ 59’’	63° 21’ 86’’
7-PA4	Pasco 4	32° 44’ 49’’	63° 21’ 31’’
8-SAN2	Sanabria 2	32° 34’ 89’’	63° 14’ 78’’
9-ETR	Etruria	32° 53’ 05’’	63° 13’ 50’’
10-PDM	Pozo del Molle	32° 00’ 15’’	62° 54’ 14’’
11-TRI	Trinchera	31° 56’ 22’’	62° 48’ 36’’
12-ALC	Alicia	31° 56’ 18’’	62° 26’ 09’’

1. Caracterización química del agua subterránea

Los parámetros estadísticos de las variables químicas analizadas para las 12 muestras se exhiben la **Tabla 2**. Como se observa la conductividad eléctrica presenta un mínimo de 302 µS/cm y un máximo de 6210 µS/cm, con un desvío de 1.487,5 (**Tabla 2**), lo que indica que la misma presenta una gran variabilidad.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la composición química del agua subterránea

Variables	Nº muestras	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
pH	12	7.00	8.20	7.60	38376
CE (uS/cm)	12	302.00	6210.00	2051.58	1487.52
SDT (mg/l)	12	232.00	5488.00	1622.32	1323.66
HCO_3^- (mg/l)	12	93.80	887.50	422.40	248.22
SO_4^{-2} (mg/l)	12	37.80	2012.00	453.60	543.44
Cl^- (mg/l)	12	22.90	1051.40	234.77	289.00
Na^+ (mg/l)	12	38.40	1536.90	418.19	377.94
K^+ (mg/l)	12	3.20	52.70	18.40	15.54
Ca^{++} (mg/l)	12	10.40	114.40	54.33	33.90
Mg^{++} (mg/l)	12	4.40	78.00	18.33	20.31
$AS^{(+3+5)}$ (mg/l)	12	1.00	280.00	80.33	81.23
F (mg/l)	12	0.25	2.60	0.77	69185
NO_3^- (mg/l)	12	1.00	100.00	27.89	30.12

El carácter geoquímico del agua en la zona de estudio (**Figura 2**) resultó en un mosaico geoquímico variado, observándose 25% de aguas bicarbonatadas, 16,6% bicarbonatadas-sulfatadas y 8,4% bicarbonatadas-cloruradas. Las aguas sulfatadas están representadas por el 25% y el 25% restante corresponde a las aguas cloruradas-sulfatadas. En todos los casos mencionados el agua resultó del tipo catiónico sódico. Las variaciones en la composición química del agua subterránea y los resultados del relevamiento de campo, permiten deducir una asociación con los ambientes geomorfológicos presentes. Las aguas dulces bicarbonatadas corresponden a muestras extraídas de perforaciones ubicadas en paleocauces y paleoderrames del río Tercero, mientras que las aguas salobres y saladas, del tipo sulfatadas y/o cloruradas, se corresponden con perforaciones ubicadas en el ámbito de la planicie eólica (sedimentos más finos) y áreas mal drenadas (drenaje araña, drenaje en cañadas).

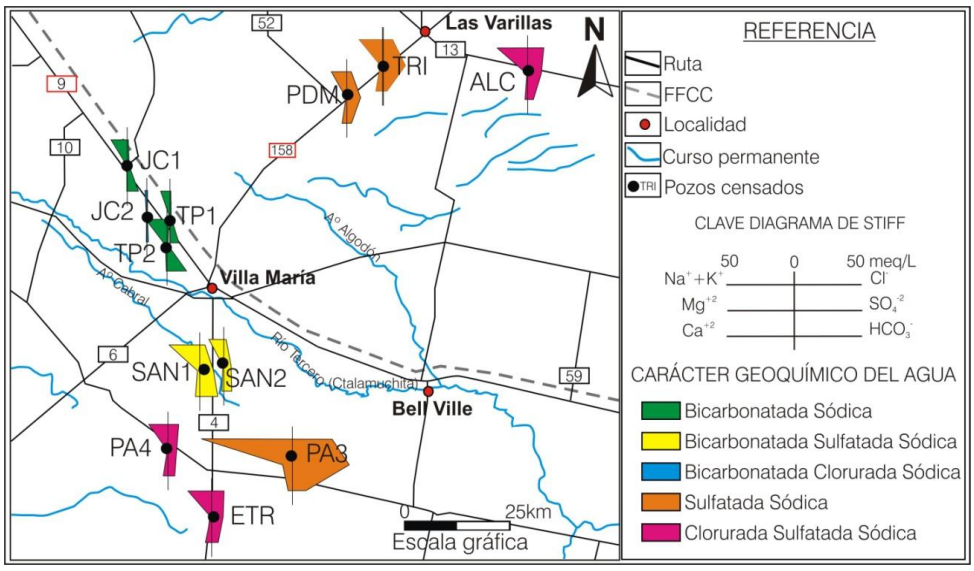


Figura 2. Mapa hidrogeoquímico del acuífero libre.

Los tenores de As y F^-, presentaron un mínimo de 1 µg/L – 0,25 mg/L y un máximo de 280 µg/L – 2,6 mg/L (respectivamente), observándose una correlación positiva (r= 0,88) y estadísticamente significativa (p<0.01) entre ambos elementos (**Tabla 3, Figura 3 y 4**). Ello muestra su origen común y su puesta en solución en ambientes geoquímicos similares, vinculándose en este caso a la presencia de minerales portadores, como el vidrio volcánico, reconocido ampliamente en los sedimentos del Sur de córdoba (Matteoda, 2012, Maldonado et al., 2013).

Tabla 3. Análisis de Correlación de Pearson para Arsénico y Flúor

		AS	F
AS	Correlación de Pearson	1	.885**
	Sig. (bilateral)	.	.000
	N	12	12
F	Correlación de Pearson	.885**	1
	Sig. (bilateral)	.000	.
	N	12	12

**. La correlación es significativa al nivel 0,01

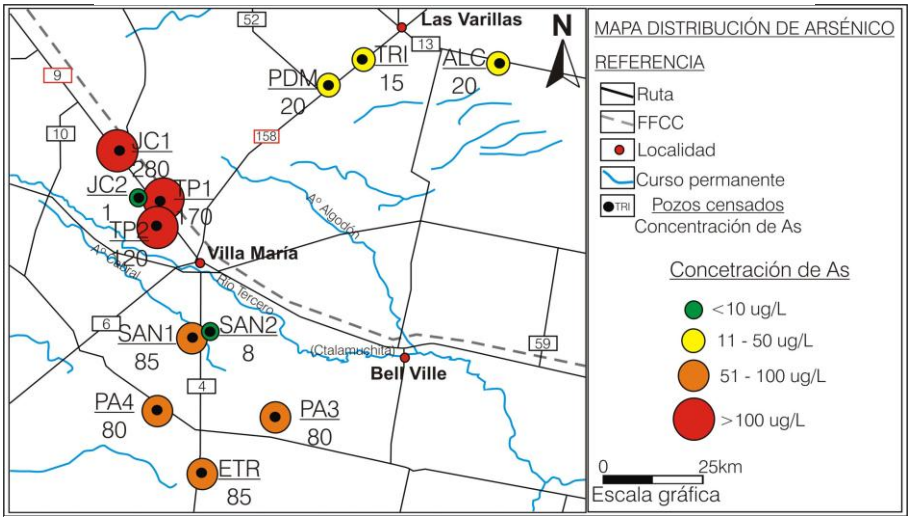


Figura 3. Mapa de distribución de Arsénico en el agua subterránea de la cuenca lechera Villa María.

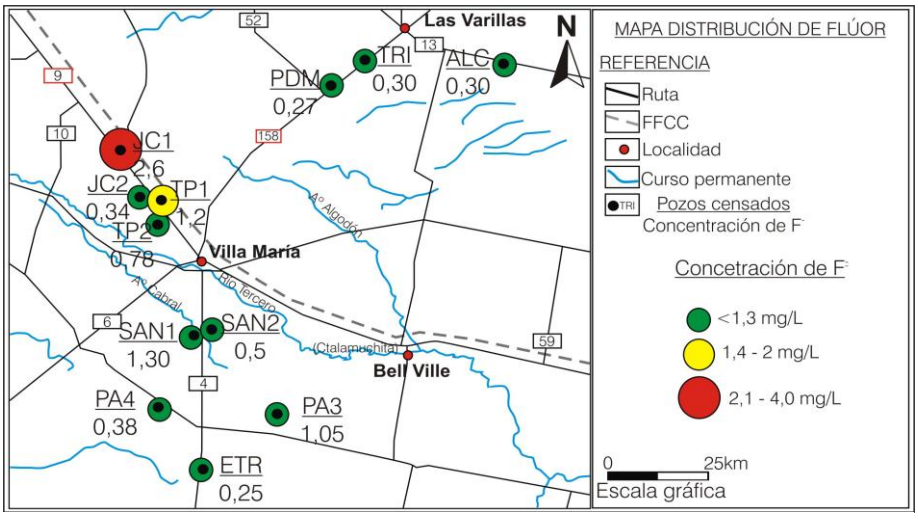


Figura 4. Mapa de distribución de Flúor en el agua subterránea de la cuenca lechera Villa María.

El análisis multivariado según el método de agrupamiento (cluster) en modo R (**Figura 5**) muestra un dendrograma con dos grupos hidroquímicos principales: *G1*, constituido por un núcleo de CE, Na^{+}, $SO_4^{=}$, Cl^{-} y Mg^{+2} que en conjunto explican la mineralización del agua, asociados en menor medida a K^{+} y Ca^{+2}. El *G2*, corresponde al núcleo As-F^{-} enlazados a HCO_3^{-}, es decir indica una relación geoquímica ya definida en numerosos sectores de la llanura pampeana del sur de Córdoba (Blarasin et al., 2005, Blarasin et al., 2012, Bécher Quinodóz et al., 2013) y que revelan la asociación que presentan As-F disueltos en aguas con alta alcalinidad. Finalmente el pH se asocia débilmente a ambos grupos

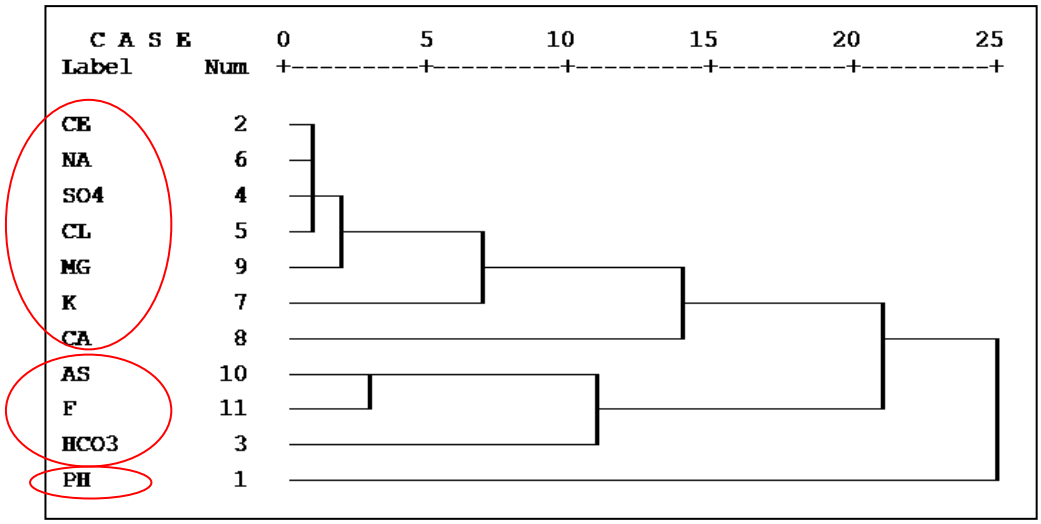


Figura 5. Dendograma de grupos hidroquímicos.

Se destaca la alta correlación positiva y estadísticamente significativa de HCO_3^{-} con NO_3^{-} (**Tabla 4**) importante indicador de contaminación (Blarasin et al., 2005) lo que permite inferir algún impacto a partir de fertilizantes (por ejemplo urea que se degrada a bicarbonatos y NH_4^{+} (este último luego en el ambiente oxidante que domina en la zona saturada y en acuíferos se oxida a NO_3^{-}), aunque también la materia orgánica procedente del ganado al degradarse produce bicarbonatos. Como se observa en el **Tabla 5** se obtuvo también una muy alta correlación de nitratos con K^{+}, lo cual puede estar vinculado a fertilizantes o ganadería (Blarasin et al., 2005). El NO_3^{-} en altos valores puede contribuir en forma importante a la salinidad total del agua, situación observada para otros sectores de la provincia de Córdoba (Blarasin et al., 2005; Bécher Quinodóz, 2010)

Tabla 4. Análisis de Correlación de Pearson para NO_3^{-} y HCO_3^{-}

Correlaciones

		NO3	HCO3
NO3	Correlación de Pearson	1	.895**
	Sig. (bilateral)	.	.000
	N	12	12
HCO3	Correlación de Pearson	.895**	1
	Sig. (bilateral)	.000	.
	N	12	12

**. La correlación es significativa al nivel 0,01

Tabla 5. Análisis de Correlación de Pearson para NO_3^{-} y K^{+}

Correlaciones

		NO3	K
NO3	Correlación de Pearson	1	.844**
	Sig. (bilateral)	.	.001
	N	12	12
K	Correlación de Pearson	.844**	1
	Sig. (bilateral)	.001	.
	N	12	12

**. La correlación es significativa al nivel 0,01

2. Detección de Atrazina en aguas subterráneas

En la zona de estudio, se detectaron residuos del herbicida en dos muestras de agua subterráneas **(Tabla 6)** en concentraciones inferiores al límite establecido por la OMS, EPA, y la Ley 24.051. Sin embargo, el valor detectado en JC2 supera el límite admitido por la CE (0,1 µg/L).

Tabla 6. Detección de atrazina en muestras de aguas subterráneas.

Ref.	Establecimiento Lechero	LD (µg/L)	Atrazina (µg/L)	Valores de referencia (µg/L)				
				OMS (2011)	EPA (2009)	CE (Directiva 98/83/EC)	Ley 24.051 (1993)	DIPAS (1993)
JC2	James Craik 2	0,04	**0,38**	100	3	0,1	3	Sin valor
PA3	Pasco 3	0,04	**0,07**					

Sánchez-Camazano et al. (2005) evaluaron espacial y temporalmente herbicidas *s*-triazinas (como Atrazina) en aguas superficiales (0,04–25,3 µg/L) y subterráneas (0,04–3,45 µg/L) que en general se vincularon a las épocas de lluvias. En un estudio realizado por Fraile et al. (2009), el 86% de las muestras de agua de pozos del sur de Navarra (España) presentaron residuos de herbicidas, como Atrazina, y los valores hallados fueron inferiores al límite establecido por la CE. Numerosos antecedentes documentan la detección de Atrazina en cuerpos de agua en todo el mundo (McConell et al., 2004; Carafa et al., 2006 ;Woudneh et al., 2009; Hernández et al., 2011) y su efecto toxicológico sobre microorganismos acuáticos (De Lorenzo et al., 2000). Este compuesto es uno de los diez herbicidas más utilizado en Argentina (CASAFE, 2012).

En la provincia de Córdoba, estudios previos llevados a cabo por nuestro grupo de investigación indican la presencia de Atrazina en cursos de aguas superficiales de la cuenca del río Tercero (Bachetti et al., 2013), y al sur del río Quinto o Popopis, Becher et al. (2013) indican persistencia de Atrazina en 2 perforaciones someras que captan agua del acuífero libre.

CONCLUSIONES

El estudio hidrogeoquímico, que incluyó un análisis estadístico uni y multivariado para validar el modelo conceptual, dio como resultado aguas con salinidad entre 0,2 g/L (dulces) a 4,3 g/L (saladas), con tipos geoquímicos desde bicarbonatadas hasta cloruradas sulfatadas sódicas muchas de ellas de carácter aniónico mixto, lo que resulta en un mosaico geoquímico moderadamente complejo condicionado fundamentalmente por la geomorfología. Las aguas más dulces, del tipo bicarbonatadas sódicas se asocian con antiguos paleocauces y paleoderrames del río Tercero, donde dominan sedimentos gruesos y permeables. Por su parte las aguas salobres y saladas, del tipo sulfatadas, cloruradas y/o de carácter aniónico mixto, se localizan en el ámbito de la planicie eólica y áreas mal drenadas, donde dominan sedimentos más finos que condicionan bajas velocidades de circulación de agua subterránea y mayor incorporación de iones al agua. En todos los casos el agua resultó sódica, aspecto que se vincula a la capacidad de intercambio catiónico de las arcillas presentes en los sedimentos, que ceden Na^+ al agua fijando el Ca^{2+}.

Las concentraciones de elementos minoritarios/traza como F y As se encuentran vinculadas a la litología presente en el área (materiales loéssicos con alto contenido en vidrio volcánico), además de estar influenciadas por las bajas velocidades del flujo y alto tiempo de contacto agua – sedimento, favoreciendo que dichos elementos se mantengan en concentraciones elevadas en el agua subterránea, especialmente en aquellas que si bien son dulces poseen alta alcalinidad.

El herbicida Atrazina fue detectado en 2 de las 12 muestras de aguas subterráneas analizadas (0,07 µg/L y 0,38 µg/L), es decir a pesar de que se trata de un compuesto persistente, hay un importante poder de filtrado de la zona no saturada, que impide la llegada al acuífero. Sin embargo, fue detectado en dos perforaciones, aunque sólo en una (JC2) el valor hallado (0,38 µg/L) resultó superior al admitido por CE (0,1 µg/L). La simple detección del herbicida, resulta ser indicativo de la persistencia del mismo hasta la profundidad acuífera evaluada y del impacto ambiental que los sistemas productivos actuales generan sobre el recurso hídrico subterráneo.

REFERENCIAS

- Adriano D.C., 2001. Trace Elements in Terrestrial Environment, Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals, New York.
- Bachetti R.A., Urseler N, Porporatto C., Agostini E., Morgante C.A. Contaminación por Atrazina en recursos hídricos de Córdoba y su impacto en la microbiota acuática nativa. VII Congreso de Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos (Emeap 7). Río Cuarto, 19 Y 20 De Septiembre De 2013.
- Becher Quinodóz F., Blarasin M., Bachetti R., Morgante C. Geoquímica de relaciones aguas subterráneas-superficiales en la llanura medanosa del rio Quinto y detección de Atrazinas. VII Congreso de Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos (Emeap 7). Río Cuarto, 19 Y 20 De Septiembre De 2013.
- Bécher Quinodóz F., Blarasin M. y Damilano G. 2013. Evaluación de Relaciones Geomorfología Calidad de agua Subterránea con apoyo de Técnicas Estadísticas en la Planicie Sudoccidental de Córdoba, Argentina. Agua Subterránea Recurso Estratégico - Tomo II - 2013. Ed. La Plata: EDULP, 2013 450p.; 21x15 cm. ISBN: 987-1985-04-5. Pág 123 - 130.
- Bécher Quinodóz Fátima, 2010. "Relaciones entre actividades agropecuarias y la presencia de metales pesados en suelos y aguas subterráneas". Tesis licenciatura. Inédita. UNRC.
- Blarasin M., A. Cabrera, E. Matteoda, G. Damilano y J. Giuliano Albo, 2008. Indicadores para evaluar cambios ambientales en acuíferos. Consideraciones sobre el fondo natural de la calidad de agua. En "Evaluación de la sustentabilidad ambiental en sistemas agropecuarios" Cantú, Becker, Bedano eds. ISBN 978-987-1003-58-7 pág. 69-80 Ed. UNRC.
- Blarasin M., F. Bécher Quinodóz, J. Felizzia, J. Giuliano Albo y A. Cabrera, 2012. Hidrogeoquímica del acuífero freático, anomalías en nitratos y relación con valores de fondo natural, Justo Daract, San Luis. II Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie (RAGSU). Bahía Blanca, Buenos Aires. Arg. Resumen extendido. En CD: pág. 25-29. Edic. de la UNS. ISBN: 978-987-1620-86-9.
- Blarasin, M., Degiovanni S., A. Cabrera y M. Villegas, 2005 Aguas superficiales y subterráneas en el Sur de Córdoba: una perspectiva geoambiental. ISBN 950-665-350- 141-152. Ed. UNRC.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), Canadian Environmental Quality Guidelines, 2006.
- Candela L., Wallis K.J., Mateos R.M., 2008. Non-point pollution of groundwater from agricultural activities in Mediterranean Spain: the Balearic Islands case study. *Environ. Geol*. 54: 587-595.
- Carafa R., J. Wollgast E. Canuti J. Ligthart S. Dueri S.J., Eisenreich P., Viaroli Zaldívar J.M., 2006. Analysis of selected herbicides and related metabolites in a coastal lagoon under the influence of water runoff: Water column. EUR report n° 22262 EN, pp 55.
- CASAFE, 2012. Mercado Argentino de Productos fitosanitarios, 2012. http://casafe.org.ar/estad/Mercado2012.htm
- Comunidad Europea, 1998. COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC.
- De Lorenzo M.E., Scott G.I:, Ross P.E., 2001. Toxicity Of Pesticides To Aquatic Microorganisms: A Review. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **20: 1**, 84–98.
- Fraile P., Izu M., Sáiz I., Castiella J., Pérez de Ciriza J.A. 2009. Análisis de residuos de herbicidas en aguas procedentes de Navarra mediante LC-MS/MS. An. Sist. Sanit. Navar., 32 (3): 327-34.
- Hernández-Antonio A., Hansen A.M., 2011. Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27 (2): 115-127.
- Maldonado Luciana, Cabrera Adriana y Mónica Blarasin, 2013. Análisis geoquímico de acuíferos confinados entre Carnerillo y Ballesteros Sur. Córdoba Argentina. Agua Subterránea Recurso Estratégico - Tomo II - 2013. Ed. La Plata: EDULP, 2013 450p.; 21x15 cm. ISBN: 987-1985-04-5. Pág 115 - 122.
- Matteoda Edel Mara, 2012. Evaluación hidrodinámica e hidrogeoquímica de la cuenca del arroyo El Barreal para establecer línea de base ambiental, con énfasis en la geoquímica del cromo. Tesis Doctoral. UNRC. Inédita.
- McConnell L.L., Harman-Fetcho J.A., Hagy III J.D., 2004. Measured Concentrations of Herbicides and Model Predictions of Atrazine Fate in the Patuxent River Estuary. *J. Environ. Qual.* **33:**594–604.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), 2011. Guidelines for Drinking-water Quality. (4th edition). ISBN 978 92 4 154815 1.
- Sánchez-Camazano M., Lorenzo L.F., Sánchez-Martín M.J., 2005. Atrazine and Alachlor inputs to surface and ground waters in irrigated corn cultivation áreas of Catilla-Leon región, Spain. Environmental Monitoring and Assessment., 105: 11-24.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Argentina, 1991. Ley 24.051 de Desechos Peligrosos (decreto reglamentario 831/93).
- Subsecretaría de Recursos Hídricos de la provincia de Córdoba, (ex DIPAS). Normas Provinciales de Calidad y Control de Aguas para Bebida, Resolución DIPAS Nº 608/1993.

- United State Environmental Protection Agency, US EPA, 2009. National Primary Drinking Water Regulations. Disponible en: http://water.epa.gov/drink/contaminants/upload/mcl-2.pdf
- Woudneh M.B., Ou Z., Sekela M., Tuominen T., Gledhill M., 2009. Pesticide Multiresidues in Waters of the Lower Fraser Valley, British Columbia, Canada. Part I. Surface Water. *J. of Environmental Quality*, 38 (3): 940-947.

ELIMINACIÓN DE NITRITOS Y NITRATOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Olivero Hernan*; Lorena. Mateos; Nicolás. Benedetto; Marta E. Rodriguez

Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables – IAPCBA -Universidad Nacional de Villa María (UNVM).
Arturo E. Jauretche 1555 Campus UNVM, Villa María, Tel. 54-353-4539103.
* hernanolivero@gmail.com

Resumen

El agua es indispensable para el desarrollo de la vida y debido al aumento de la población, la falta de infraestructura, la aparición de tecnologías agrícola ganaderas intensivas, entre otros, se observa un aumento de la concentración de sustancias en el agua muy próximas a los niveles máximos fijados por los entes de regulación. Por ello se deben estudiar nuevas alternativas para eliminación de contaminantes. Los catalizadores fueron caracterizados mediante la utilización de SEM, TEM, AA, DRX, TPR, entre otros. La concentración de nitrito, nitrato y amoníaco fueron determinadas mediante las técnicas de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. En el trabajo se estudia la problemática de la presencia de nitrito y nitrato en agua y su eliminación mediante la utilización de catalizadores soportados de Pd/γ-Al_2O_3; Pd/α-Al_2O_3; Pd-Cu/γ-Al_2O_3; Pd-Cu/α-Al_2O_3, entre otros. Se analizan los resultados de experiencias propias y las obtenidas por otros autores, analizando la falta de selectividad al producto deseado por porte de los sistemas catalíticos. Aunque las predicciones termodinámicas indican que la especie más estable dentro de las condiciones de reacción es el nitrógeno, los se ha logrado un sistema catalítico capaz de funcionar en manera sustentable y selectiva. Para la explicación de estos problemas se recurrió al estudio de la reacción, la termodinámica, cinética y estereoquímica, para dilucidar el problema al cual se enfrentan los sistemas catalíticos.

Palabras claves: nitrito, nitrato, catalizadores, reducción.

Abstract

Water is essential for the development of life and the growth of the population, lack of infrastructure, the development of intensive livestock farming technologies, among others, is an increase in the concentration of substances in the water very close to the maximum levels set by regulatory bodies. We therefore need to consider new alternatives for removing contaminants. The catalysts were characterized by using SEM, TEM, AA, DRX, TPR, among others. The concentration of nitrite, nitrate and ammonia were determined by techniques Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. In the paper we study the problem of the presence of nitrite and nitrate in water and their elimination by using supported catalysts Pd/γ-Al_2O_3; Pd/α-

Al_2O_3; Pd-Cu/γ- Al_2O_3; Pd -Cu / α - Al_2O_3, among others. We analyze the results of our own experiences and those obtained by other authors, analyzing the lack of selectivity to the desired product by size of the catalytic systems. Although thermodynamic predictions indicate that the species within the more stable reaction conditions is nitrogen, the system has achieved a catalyst capable of operating in a sustainable manner and selectively. For the explanation of these problems were used to study the reaction thermodynamics, kinetics and stereochemistry to elucidate the problem which faced the catalytic systems.

Keywords: nitrite, nitrate, catalysts, redection.

Introducción:

El aumento de la población, la nuevas técnicas de ganadería y agricultura intensivas, la falta de desarrollo de la gestión de efluentes líquidos y sólidos en las ciudades, la quema de combustibles, entre otros, han generado un aumento de la concentración de nitrato y nitrito en el agua superficial y subterránea, llegando en algunos casos a ser superior a los límites establecidos por el Código Alimentario Argentino en el artículo 981. Por ello se deben estudiar tecnologías que puedan generar agua apta para el consumo, de manera eficiente, a bajo costo y dando un solución al problema. En este momento existen tres tecnologías: Sistemas Biológicos, Físicos y Químicos (Catalíticos) [1]. Los sistemas biológicos presentan una elevada selectividad pero son muy susceptibles a los cambios de composición del efluente. En el caso de los sistemas físicos (ósmosis inversa, entre otros) presentan una versatilidad muy buena, pero no solucionan el problema, ya que generan una corriente de residuo con una elevada concentración salina, entre ellos los contaminantes. En el caso de los sistemas químicos (catalíticos), se encuentran en pleno desarrollo y presentan problemas de selectividad. El objeto del trabajo es explicar la problemática a la cual se enfrenta los sistemas químicos mediante el análisis de trabajos propios, de otros autores y de los aspectos termodinámicos de la transformación.

Materiales y Métodos:

Para la realización de este trabajo se tomó como referencia las experiencias llevadas a cabo por otros autores [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9], en donde se llevan cabo experiencias con diferentes tipos de catalizadores soportados sin llevar a cabo un análisis de la termodinámica de la reacción, como el realizado en H. Olivero 2009 [10].
Los sistemas de eliminación de nitrato y nitrito mediante la utilización de catalizadores están en pleno desarrollo y se están evaluando soportes, metales nobles y promotores.
La reacción de reducción de nitrato, pasando por nitrito, hasta el producto final ocurre como se observa en la figura 1 [11]. En el modelo de reacción propuesto se observa que es necesario un promotor como el Cu para la reducción de nitrato a nitrito y que luego la reducción de nitrito a nitrógeno y/o amoníaco sucede sobre el metal noble, en este caso el Pd.
El estudio de la reacción se ha llevado a cabo utilizando soportes como α-Al_2O_3; γ-Al_2O_3; SiO_2; ZnO [10]; entre otros. Cada tipo de soporte presenta características particulares cuando se lo introduce en agua, ya que tienen puntos isoeléctricos y porosidades diferentes. Además en el caso del ZnO no es químicamente inerte, ya que actúa como promotor.

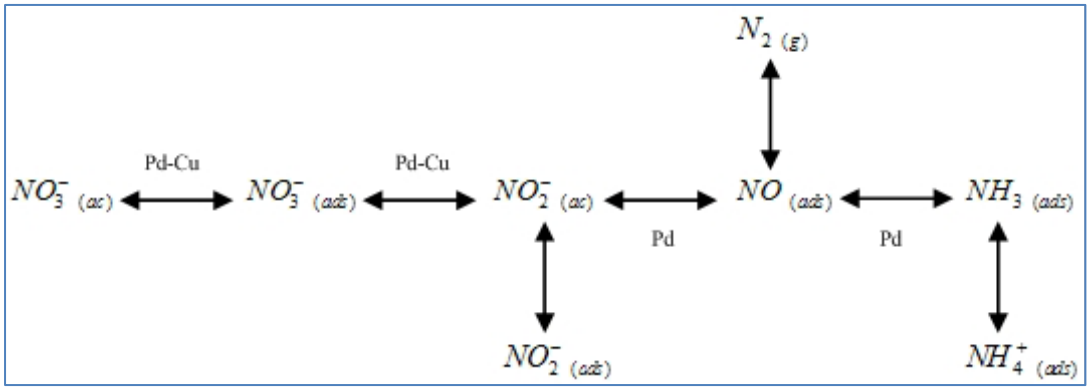


Figura 1. Esquema de reacción de la transformación de las especies de nitrógeno.

En la actualidad, el mayor desafío está centrado en obtener una selectividad del 100% hacia el nitrógeno, ya que el amoníaco en agua presenta mayores problemas que el nitrato y/o nitrito.
Otro de los problemas a enfrentar es que la reducción de nitrato y/o nitrito genera un aumento del pH (ver ecuaciones), que puede ocasionar serios problemas, ya que el agua para ser apta para el consumo debe respetar los límites establecidos por el artículo 982 del Código Alimentario Argentino.
En las ecuaciones 1; 2; 3; podemos observar cómo se produce la transformación de nitrato y nitrito hasta el nitrógeno o hasta amoníaco.

$$NO_3^- + H_2 \rightarrow NO_2^- + H_2O \quad \text{ec. 1}$$

$$2\,NO_2^- + 3\,H_2 \rightarrow N_2 + 2\,OH^- + H_2O \quad \text{ec. 2}$$

$$NO_2^- + 3\,H_2 \rightarrow NH_4^+ + 2\,OH^- \quad \text{ec. 3}$$

Es importante observar que la reducción de nitrito a nitrógeno o amoníaco implica la generación de aniones OH, por lo cual el pH se irá incrementando durante el transcurso de la reacción.

Resultados y Discusión:

En la eliminación de nitrato y nitrito mediante la utilización de catalizadores soportados, salvo raras excepciones y en situaciones de reacción muy controladas, no se logra obtener una selectividad hacia el nitrógeno del 100%. En contraposición a los resultados obtenidos, la termodinámica predice que la especie más estable en las condiciones de reacción es el nitrógeno [10; 12]. Como se observa en un diagrama de Pourbaix simplificado, ver figura 2, el nitrógeno es estable dentro de la zona del campo estabilizador del agua, tanto en pH como en potenciales de óxido/reducción. Al observar esto, podemos inferir que existen, durante el transcurso de la reacción, otros parámetros que afectan a la selectividad de la misma. Si observamos las ecuaciones 1; 2 y 3, podemos ver que para la formación de nitrógeno molecular necesitamos tener 2 nitritos muy próximos que se estén reduciendo para que puedan asociarse y formar dicha molécula, en cambio si tenemos una sola molécula de nitrito, cuando reaccione va a formar amoníaco. Esto es corroborado en la tesis H. Olivero 2009 [10]. En la única situación en la cual se consiguió obtener una selectividad del 100% en la reducción de nitrito a nitrógeno, fue para la utilización de membranas de paladio, en donde los sitios de reacción están ubicados en forma continua, y no como en los catalizadores soportados sobre Al_2O_3 en donde solamente el 1% de la superficie se encuentra cubierta por sitios activos.

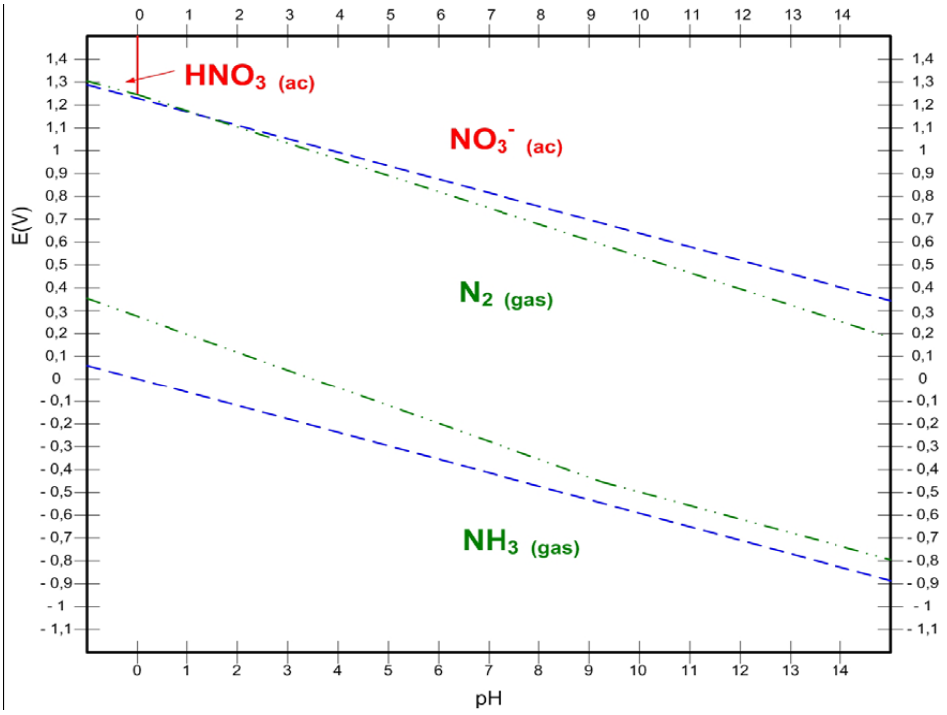


Figura 2. Diagrama de Pourbaix del Nitrógeno.

.

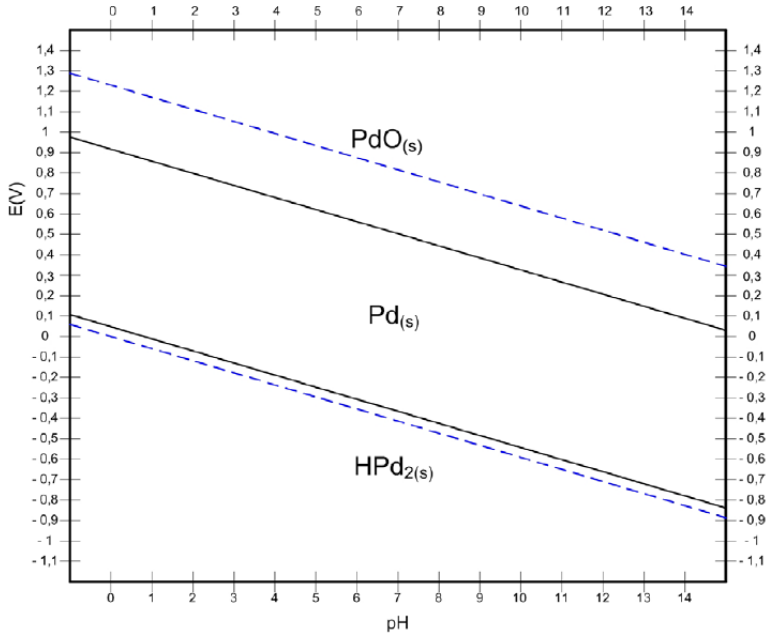


Figura 3. Diagrama de Pourbaix del Paladio

Otro de los problemas con el cual nos encontramos habitualmente, es que para poder reducir nitrato debemos tener un catalizador bimetálico o con un soporte que actúe como tal. Para este propósito los mejores metales para poner junto al paladio son aquellos que tienen un par de óxido reducción de baja energía, como lo es el cobre.
Al estudiar los diagramas de Pourbaix [12] para el paladio, ver figura 3, podemos observar que la especie más estable bajo las condiciones de reacción es la del $Pd_{(sol)}$ y el $HPd_{2\,(sol)}$, dos especies

con una alta densidad de carga negativa. El nitrato al ser una molécula con disposición planar de los enlaces y de carga negativa, con el nitrógeno central, no tiene como aproximarse al paladio para que este catalice la reacción. Cuando el catalizador utiliza un promotor como lo es el Cu, éste se encuentra como $Cu_{(Sol)}$ y $Cu_2O_{(sol)}$, ver figura 4, de esta forma el nitrato se acerca a través de un oxígeno, transformándose el nitrato en nitrito.

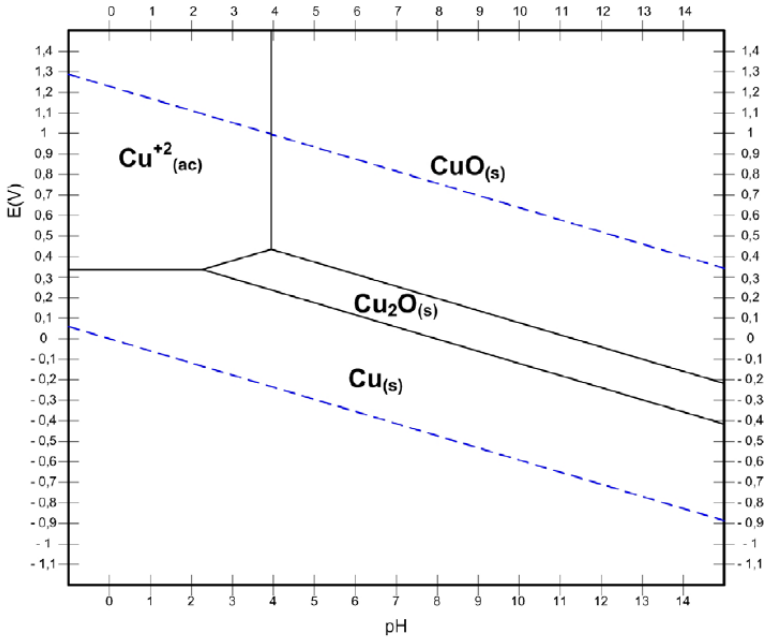


Figura 4. Diagrama de Pourbaix del Cobre.

El nitrito tiene una configuración angular, y los dos átomos de oxígeno están orientados hacia el mismo lado, dejando expuesto al nitrógeno, con un gradiente positivo de carga, para que se acerque al paladio y éste catalice la reducción.
Otro problema al cual nos enfrentamos al utilizar catalizadores soportados es la generación de cargas en el soporte, las cuales afectan a la difusión de los reactivos y productos en los poros. La carga que toma el soporte, está determinada por el punto isoeléctrico del mismo. El punto isoeléctrico de un sólido, es el pH en donde presenta una carga neta igual a cero, mientras que a valores de pH mayores al punto isoeléctrico toma carga negativa y a pH menores del punto isoeléctrico toma carga positiva.

Conclusiones:

Los catalizadores con los cuales se están realizando investigaciones en este momento presentan el problema de selectividad, ya que la misma debería ser del 100% al producto deseado. Para que esto ocurra se deben sintetizar catalizadores que tengan sitios de reducción de nitrito de manera continua, de manera que cada sitio aporte un átomo de nitrógeno para formar el nitrógeno molecular, en la actualidad los catalizadores presentan una alta dispersión de los sitios activos, y no es posible una alta selectividad.

Bibliografía

[1]A. Kapoor, T. Viraraghavan, J. of Environmental Engineering 123 (1997) 371.
[2] K.D. Vorlop, T. Tacke, Chem. Ing.Tech. 61 (1989) 836.
[3] A. Pintar, T. Kajiuchi, Acta Chim. Slovenica 42 (1995) 431.
[4] A.E. Palomares, J.G. Prato, F. Márquez, A. Corma, Appl. Catal. B: Environmental 41 (2003) 3.
[5] F.A. Marchesini, S. Irusta, C. Querini, E. Miró, AppliedCatalysis A: General 348 (2008) 60 .
[6] C.M. Mendez, H. Olivero, D.E. Damiani, M.A. Volpe, Appl. Catal. B: Environmental 84 (2008) 156.

[7] J. Sá, J. Montero, E. Duncan, J. Anderson, Appl. Catal. B: Environmental 73 (2007) 98.
[8] A.Garron, K. Lázár, F. Epron, Applied Catalysis B: Environmental 65 (2006) 240.
[9]H. Berndt, J. Mönnich, B. Lücke, M. Menzel, Applied Catalysis B: Environmental 30 (2001) 111.
[10] H. Olivero, Tesis Doctoral Universidad Nacional del Sur, 2009.
[11] A. Pintar, J. Batista, J. Levec, T. Kajuichi, Appl. Catal. B: Environ. 11 (1996) 81.
[12] M. Pourbaix, Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions, 2° ed. Pergamon Press Ltd, 1974.

Comunicaciones

- EFECTO DE *HYDROCOTYLE RANUNCULOIDES* EN EL BIOTRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL MIXTA EN REACTORES DE FLUJO CONTINUO
- REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE TALLERES AUTOMOTRICES MEDIANTE EL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN
- EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE KENAF (*HIBISCUS CANNABINUS* L.) EN LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE RÍO CUARTO, CÓRDOBA
- EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS AVÍCOLAS POR AIREACIÓN PASIVA
- BASES PARA UN BIOMONITOREO DE CALIDAD DE AIRE CON LÍQUENES EN LA CIUDAD DE VILLA MARÍA
- CARACTERIZACIÓN DE CALIDAD AMBIENTAL SONORA URBANA E INFERENCIAS PROGRESIVAS EN LA PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN
- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN FORESTAL REGADO CON AGUAS RESIDUALES MEDIANTE EL MÉTODO MESMIS
- VALORACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCCIONES AGROPECUARIAS DE CÓRDOBA MEDIANTE EL USO DE BIOINDICADORES DE SUSTENTABILIDAD
- EVALUACIÓN ECOTOXICOLÓGICA DE RESIDUOS AVÍCOLAS COMPOSTADOS MEDIANTE UN SISTEMA DE AIREACIÓN PASIVA
- RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES: LA SEPARACIÓN EN ORIGEN MAXIMIZA EL RECICLAJE
- PROYECTOS PRESENTADOS EN EL 2013 AL CONCEJO DELIBERANTE DE LA CIUDAD DE VILLA MARÍA
- JORNADA TALLER- INTEGRANDO LA CUENCA DEL CTALAMOCHITA

EFECTO DE *HYDROCOTYLE RANUNCULOIDES* EN EL BIOTRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL MIXTA EN REACTORES DE FLUJO CONTINUO

Gabriel Omar Basílico[1,2], Laura de Cabo[1], Marta Paz[3] y Ana Faggi[1,2]

1. Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" – CONICET
2. Universidad de Flores
3. Universidad de Buenos Aires – Facultad de Farmacia y Bioquímica

Resumen. En la presente comunicación se evalúa el potencial de *Hydrocotyle ranunculoides* para la fitorremediación de aguas contaminadas con niveles elevados de nutrientes e indicadores de contaminación fecal. Se colectaron muestras de un canal que recibe efluentes de una planta de tratamiento de líquidos cloacales, realizándose un ensayo de 12 días de duración, en invernáculo. Se distribuyeron 5 l de muestra en cada uno de 9 contenedores con recirculación continua de agua. El diseño experimental consistió en 3 tratamientos: presencia de *H. ranunculoides* (T1), ausencia de la especie (T2) y ausencia de la especie en oscuridad (T3). Se determinaron las concentraciones iniciales y finales de amonio, nitritos, nitratos, nitrógeno inorgánico disuelto (NID, suma de los anteriores) y fósforo reactivo soluble (PRS). Además se realizaron recuentos de bacterias coliformes, *Escherichia coli* y enterococos, tanto en los reactores con recirculación como en 3 reactores adicionales sin plantas ni recirculación de agua (control). La concentración inicial de amonio (19,71 mg/L) disminuyó en el final del ensayo en todos los tratamientos, con resultados similares en los tratamientos T1 y T2 (0,01 mg/L en ambos), hallándose diferencias significativas entre ambos y T3 (4,25 mg/L) ($p<0,05$). Se hallaron diferencias significativas entre tratamientos en las concentraciones finales de NID, resultando T1<T2<<T3. La concentración inicial de PRS resultó 2,02 mg/L, permaneciendo prácticamente constante a lo largo del ensayo en T1 y T2 e incrementándose en T3. El recuento inicial de *E. coli* resultó 1,05 x 10^4 ufc/ml disminuyendo a 15, 4 y 109 ufc/ml para T1, T2 y T3 respectivamente y 3 ufc/ml para el control. El efecto principal de la presencia de *H. ranunculoides* consistió en la remoción de NID del agua, mientras que la disminución en los niveles de *E. coli* es atribuible al tiempo de retención y al efecto de la luz solar (T1 y T2).

Palabras clave: *Hydrocotyle ranunculoides*; aguas residuales; nutrientes; *Escherichia coli*; fitorremediación.

Abstract. In this contribution the potential of *Hydrocotyle ranunculoides* for phytoremediation of contaminated water with high nutrient levels and indicators of fecal contamination were evaluated. Samples were collected from an open channel that receives effluent from a sewage treatment plant, performing a 12-day assay in greenhouse. Treatments were performed by triplicate with continuous recirculation of

water. The treatments were: *H. ranunculoides* (T1), absence of the species (T2) and absence of the species in darkness (T3). Initial and final concentrations of ammonium, nitrites, nitrates, dissolved inorganic nitrogen (DIN, sum of above) and soluble reactive phosphorus (SRP) were determined. Also, counts of coliform bacteria, *Escherichia coli* and enterococci were performed both in recirculating reactors as in 3 additional reactors without recirculation neither plants (control). The concentration of ammonium (19.71 mg/L) decreased at the end of the assay in all treatments, 0.01 mg/L in T1 and T2, finding significant differences ($p<0.05$) with T3 (4.25 mg/L). Significant differences in final DIN concentrations were found between treatments, resulting T1<T2<<T3. The initial concentration of SRP was 2.02 mg/L and remained practically constant throughout the test in T1 and T2 and increased in T3. The initial count of *E. coli* was 1.05×10^4 cfu/ml decreasing to 15, 4 and 109 cfu/ml for T1, T2 and T3 respectively and 3 cfu/ml for the control. The main effect of the presence of *H. ranunculoides* consisted DIN removal of water, while the decrease in the levels of *E. coli* is attributable to the retention time and the effect of sunlight (T1 and T2).

Keywords: *Hydrocotyle ranunculoides*; wastewater; nutrients; *Escherichia coli*; phytoremediation.

REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE TALLERES AUTOMOTRICES MEDIANTE EL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN

Paz Estefanie[1] Vega Carolina[2] Pérez Alexis[3]

1. Estudiante de Ingeniería Química Ambiental de la Universidad de Tarapacá.
2. Estudiante de Ingeniería Química ambiental de la Universidad de Tarapacá.
3. Estudiante de Ingeniería Civil Mecánica de la Universidad de Tarapacá.
Pérez Alexis. Email: alexis.perez.aguilera@gmail.com teléfono: (56) (058) 2261090

Resumen

Hoy en día existen graves problemas con los recursos hídricos ya que cada vez es más escaso por lo que la recuperación de este recurso y un buen uso de este son muy importantes, principalmente para la zona norte de Chile. Se utilizo el método de electrocoagulación para poder reutilizar aguas residuales de un taller automotriz en donde el agua es contaminada por aceites, combustibles y materia orgánica. Se diseño una celda de electrocoagulación para remover los contaminantes de la muestra obteniendo resultados óptimos, pudiendo así reutilizar esta agua en lavados de motores. Gracias a estos resultados se logro concluir que este método es muy eficiente para la recuperación de agua contaminada con aceites y derivados del petróleo.

Palabras claves: Agua Reutilización Electrocoagulación Electroquímica

Abstract

Today there are serious problems with water resources because it is increasingly scarce so that the recovery of this resource and a good use for this are very important, especially to the north of Chile. We used the electrocoagulation method to reuse wastewater from a car repair shop where the water is contaminated by oils, fuels and organic matter. Was designed a cell of electrocoagulation to remove contaminants from the sample obtaining optimum results, thus being able to reuse this water to washing motors. Thanks to these results was achieved conclude that this method is very efficient for the recovery of contaminated water with oils and petroleum products.

Keywords: Water Reuse Electrocoagulation Electrochemical

Introducción

Arica está ubicado en la zona norte de Chile donde se halla el desierto mas áridos del mundo por lo que el agua es un bien escaso y muy caro para esta parte del país, pero eso no quiere decir que sea cuidado con responsabilidad por parte de la población. Por lo que nace la idea de buscar una problemática con respecto a la recuperación de este bien.

Un problema que encontramos fue en el área automotriz de la región en los procesos de limpieza de motores, se encontró que los residuos tales como aceites de motor, petróleo y sus derivados, materia orgánica, entre otros, son tirados al alcantarillado sin tener conocimiento de su paradero y de la reutilización de este. Esta agua podría ser reutilizada en los talleres automotrices con otros fines y de ahí nace la idea de realizar un método de recuperación de agua tales como la electrocoagulación.

Este método para purificar agua es eficiente y rentable en términos de materiales utilizados, pero necesita bastante energía para su funcionamiento la cual en esta región también es escasa. Debido a esto la mejor forma para solucionar esta dificultad es utilizar un panel solar para una mayor eficiencia energética.

Electrocoagulación

La electrocoagulación es una técnica utilizada para el tratamiento de las aguas residuales. Definir la electrocoagulación como un proceso en el cual son desestabilizadas las partículas de contaminantes que se encuentran suspendidas, emulsionadas o disueltas en un medio acuoso, induciendo corriente eléctrica en el agua a través de placas metálicas paralelas de diversos materiales, siendo el hierro y el aluminio los más utilizados

La corriente eléctrica proporciona la fuerza electromotriz que provoca una serie de reacciones químicas, cuyo resultado final es la estabilidad de las moléculas contaminantes. Por lo general este estado estable produce partículas sólidas menos coloidales y menos emulsionadas o solubles. Cuando esto ocurre, los contaminantes forman componentes hidrofóbicos que se precipitan o flotan, facilitando su remoción por algún método de separación secundario. Los iones metálicos se liberan y dispersan en el medio líquido y tienden a formar óxidos metálicos que atraen eléctricamente a los contaminantes que han sido desestabilizados.

Efluentes líquidos de diferentes procesos industriales se han tratado por electrocoagulación, obteniendo resultados alentadores en la remoción de contaminantes, hecho que ha despertado el interés por investigar e implementar esta tecnología en el tratamiento de sus aguas residuales, en este caso aguas mal utilizadas por los talleres automotrices.

Métodos y materiales

Para el diseño y construcción de la celda de electrocoagulación se utilizo un agua residual de un taller automotriz en el periodo de lavado de motores. Se tomo unas muestras del agua residual en la cual se midieron el pH y conductividad.

Tabla n°1. Datos experimentales

Muestra	pH	Conductividad (CE)
1	6,570	1,24 mS/cm

Se utilizo para la celda de electrocoagulación los siguientes materiales:

- Electrodos de aluminio y hierro
- Fuente de poder
- Vaso pp de 250 mL
- Varilla de agitación

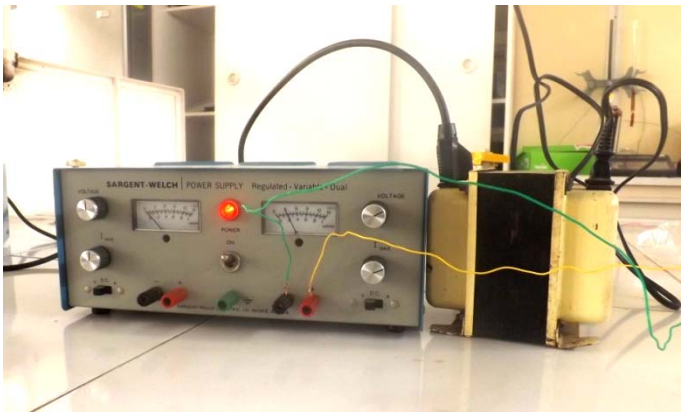


Imagen n°1. Fuente de poder.

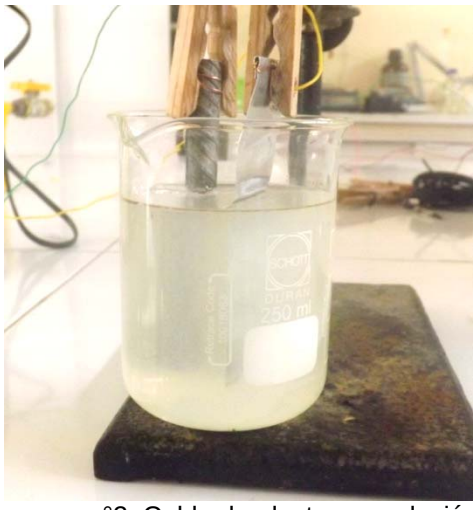


Imagen n°2. Celda de electrocoagulación.

Materiales que se utilizaron para los análisis posteriores fueron:

- Embudo analítico
- Embudo de decantación
- pH metro
- conductimetro
- panel solar (facilitado por la Universidad de Tarapacá)

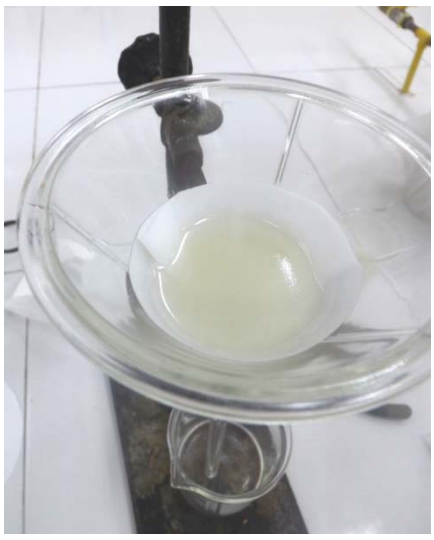


Imagen n°3. Proceso de filtrado final.

Lo primero fue diseñar la celda de electrocoagulación experimental con los materiales señalados anteriormente, las pruebas se realizaron de la siguiente manera:

Se filtro la muestra problema para retener las partículas de mayor diámetro, luego se trasvasijo el filtrado a la celda de electrocoagulación y se puso en acción la fuente de poder con una corriente de 3 volt y 0,1 amperes (Imagen n°1).
Transcurrido 40 min de la reacción electroquímica se observo una diferencia de fases quedando las partículas contaminantes en la parte superior de la muestra, se detuvo la fuente de poder y se prosiguió a filtrar lo obtenido, quedando una solución libre de partículas en suspensión (Imagen n°4).

Imagen n°4. Solución final.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en este ensayo explicado anteriormente fueron satisfactorios ya que a simple vista se logro eliminar parte del contaminante presente en la muestra, los resultados obtenidos de pH y conductividad fueron los siguientes:

Tabla n°2. Resultados obtenidos

muestra	pH	Conductividad (CE)
1	6,535	2,63 mS/cm

Según estos resultados el pH no tiene variaciones significativas es de 6,5 aproximadamente al inicio y al termino del experimento electroquímico, lo que quiere decir que se considera como pH neutro.

Con respecto a la conductividad esta se encontró más salina, pero para ser reutilizada para el lavado de motores no existen inconvenientes.

Se necesitan análisis de los lodos que se van a eliminar para saber si son aptos para remover al vertedero de la ciudad.

Estos análisis se realizaron mediante corriente continua desde una fuente de poder pero para mayor eficiencia energética se podría adaptar un sistema de energía solar como ya fue mencionado en la introducción.

Conclusiones

Se puede concluir de este trabajo de investigación que se lograron los objetivos planteados en la introducción ya que la electrocoagulación resulto ser un método eficiente para limpiar agua residual de los talleres automotrices pudiendo así reutilizar esta agua para esos fines pero no como agua potable ya que esto requeriría de otros análisis.

Bibliografía

1. **Chen, Guohua.** (Julio 2004). Tecnología electroquímica en tratamiento de aguas residuales. En: separación y purificación tecnológica. Vol. 38. Editorial: Elsevier. Hong Kong, China.

Agradecimientos

Agradecemos al profesor Claudio Díaz por su colaboración. Y a la facultad de ciencias de la Universidad de Tarapacá.

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE KENAF (*HIBISCUS CANNABINUS* L.) EN LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE RÍO CUARTO, CÓRDOBA

Peiretti, E. Guillermo[1], Analía Ortolan[2], Dante Rossi[3], Dario Grivel[3], Erica Sticoti[3]

1. Dpto. de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía y Vet., Universidad Nac. de Río Cuarto
2. Tesista de la carrera de Ing. Agronómica, Fac. de Agronomía y Vet., Universidad Nac. de Río Cuarto
3. Dpto. de Producción Animal, Facultad de Agronomía y Vet., Universidad Nac. de Río Cuarto

E. G. Peiretti, Facultad de Agronomía y Vet., Universidad Nac. de Río Cuarto, Ruta Nac. N° 36 km 601, 5800 Río Cuarto, TE 0358 4676159, gpeiretti@ayv.unrc.edu.ar

Resumen

El kenaf (***Hibiscus cannabinu***s L.) es un cultivo anual, multipropósito, caracterizado por adaptarse a una gran variedad de condiciones de clima y suelo. Su habilidad para producir elevados volúmenes de biomasa, y de presentar altos contenidos de fibra en sus tallos, lo constituyen una especie promisoria para la obtención de energía y la elaboración de papel. Durante el ciclo agrícola estival 2012/2013 se realizó un estudio comparativo del comportamiento agronómico de cuatro cultivares de kenaf bajo las condiciones de la región de Río Cuarto, Córdoba. Los resultados preliminares obtenidos permiten corroborar la excelente adaptación del cultivo y su destacada capacidad de producción de biomasa, cualidades que le permiten alcanzar y/o superar las 20 tn de materia seca por hectárea en un período de crecimiento de 150 días.

Palabras claves: kenaf biomasa fibra cultivares papel

Abstract

Kenaf (***Hibiscus cannabinus*** L.) is an annual crop, multi-purpose, able to adapt to a variety of climatic and soil conditions. Their ability to produce large volumes of biomass and high levels of fiber present in their stalks, kenaf become into a promising crop for energy production and paper manufacturing. During the growing season 2012/2013 we conducted a comparative study to evaluate the agronomic performance of four cultivars of kenaf under field conditions in the region of Río Cuarto, Córdoba. Preliminary results corroborate the excellent adaptation and outstanding crop biomass production capacity, qualities that allow the kenaf reach and / or exceed 20 tons of dry matter per hectare over a period of 150 days.

Keywords: kenaf biomass fiber cultivars papermaking

Introdución

El kenaf (***Hibiscus cannabinus*** L.) es una dicotiledónea anual, perteneciente a la familia de las Malvaceae. Es originaria del África austral, donde se encuentran sus formas primitivas (Leto y Sacco 1989).

Es una especie con gran capacidad de producción de biomasa. Esta característica lo posiciona como un cultivo con futuro para la obtención de energía. La particularidad de que sus tallos presentan un alto contenido de fibras le otorga también especial interés para otro destino industrial como es la elaboración de papel.
La planta se viene cultivando desde hace mucho tiempo en América centromeridional (Guatemala, El Salvador, Cuba, Perú y Brasil), en África (Mozambique, Angola, Nigeria, Costa de Marfil, Zambia, Tanzania, etc.), en Asia (China, Arabia Saudita, Irán, Indochina) y en la ex-URSS .

El uso actual del kenaf es principalmente textil. A partir de sus tallos se obtiene una alta proporción de fibra larga, utilizada para la producción de diferentes tipos de papel, y una buena proporción de fibra corta empleada para la elaboración de tableros aglomerados. La fibra es de características similares a la del yute y el cáñamo (De La Fuente et al. 2010). Ha sido empleado con la finalidad de obtener fibra destinada a la producción de bolsas para envasar productos agrícolas y de la industria, y también para la alimentación animal. Su fibra se emplea en Asia y África desde hace varios cientos de años y ya en 1763 se mencionaba en libros técnicos.

La semilla contiene entre un 18 y un 35 % de aceite con características semisecantes que puede ser utlizado en la industria de cosméticos, lubricantes, pinturas, barnices, elaboración de biodiesel y materiales compuestos de alto valor (Uphof 1959).

Las hojas y tallos son aptos para la alimentación animal, fundamentalmente de rumiantes, ya que poseen entre un 21 y un 34 % de proteína en hoja, y un 16 a 23 % si nos referimos a la planta entera (Swingle et al, citado por Falasca et al. 2011).

Es reconocido como un cultivo con alto potencial para la producción de energía a partir de la biomasa y con otros propósitos (Alexopoulou and Christou 2003)

El comercio mundial del kenaf cobra cada día mayor auge, pues este Hibiscus ha pasado a ser de un cultivo originalmente textil a un cultivo en el cual cada vez es más importante la variedad industrial de sus usos, incrementándose así su valor económico, máxime cuando se está imponiendo a nivel mundial la vertiente ecológica de su plantación productiva en sustitución de las de coníferas en la elaboración de pulpa papelera de alta calidad y bajo costo. Esto se ve reforzado por la importancia que actualmente han adquirido las especies vegetales como materia primar para la producción energética.

Este cultivo permitiría obtener fibras vegetales no leñosas, que pueden complementarse e integrarse al sistema tradicional de fibras leñosas y del bagazo de caña de azúcar, constituyendo además un recurso para contribuir a la diversificación de la producción agropecuaria. La utilización de esas fibras disminuiría el impacto ambiental al reducir la contaminación de fuentes de agua dulce y reducir el consumo de agua, energía y productos químicos (Baigorria et al. 2009)

El kenaf es capaz de adaptarse a una gran variedad de condiciones de clima y suelo, resultando ser un cultivo muy sensible a las heladas (Watson et al. 1976). Requiere alrededor de 150 días libres de heladas para completar la madurez (Sullivan, citado por Falasca et al. 2011).

Es una especie C3, que posee una alta eficiencia en el uso de la luz, superior a la de otras especies del mismo grupo, y tambien del agua (Duke, citado por Falasca et al. 2011).

La temperatura base de crecimiento es de 15 ° C, mientras que la temperatura media durante la estación de cultivo debe ser superior a 20 ° C para lograr el mejor crecimiento (Le Mahieu et al. 1991).

Falasca et al. (2011), realizan un estudio en base a análisis bioclimáticos y determinan, fundamentalmente, que la región centro y norte de nuestro país (abarcando desde el centro de la pcia. de Buenos Aires hasta Misiones y Salta) presentan una aptitud de media a óptima para el cultivo de kenaf.

Oliveros et al. (2000), sugiere poblaciones de 350.00 a 450.000 plantas/ha como las más apropiadas para kenaf y reporta rendimientos que van de 11,5 a 32,9 tn de materia seca por hectárea para cultivos realizados en España en la década del 90.

Ortiz y Sommo (2010) informan rendimientos de hasta 14.500 kg/ha de materia seca, en Córdoba, a densidades de 800.000 plantas/ha.

Cañadas Sánchez y López Córcoles (2000) obtuvieron rendimientos de 8.913 a 9.732 kg de materia seca/ha en un ensayo comparativo de variedades de kenaf, sin diferencias estadísticas entre variedades.

Ayerza y Coates (1996) constataron un buen comportamiento agronómico de 8 cultivares de Kenaf en cinco localidades del NO de Argentina y obtuvieron rendimientos de 6,7 a 10,8 tn de materia seca por hectárea.

Material y métodos

Durante el ciclo estival 2012/13 se realizó un estudio con carácter exploratorio, bajo condiciones de secano, en el área del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto (33° 06` LS, 64° 18` LO). El ensayo experimental fue implantado sobre un suelo Hapludol típico el 5 de noviembre de 2012.

El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento agronómico de un grupo de variedades de kenaf bajo las condiciones agroecológicas de Río Cuarto, Córdoba.

Los tratamientos estuvieron constituidos por 4 cultivares de kenaf, dispuestos segun un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. Los cultivares empleados fueron: Tainung 1, Cuba 108, Endora y UNRC-X1. La semilla de los tres primeros cultivares fue gentilmente cedida por la Cátedra de Mejoramiento Vegetal de la Universidad Nacional de Salta, mientras que la semilla del restante cultivar (UNRC-X1) es el resultado de la 4ta multiplicación de una introducción proveniente de Alemania.

Los cultivares fueron dispuestos en parcelas de 3 surcos, espaciados a 0,45 m, por 4 m de longitud. La siembra se efectuó “a chorillo continuo” utilizando una sembradora experimental de un surco.

La emergencia del cultivo se completó en aproximadamente 10 días desde la siembra. Con posterioridad a la emergencia y dado el reducido stand de plántulas logrado y la desigual distribución espacial de las mismas, se resolvió efectuar un raleo de plántulas a los fines de standarizar la densidad final a un valor promedio de 90.000 plantas/ha. El deficiente número de plantas obtenidas habría sigo el resultado de la baja calidad germinativa de la semilla (poder germinativo inferior al 50 %) y, fundamentalmente, de la escasa humedad en el suelo, prevaleciente durante los días que siguieron a la siembra.

Durante el período del ensayo se realizó solamente una tarea de desmalezado manual, a los 25 días de edad de las plantas, para eliminar las malezas presentes y evitar que las mismas pudieran afectar el crecimiento del cultivo. No se detectó la presencia de insectos plagas o enfermedades que afectasen el cultivo.

A lo largo del ciclo del cultivo se efectuó un seguimiento semanal, verificando la condición general del mismo, y registrando en fotografías la evolución de las plantas.

A partir del momento de la siembra, y cada cuatro semanas, se efectuó sobre los cultivares Tainung 1 y Cuba 108 la determinación de altura de planta, diámetro basal del tallo (a 5 cm de altura desde el suelo), número total de nudos foliares y ancho de la hoja más expandida. Para ello se midieron un total de 15 plantas, seleccionadas al azar (5 por cada parcela) en oportunidad de cada registro. Estas determinaciones tuvieron por objeto poder graficar el crecimiento de las plantas.

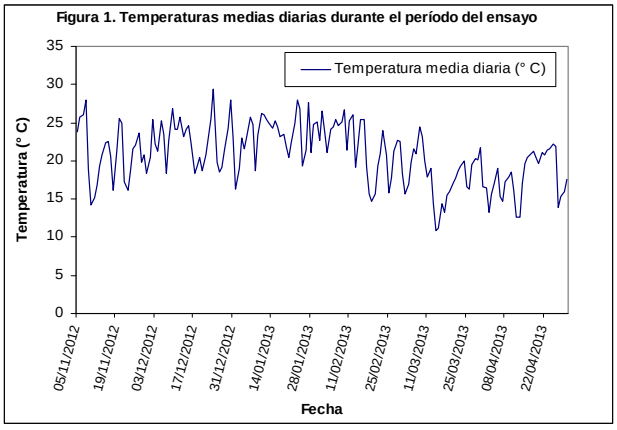
Al alcanzar el cultivo la etapa de inicio de floración (100 % de las plantas con al menos una flor en antésis), se procedió al corte de una muestra de plantas, a 1 cm desde la base, a lo largo de una longitud de 1 m del surco central de cada parcela. En dicho momento se registró la altura de esas plantas, el número de nudos foliares y el diámetro de tallo. El material vegetal recolectado fue luego procesado, separando hojas y tallos que posteriormente fueron llevadas a estufa, con circulación de aire forzado a 110 °C por 48 hs., para obtener el peso seco final de cada fracción.

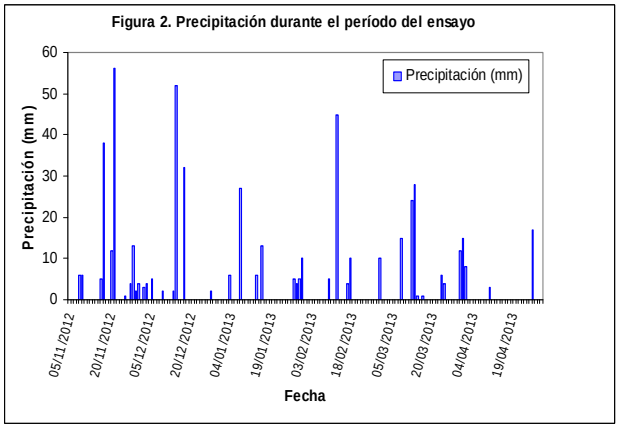
Resultados y discusión

Las condiciones climáticas del verano 2012 – 2013 se correspondieron bastante con los promedios históricos para la región.

La temperatura promedio durante el período del ensayo fue de 21°C, ubicándose 2 décimas de grado por encima del valor histórico. La evolución de las temperaturas medias diarias (promedio entre máxima y mínima) se observa en la Figura 1.

El total de precipitaciones ocurridas durante el período de la experiencia fue de 516 mm, unos 55 mm por debajo de los valores históricos para igual período. La distribución de las precipitaciones durante el ciclo del cultivo se muestra en la Figura 2.





La evolución del número de nudos foliares de los cultivares Tainung 1 y Cuba 108 (Figura 3) muestra una tendencia lineal a lo largo de toda la estación de crecimiento. Se observa que ambos cultivares presentan similar número de nudos foliares durante todo el ciclo, aunque el cultivar Cuba 108 supera levemente al cultivar Tainung 1.

Vista panorámica del ensayo a los 52 días desde la siembra

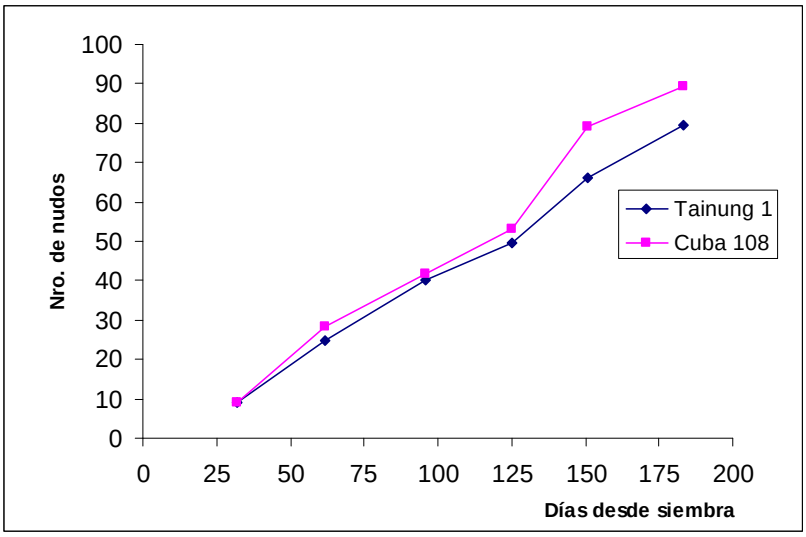


Fig. 3. Evolución del número de nudos foliares

La altura del cultivo y el diámetro de tallo (Figuras 4 y 5) evidencian un comportamiento similar al del número de nudos. El cultivar Tainung 1 presenta una altura superior a la de Cuba 108, diferencia que se acrecienta hacia finales del ciclo.

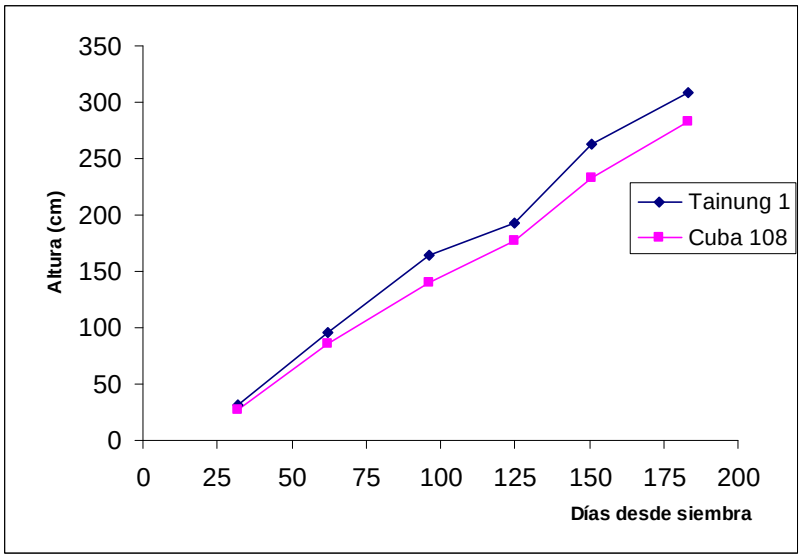


Figura 4. Evolución de la altura de planta

Vista general del ensayo a los 88 días desde la siembra

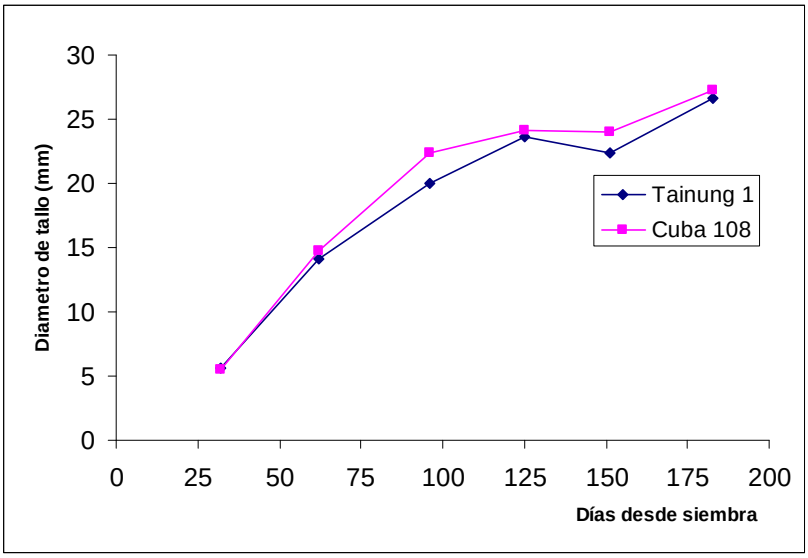


Figura 5. Evolución del diámetro de tallo

El ciclo productivo del cultivo, medido como el período desde emergencia hasta indicio de floración, momento de su óptimo aprovechamiento, fue de 147 días para el conjunto de las variedades.

Los resultados de producción de materia seca acumulada de tallos, hojas y total, se muestran en el cuadro 1 y en la Figura 6.

Cuadro 1. Producción de materia seca acumulada a inicio de floración

Cultivar	Materia Seca acumulada (kg/ha)		
	Tallos	Hojas	Total
UNRC-X1	20914,57 a	6523,16 a	27437,73 a
TAINUNG 1	19263,80 a	4553,38 b	23817,18 a
ENDORA	15873,38 b	3719,61 b	19592,99 b
CUBA 108	15834,37 b	4545,28 b	20379,65 b

Medias con letras iguales no difieren significativamente (p<= 0,10)

Los cultivares UNRC-X1 y Tainung 1 se destacan por sus niveles de producción de biomasa en tallo, superando significativamente a los otros cultivares.

La producción de biomasa en hojas fue inferior a la de tallos. El cultivar UNRC-X1 mostró el valor más alto, diferenciándose de los cultivares Tainung 1, Cuba 108 y Endora que a su vez fueron similares entre sí.

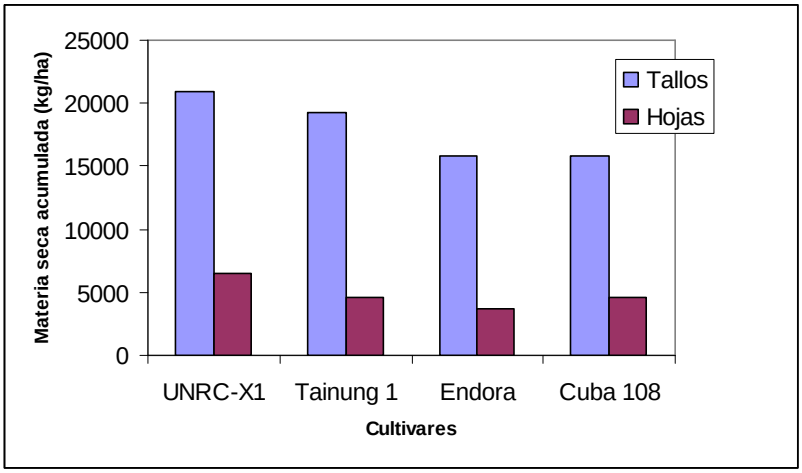


Fig. 6. Producción de biomasa de tallos y hojas de los diferentes cultivares

Aspecto general del cultivo al momento de inicio de floración
(148 días desde la siembra)

La producción de biomasa total del cultivo tuvo un comportamiento similar al evidenciado por la biomasa de tallo, observándose que los cultivares UNRC-X1 y Tainung 1 aventajaron significativamente a los cultivares Cuba 108 y Endora.

Estos valores de producción de biomasa resultan en general muy satisfactorios, ya que le permiten al cultivo alcanzar o superar en muchos casos a los valores referenciados en la bibliografía. Por lo expuesto, y bajo las condiciones de crecimiento de la campaña 2012/2013, es posible inferir que el cultivo de kenaf presenta una buena adaptación y desarrollo en Río Cuarto, Córdoba.

Bibliografía

Alexopoulou E., M. Christou. 2003. Kenaf: A non-food crop for southern Europe. Consultado en http://www.cres.gr/biokenaf/files/fs_inferior01_h_files/pdf/articles/Kenaf.Bologna.pdf.

Ayerza R., W. Coates. 1996. Kenaf performance in northwestern Argentina. Industrial crops and products, 5, pp 223-228.

Baigorria, M.,. A. Pascualides, G. Rinaldi, J. Serena, J. Videla, J. Bornancini. 2009. Evaluación agronómica de Kenaf: cultivo alternativo para la fabricación de papel en la región semiárida de Córdoba. IV Jornadas Integradas de Investigación y Extensión. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Consultado en http://www.agro.unc.edu.ar/~paginafacu/jornadas%202009.pdf

Cañadas Sánchez W., F. López Córcoles. 2000. Ensayos de kenaf. Consultado en http://www.itap.es/ITAP-Publicaciones/4Publicaciones/ Documentos/ OtrasPublicaciones/12.Ensayos%20de%20Kenaf.pdf

De La Fuente, E., A. Gil, A. Kantolic, M. Lopez Pereira, E. Ploschuk, P. Gimenez, N. Gomez, A. Lenardis, D. Sorlino, M. Vilariño, D. Wassner y L. Windauer. 2010. Cultivos Industriales. 2da. Edición. Editorial de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

Falasca S, A. Anschau, M. Pizarro, G. Cazenave. 2011. Las posibilidades del cultivo de kenaf (Hibiscus cannabinus L.) como productor de biomasa en Argentina. Cuarto Congreso Nacional – Tercer Congreso Iberoamericano, Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía – HYFUSEN.

Le Mahieu P., E. Opplinger, D. Putnam. 1991. Kenaf. Alternative Field Crops Manual. Consultado en: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/kenaf.html.

Leto, C., M. Sacco. 1989. "Il kenaf: le sue caracteristiche é le sue potenzialit á". L. Informatore Agrario: culture erbacee (15):84-86.

Oliveros R., R. Ponz, M. Manzanares, J. Tenorio, L. Ayerbe. 2000. El kenaf. Un cultivo agrícola para la producción de fibras anuales. Agricultura: Revista agropecuaria, España, 69 (820), pp. 748-753.

Ortiz N., A. Sommo. Kenaf, biomasa para propósitos multiples. Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC). Consultado en http://biodiesel.com.ar/4056/kenaf-biomasa-para-propositos-multiples

Uphof, J. C. 1959. Dictionary of Economic Plants. Thesis. Weinheim

Watson, A. J., G. Gostside, D. E. Weiss, G. H. Higgins, H. Nameas, G. W. Damis, G. M. Irume, I. Wood, A. Manderson Y E. J. Crane. 1976 The growing of kenaf in Northen Australia and its potential for paper making and food production, 1ed., Melbourne, Australia: Commomwealth Scientific and Industrial Research Organization, 39 pp.

EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS AVÍCOLAS POR AIREACIÓN PASIVA

Della Torre, Virginia; Rizzo, Pedro F.; Riera, Nicolás I.; Young, Brian J.; Ferraina, Antonella; Mayoral, Lucía; Salas, Florencia; Crespo, Diana

Laboratorio de Transformación de Residuos, Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (IMYZA), INTA.
Las Cabañas y De los Reseros s/n, Hurlingham,
Pcia. de Bs. As- Argentina.
+54 (011) 4481-4420/4320 int. 134/135
vdellatorre@cnia.inta.gov.ar

Resumen. El progresivo crecimiento de la avicultura en Argentina, sumado a la permanencia de esta actividad en zonas periurbanas, conllevan a una problemática que se centra en la generación de grandes volúmenes de residuos de producción (guano avícola). El compostaje es un proceso aeróbico de degradación de la materia orgánica, apropiado para tratar residuos avícolas. El compostaje manejado mediante aireación pasiva es una alternativa económica y sencilla, capaz de ser adoptada por productores avícolas. El objetivo de este trabajo fue evaluar físico-química y microbiológicamente el compostaje de residuos avícolas mediante aireación pasiva. Se armaron 6 pilas de 2 m^3 con tubos en forma de V, mezclando guano avícola y pasto seco (7:3 v/v). Se hicieron 2 tratamientos por triplicado, con y sin agregado de madera como estructurante, CM y SM respectivamente. Se tomaron muestras en 4 tiempos del proceso: 0, 14, 56 y 92 días. Las variables analizadas fueron: diferencial térmico entre la pila y el ambiente (ΔT°), contenido de humedad (%H), materia orgánica (%MO), nitrógeno total (Nt), carbono soluble (Cs), pH, conductividad eléctrica (CE), concentración de Ca, Mg, K, Zn, Mn y Cu, índice respirométrico estático (IRE), fósforo total (Pt) y soluble (Ps), *Salmonella spp*., coliformes y *E. coli*. Para ninguna variable analizada se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, excepto en el contenido de Ps al final del ensayo (0,41 y 0,65 $mg.g^{-1}$ en CM y SM respectivamente). Por otro lado, %H, %MO, ΔT°, Cs, Nt y CE, se redujeron a lo largo del experimento. El pH inicial (6,8) fue más bajo que el final (8,2). No se encontró *Salmonella spp*. Aún con el agregado de estructurantes, el sistema de aireación pasiva como método de tratamiento de residuos avícolas, no alcanzó la estabilidad y madurez bajo las condiciones estudiadas.

Palabras Clave: avicultura, guano, compost, madurez, estabilidad.

PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT FROM THE PASSIVE AERATION COMPOSTING PROCESS OF CHICKEN LITTER

Abstract. In recent years, chicken production has had a progressive increment in Argentina. Particularly, the increment of hen eggs production generates major volume of wastes in peri-urban areas. Composting is an aerobic process of organic matter degradation. Poultry manure may be treated through composting. Passive aeration system is an easy and economical alternative for chicken farmers. The aim of this study was to asses physicochemical and microbiologically the passive aeration composting process of chicken litter. Six piles of 2 m^3 with V-shaped pipe configuration as passive aeration system were made. Each pile contained poultry litter mixed with dry grass (7:3 v/v). Two treatments by triplicate, with and without addition of wood chips (AW and WW respectively), were compared. Four sampling times (0, 14, 56 and 92 days) were considered. Difference of temperature between each pile and the environment (ΔT°), moisture contain (%MC), organic matter (%OM), total nitrogen (%Nt), soluble carbon (%SC), pH, electrical conductivity (EC), concentration of calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K), zinc (Zn), manganese (Mn) and copper (Cu), static respirometric index (SRI), total phosphorous (Pt), soluble phosphorous (Ps), *Salmonella spp*., coliforms and *E. Coli* were measured. For the analyzed parameters, non-differences statistically significant among treatments were found. However, Ps concentration following the experiment was an exception (0.41 and 0.65 $mg.g^{-1}$ in AW and WW respectively). On the other hand, %MC, %OM, ΔT°, %SC, Nt and EC have showed a reduction along the time. The initial pH (6.8) was less than the final value (8.2). *Salmonella spp*. was not found. In studied conditions, passive aeration system as treatment method of chicken litter has not achieved the stability and maturity, not even with addition of wood chips.

Key words: chicken production, poultry manure, composting, maturity, stability.

BASES PARA UN BIOMONITOREO DE CALIDAD DE AIRE CON LÍQUENES EN LA CIUDAD DE VILLA MARÍA

Ciacci, Yamila[1]; Estrabou, Cecilia[2]; Filippini, Edith[2] y Gallego, Fernando[1y3]

1. Escuela Normal Víctor Mercante – Nivel Superior.
2. Centro de Ecología y Recursos Naturales Renovables "Dr. Ricardo Luti". Universidad Nacional de Córdoba.
3. Universidad Nacional de Villa María

RESUMEN

En este estudio se pretende dar inicio a un programa de biomonitoreo de calidad de aire en la ciudad de Villa María, en base a registros de diversidad y cobertura de líquenes. Se analizaron líquenes corticícolas sobre el arbolado público de vereda de tres zonas urbanizadas, dos céntricas y una periférica. En cada una, se evaluaron 50 árboles, a lo largo de 500 m (5 cuadras consecutivas), siempre de la misma mano. En cada árbol sobre la cara sudoeste, se colocó una grilla de 0,20 x 0,20 m a 1,5 m del suelo. Allí se identificaron las especies y se calculó la cobertura y frecuencia relativa. Los resultados muestran que tan sólo el 20% de los árboles presentaron líquenes. El número máximo de especies encontradas fue 8: *Physcia undulata, P. endochryscea, P. erumpens, P. aipolia, Parmotrema reticulatum, Hyperphyscia tuckermanii, Dirinaria applanata y Candelaria concolor.* Physcia fue el género más abundante y con mayor número de especies. Asimismo, solo unas pocas especies de este género fueron las más representativas en cuanto a porcentaje de cobertura y frecuencia relativa, acompañadas de *C. concolor*, todas especies determinadas como tolerantes de contaminación atmosférica en ambientes urbanos.

Palabras Claves: Biomonitoreo, Aire, Villa María, Líquenes, Contaminación, Urbanos

ABSTRACT

This study aims to start a program of biomonitoring air quality in the city of Villa Maria, based on records of lichen diversity and coverage. Corticolous lichens were analyzed on the public sidewalk trees three urbanized areas, two central and peripheral. In each, we evaluated 50 trees along 500 m (5 blocks in a row), always in the same hand. In each tree on the southwest side, placed a grid of 0.20 x 0.20 m to 1.5 m above ground. There were identified and calculated species and relative frequency coverage. The results show that only 20% of the trees showed lichens. The maximum number of species found was 8: Physcia undulata, P. endochryscea, P. erumpens, P. aipolia, Parmotrema reticulatum, Hyperphyscia tuckermanii, Dirinaria applanata and Candelaria concolor. Physcia gender was more abundant and more species. Furthermore, only a few species of this genus were the most representative in terms of percent cover and relative frequency, accompanied by C. concolor, all species determined to be tolerant of air pollution in urban environments.

CARACTERIZACIÓN DE CALIDAD AMBIENTAL SONORA URBANA E INFERENCIAS PROGRESIVAS EN LA PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN

Gallego, Fernando[1]; Monje, Hugo; Sicbaldi, Ma. Paula

1. Universidad Nacional de Villa María – Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables
monjehugo@gmail.com

RESUMEN

El avance tecnológico de la sociedad ha logrado mejoras en innumerables aspectos de la vida cotidiana de los ciudadanos, pero también es la causa de un gran número de problemas entre los que podemos mencionar procesos de contaminación, tanto química como física. En este trabajo nos centraremos en el estudio de un tipo de contaminante físico, el ruido.

El objeto del trabajo fue evaluar niveles de presión sonora a fin de inferir de manera progresiva en medidas preventivas y/o de mitigación para estar dentro de los parámetros internacionales propuestos por la **World Health Organization** (OMS).

Se procedió a la toma de mediciones aplicando el protocolo medición de fuentes móviles y se empleó un decibelímetro Mastech MS6700, en la modalidad de medición ambiental (dbA) por bandas de octavas, con episodios de medición de mínimo 5 minutos. Dichas mediciones se hicieron instalando el equipo a 1.5 m de altura e instalándola acorde a las áreas urbanas seleccionadas geográficamente.

Los resultados denotaron que los niveles de presión sonora son elevados y superan ampliamente las normas nacionales e internacionales, transformándose en un potencial inconveniente de salubridad pública.

Por tal motivo se decidió sugerir medidas preventivas y/o de mitigación como: la adopción de pavimentos blandos, equipar a los vehículos con silenciadores, controlar el uso innecesario de bocinas, implementar restricciones en velocidad y horario, en calles, avenidas o caminos, controlar los niveles de ruido vehicular mediante la inspección técnica vehicular, incrementar el arbolado y en la medida de las posible preservar los espacios verdes en la ciudad.

Palabras Claves: Presión Sonora, Decibeles, Villa María, Prevención, Mitigación

ABSTRACT

The technological advancement of society has led to improvements in many aspects of daily life of citizens, but also the cause of a large number of problems among which we mention contamination processes, both chemical and physical. In this paper we focus on the study of a type of physical contamination, noise.

The purpose of the study was to evaluate the sound pressure levels to gradually infer on preventive measures and / or mitigation to be within international standards proposed by the World Health Organization (WHO).
We proceeded to take measurements using the measurement protocol mobile sources and employed a decibel meter Mastech MS6700 in environmental measurement mode (dBA) for octave bands, with episodes of measuring at least 5 minutes. These measurements were installing the equipment at 1.5 m height and installing it according to selected urban areas geographically.
The results denoted that the sound pressure levels are high and far exceed national and international standards, becoming a potential drawback of public health.
For this reason we decided to suggest preventive measures and / or mitigation as: the adoption of soft flooring, equip vehicles with silencers, control unnecessary use of horns, implement speed restrictions and time, in streets, avenues or roads, control vehicular noise levels by vehicle technical inspection, increase the woodland and to the extent possible to preserve the green spaces in the city.

Keywords: SPL, Decibels, Villa Maria, Prevention, Mitigation

EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN FORESTAL REGADO CON AGUAS RESIDUALES MEDIANTE EL MÉTODO MESMIS

Maionchi S., sofia; Dorado, M., Bracamonte, E.; Rodriguez A., E.; Vianello, A; Scully, Martín

FCA-UNC. Av, Valparaiso s/n. 5000. Córdoba.
smaionchi@agro.unc.edu.ar

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar la sustentabilidad de un sistema de tratamiento y reutilización del agua para el riego de una unidad forestal, en la localidad de Adelia María, Córdoba. Para evaluar la sustentabilidad del sistema productivo se utilizo el método MESMIS, el cual proporciona un enfoque sistémico, con una óptica multicriterio para abordar la multidimensión de la sustentabilidad ambiental del sistema productivo. El trabajo se realizó en el año 2012 en el cual se identificaron los puntos críticos para la sustentabilidad del sistema, basados en siete atributos seleccionados de un agroecosistema: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autogestión. Los puntos críticos se relacionaron con tres áreas de evaluación (ambiental, social y económica) y se definieron indicadores para cada área. En una segunda etapa se midieron dichos indicadores y se llevaron a una escala referencial de 1 a 5. Estos datos se ingresaron a el software el cual arrojo diagramas de tipo AMEBA que permitieron observar de manera cualitativa las ventajas y limitaciones del sistema bajo evaluación. Los resultados obtenidos permiten concluir que el sistema productivo evaluado, cumple adecuadamente con los objetivos ecológicos, sociales y económicos. Los resultados obtenidos en esta investigación, confirman la utilidad de emplear un enfoque holístico, para abordar la multidimensión de la sustentabilidad.

Palabras claves: MESMIS, sustentabilidad ambiental, producción forestal sustentable

Abstract

The aim of this investigation was to determine the sustainability of a treatment and reuse water system for a foresting production unity, in the town of Adelia Maria, Cordoba. To evaluate the sustainability of the productive unity we used the MESMIS method, which provides a systemic approach, with a multicriteria vision to engage the multidimension of the environmental sustainability. The investigation took place during 2012 in which critical points were identified to evaluate the sustainability of the system, based on seven attributes selected from an

agroecosistem: productivity, stability, reliability, resilience, adaptability, equity, and self-management. The critical points, related to three evaluation areas (environmental, social, and economic) and indicators were defined for each area. During a second stage these indicators were measured and taken to a reference scale of 1:5. This data was entered into the software which provided AMEBA diagrams that allowed the evaluation in a qualitative way of the advantages and limitations of the system under evaluation. The results obtained indicate that the productive system evaluated, adequately meets the ecological, social, and economic standards. The results obtained in this investigation, confirm the utility of using a holistic approach to engage the sustainability with a multidimensional criteria.

Keywords: MESMIS, environmental sustainability, sustainable foresting production.

VALORACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCCIONES AGROPECUARIAS DE CÓRDOBA MEDIANTE EL USO DE BIOINDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

Bracamonte, Enzo; Maionchi S., Sofia; Rodriguez A.,Eduardo;
Vianello, Alejandro; Scully, Martin

FCA-UNC. Av, Valparaiso S/N. 5000. Córdoba.
ebracamo@agro.unc.edu.ar

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar el riesgo ambiental asociado al uso de plaguicidas en cultivos seleccionados de alfalfa,vid, y papa y un cultivo orgánico (control) de almendro (*Prunus amygdalus* Batsch) del Departamento Colon, Córdoba. La evaluación del impacto sobre la biota edáfica se realizó sobre suelos de sistemas productivos tradicionales. Para valorar el impacto de los plaguicidas en el sistema suelo se trabajo en laboratorio utilizando como bioindicador la lombriz roja californiana (*Eisenia foétida Savigny)* en suelos colectados de cada cultivo en épocas de alto y bajo aporte de plaguicidas. Para medir la actividad evasora o de preferencia ante los diferentes suelos potencialmente contaminados se siguió la técnica de Stephenson *et al* (1998). Para evaluar efectos subletales (≥14 dias) se utitlizaron los test estándar recomendados por ISO 112686-1 en el que se utilizo el herbicida glifosato en concentraciones 0, 10,20, 30, 40 y 50 ppm (mg/kg). Los Riesgos calculados para cada plaguicida y para todas las aplicaciones en el ciclo del cultivo de alfalfa se utilizo el indicador IPest generado a partir del modelo matemático de lógica difusa. Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas entre los diferentes suelos evaluados, observándose alta preferencia de *E.foetida* por el suelo orgánico, seguido por vid y alfalfa, observándose alto rechazo por el suelo de papa en las dos épocas del año consideradas. No se observo diferencias significativas en el peso de las lombrices entre el suelo de alfalfa y los suelos de vid y orgánico. Los resultados obtenidos en los ensayos de toxicidad no mostraron efecto sobre la sobrevivencia pero si se observo diferencias significativas entre los organismos del control (aumento de peso) y los tratados (disminución de peso). Los resultados obtenidos utilizando el indicador IPest mostró valores de riesgo bajo para todas las aplicaciones en el ciclo del cultivo de alfalfa.

Palabras claves: contaminación ambiental, plaguicidas, bioindicadores

Environmental evaluation of Cordoba's agricultural productions using sustainability bioindicators.

Abstract

The aim of this investigation was to determine the environmental risk associated to pesticide use in selected crops of alfalfa, vine, potato, and an organic crop (control) of almond (*Prunus amygdalus Batsch)* in Colon's district, Cordoba. The impact evaluation over the edaphic biota was made over traditional productive systems' soils. The "California red worm" (*Eisenia foétida Savigny)* was used to evaluate pesticide impact in the soil system as a bioindicator in collected samples taken from each crop in times of high and low use of pesticides. To measure the evasive or preference activity over different potential contaminated soils the Stephenson *et al* (1998) technic was used. To evaluate sub lethal effects (≥14 days) standard tests recommended by ISO 112686-1 were used in which Glyphosate was applied in 0, 10, 20, 30, 40 y 50 ppm (mg/kg) concentrations. The calculated risks for each pesticide and for all of the applications during the alfalfa's crop cycle were taken from the IPest indicator, generated from a fuzzy logic mathematical model. The results show differences between tested soils, showing *E.foetida*'s high preference for organic soils, followed by vine and alfalfa's, showing high rejection over potato's soil in both seasons considered. No differences were shown in the worm's weight between samples from alfalfa, vid and organic' soils. The results from the toxicity exam did not show difference over survival but they did show statistic differences between control organisms (weight raise) and treated organisms (weight loss). IPest indicator's results showed low risk for all of the pesticide application during alfalfa's crop cycle.

Keywords: environmental pollution, pesticides, bio indicators.

EVALUACIÓN ECOTOXICOLÓGICA DE RESIDUOS AVÍCOLAS COMPOSTADOS MEDIANTE UN SISTEMA DE AIREACIÓN PASIVA

Young, Brian J.; López, Valeria A.; Molina, Cecilia D.; Fernández, Florencia E.; Rizzo, Pedro F.; Riera, Nicolás I.; Della Torre, Virginia; Crespo, Diana

Laboratorio de Transformación de Residuos, Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (IMYZA), INTA.
Las Cabañas y De los Reseros s/n, Hurlingham, Argentina.
+54 (011) 4481-4420/4320 int. 138/142
byoung@cnia.inta.gov.ar

Resumen. El guano es el principal residuo generado en las producciones intensivas de aves ponedoras y generalmente es utilizado en agricultura. El sistema de aireación pasiva ha sido usado como un efectivo método para compostaje de residuos avícolas, el cual genera lixiviados durante el proceso. Estos lixiviados son mezclas complejas de sustancias que pueden ser peligrosas para los organismos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la variación temporal de la toxicidad de elutriados de compost sobre dos especies de plantas y un crustáceo acuático, como sistema de biomonitoreo. Se usó un diseño experimental completamente aleatorizado con medidas repetidas. Se armaron 6 pilas de 2 m^3 que contenían residuos avícolas mezclados con pasto seco (7:3 v/v), con tubos en forma de V como sistema de aireación pasiva. Se tomaron muestras estratificadas en 4 tiempos del proceso, en un rango de 0 a 92 días. Se prepararon elutriados (1:10 p/v) bajo agitación durante 3 hs. En un total de 24 muestras, se determinaron parámetros físico-químicos y se realizaron bioensayos de toxicidad con *Daphnia magna* (daphnia) y semillas de *Lactuca sativa* (lechuga) y *Raphanus sativus* (rabanito). En la muestra inicial (día 0), la CE_{50} de las 3 especies fue 8,29 ± 0,35% y en la final (día 92) fue 31,12 ± 10,99%. Daphnia fue la especie más sensible por la exposición al elutriado, seguida por la lechuga y luego el rabanito. El compostaje logró reducir un 22,84% la toxicidad promedio, considerando las 3 especies. Sin embargo, el sistema de aireación pasiva no ha resultado suficientemente efectivo para reducir la toxicidad del compost de residuos avícolas. El biomonitoreo de los procesos de tratamiento de residuos facilita la toma de decisiones. Bajo las condiciones analizadas, se recomienda que los residuos avícolas tratados por este método de compostaje no sean utilizados como enmienda del suelo.

Palabras Clave: biomonitoreo, *Daphnia magna*, *Lactuca sativa*, *Raphanus sativus*, elutriado.

ECOTOXICOLOGICAL ASSESSMENT FROM A PASSIVE AERATION COMPOSTING OF CHICKEN LITTER

Abstract. Chicken manure is the principal waste generated in intensive production of laying hens, and generally it is employed in agriculture. Passive aeration system has been used as an effective composting method of chicken litter which generates leachates during processing. These leachates are complex mixtures of substances that may be hazardous for organisms. The aim of this study was to assess the temporal variation of the toxicity from composting elutriates on two species of plants and an aquatic crustacean, as a biomonitoring system. Experimental design consisted in a statistical completely randomized design with repeated measures. Six piles of 2 m^3 with a V-shaped pipe configuration as passive aeration system containing chicken litter mixed with dry grass (7:3 v/v) were constructed. Stratified sampling was taken in 4 times during the composting process, ranging 0 and 92 days. The samples were stirred (1:10 w/v) during 3 hours for prepare elutriates. In a total of 24 samples were determined physicochemical parameters and were conducted the toxicity tests using *Daphnia magna* (daphnid), and *Lactuca sativa* (lettuce) and *Raphanus sativus* (radish) seeds. In the initial sample (0-d), the average EC_{50} of the 3 species was 8.29 ± 0.35% and in the ending sample (92-d) was 31.12 ± 10.99%. Daphnid was the most sensitive species by exposure to elutriates, followed by lettuce and then radish. The composting reduced 22.84% the average toxicity for the 3 species. However, the passive aeration system has not sufficiently been effective in reducing toxicity of chicken litter composting. The biomonitoring from the waste treatment processes facilitates decision making. In analyzed conditions, the employment of chicken litter treated through this composting method as a soil amendment is not recommended.

Keywords: biomonitoring, *Daphnia magna*, *Lactuca sativa*, *Raphanus sativus*, elutriate.

RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES: LA SEPARACIÓN EN ORIGEN MAXIMIZA EL RECICLAJE

Sánchez de Pinto, M. Inés[1], Jorge de Cuba, Emilse[1], Rodriguez, Gabriela Vanesa[1]
Ferreira Grassi, M. Florencia[1] , Roman, Soledad[2], Polo,Alfredo[3]

1. Instituto de Ciencias Químicas
2. Área de comunicación-Facultad de Agronomía y Agroindustrias -UNSE-Av. Belgrano (S) 1912 - 4200, Santiago del Estero, Argentina Tel: 54-385-450958- e-mail: inesdep@unse.edu.ar
3. Instituto de Ciencias Agrarias-CSIC-Madrid-España

RESUMEN

Con la implementación progresiva y sostenible de un Programa de Educación Ambiental en la población (3.500 habitantes-935 familias), de la ciudad de Selva (Departamento Rivadavia -Santiago del Estero), se logró un cambio en la actitud de los vecinos: de indiferentes hacia el destino de los residuos que generan a comprometidos y responsables, clasificando y separando sus residuos en tres bolsas. Desde julio del 2013 se realiza la recolección diferenciada a toda la población, recolectando lunes, miércoles y viernes los residuos sólidos biodegradables (reciclables húmedos) y los enterrrables (no reciclables), mientras que los martes y jueves los residuos sólidos reciclables secos. El 79,3% de la población considera agradable la tarea de separación en tres bolsas y el 89% continuaría separando indefinidamente. En el nuevo sitio de disposición final está dividido en tres grandes zonas. La zona de separación y acopio constituida por un galpón con 8 boxes para acopio de cartón, botellas y envoltorios plásticos, botellas de vidrio, latas,etc., con un lugar de pesada y enfardado para su posterior comercialización. La zona de compostaje con 1 bases de cemento de 8mx10m en la que se ubican los residuos húmedos o biodegradables (restos de comida y jardín) en pilas de 1,5m-2,0m de altura, al aire libre, y son tratados mediante la biotecnología del compostaje (sistema abierto, con volteos periódicos) durante 120-180 días. Los compost obtenidos son utilizados como mejoradores de suelos en espacios verdes (predio, plazas, canteros de avenidas, etc.). La zona de enterramiento con 2 celdas (con membrana impermeabilizante) donde se depositan los no reciclables, se compactan y cubren con suelo. De la totalidad de los residuos residenciales recolectados durante el mes de agosto del 2013, el 44% contenían materiales reciclables húmedos biodegradables, el 23% de reciclables secos y el resto, (33%) materiales no reciclables que fueron depositados en la cava para su enterramiento. El alto contenido de residuos húmedos es un factor limitante para recuperar los materiales reciclables. Con la separación en origen y recolección diferenciada se logró maximizar el reciclaje y comercialización, disminuyendo la cantidad de residuos a enterrar, aumentando la vida útil de las cavas. La comercialización, generó ingresos económicos extras y permitirán en un futuro cercano aumentar el trabajo formal.

PALABRAS CLAVES

Gestión Integral, clasificar, reciclar, compostaje, comercializar

PROYECTOS PRESENTADOS EN EL 2013 AL CONCEJO DELIBERANTE DE LA CIUDAD DE VILLA MARÍA

Etchegaray Georgina[1]; Rodríguez Marta Elena[1]; Alejandra Amione[1], Fernando Gallegos[1],Evelyn Santi Esnaola[2]

1. Docentes de la Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables IAPCBA- de la Universidad Nacional de Villa María.
2. Estudiante de tercer año de la Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables IAPCBA- de la Universidad Nacional de Villa María
Av. Arturo Jauretche 1555. Villa María (Cba.)- Argentina

RESUMEN

Estos proyectos fueron presentados al Concejo Deliberante de la Ciudad de Villa María en los cuales ha tenido una participación directa la **Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables del Instituto Académico Pedagógico de Ciencias Básicas y Aplicadas de la UNVM.**
Proyecto de Resolución que tiene por finalidad la instalación en nuestra ciudad, de lo que denominaríamos **Puntos de Recolección de Residuos Móviles (PRRM),** conforme un cronograma de días y un estudio sobre su ubicación, a través de las áreas pertinentes.
Proyecto de resolución cuyo objetivo es incentivar, en nuestra ciudad, las denominadas "**terrazas verdes**", también conocidas como "Techos Vivos", "Azoteas Verdes", "Ecoterrazas", "Jardines en el cielo" o "Green Roofs", y que consisten en recrear, en la terraza, un espacio verde que funcione como un jardín normal.
Proyecto de resolución cuyo objetivo es declarar de **interés municipal** las actividades que realizará un importante número de alumnos de la carrera "Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables" de la UNVM, coordinados por los docentes Arq. Alejandra Amione y Lic. Fernando Gallegos, en el área denominada **"El Algarrobal**" de nuestra ciudad

Palabras Claves **.Puntos de Recolección de Residuos Móviles; Terrazas verdes; El Algarrobal**

PROYECTOS

Proyecto de Resolución que tiene por finalidad la instalación en nuestra ciudad, de lo que denominaríamos **Puntos de Recolección de Residuos Móviles (PRRM),** conforme un cronograma de días y un estudio sobre su ubicación, a través de las áreas pertinentes.

Punto de Recolección de Residuos Móvil (PRRM), sería un dispositivo o receptáculo de grandes dimensiones que contaría con una serie de compartimentos en los que los vecinos pueden depositar esos residuos especiales que deben recibir un tratamiento adecuado previo a su disposición final. Se recibirían: cables, teléfonos celulares, pilas, tubos fluorescentes y lámparas, cartuchos de tinta y toner, cd's y diskettes, televisores y monitores, ropa, aceites vegetales y de motor utilizados y objetos metálicos de cocina.

El PRRM cumpliría una función muy importante, ya que acercaría al vecino una solución para depositar estos residuos (al menos una vez al año en cada barrio de la ciudad) que no se deberían sacar con la recolección diaria, tanto de origen domiciliario como los residuos reciclables (papel, vidrio, plásticos). Cabe destacar que existe un programa o campaña que realiza la Universidad Nacional de Villa María (una vez al año) y que consiste en recoger este tipo de residuos especiales que necesitan tratamiento para su disposición final. Esta Campaña ha sido sumamente provechosa,

Esta y otras iniciativas que estamos elaborando, apuntan a generar no sólo las condiciones necesarias para que los residuos de la ciudad se dispongan y traten correctamente, sino también a favorecer la creación de emprendimientos verdes, que den valor a aquello que, hasta ahora, no era más que un residuo.

"TERRAZAS VERDES", TAMBIÉN CONOCIDAS COMO "TECHOS VIVOS", "AZOTEAS VERDES", "ECOTERRAZAS","JARDINES EN EL CIELO" O "GREEN ROOFS",

El paso acelerado del crecimiento urbano moderno ha afectado muchos de los procesos naturales del planeta. En las ciudades, la mayoría de las superficies están cubiertas por asfalto y cemento, y esto altera los ciclos del agua y del aire, entre otras cosas.

Para restablecer el balance en los ecosistemas urbanos, las ciudades deben encontrar formas de generar espacios verdes en un mundo cada vez más gris. Estos espacios, áreas abiertas cubiertas con vegetación, benefician a la ciudad y sus habitantes, ya que controlan la temperatura, absorben agua de lluvia, desaceleran el escurrimiento, fomentan la biodiversidad y mejoran la salud humana.

El recurso principal que se tiende a proteger, por medio del presente Proyecto, es el aire, recurso renovable debido al ritmo de tasa de producción que tiene. El cumplimiento del ciclo es el óptimo para su utilización que es principalmente de oxidación (procesos de fijación de carbono). Finalmente es renovable ya que, a escala humana de tiempo, está disponible en forma constante.

Pero este recurso natural renovable puede ser agotado por su mal uso. El aire es un elemento clave en el desarrollo de la mayoría de organismos vivos que, según la teoría de la atmósfera reductora de Oparin, la composición de éste no siempre fue igual.

También es importante aclarar lo que se entiende por contaminación, ya que hay diferentes definiciones: una de ellas es "la impurificación por inyección y permanencia temporal de materias gaseosas, líquidas y sólidas o radiaciones ajenas a su composición natural o en proporción superior a ella."

Podemos decir que la naturaleza en sí, o hablando específicamente del aire, no es constante, tiene cambios en el tiempo. En la actualidad las modificaciones que introduce el hombre son en tiempos exageradamente cortos sin permitir el proceso fundamental de adaptación de la naturaleza a los cambios.

La propuesta que hoy se trabaja es la de incentivar, en nuestra ciudad, las denominadas “terrazas verdes”, también conocidas como “Techos Vivos”, “Azoteas Verdes”, “Ecoterrazas”, ”Jardines en el cielo” o “Green Roofs”, y que consisten en recrear, en la terraza, un espacio verde que funcione como un jardín normal.

En su definición más básica, una cubierta verde es un sistema de ingeniería que permite el crecimiento de vegetación en la parte superior de los edificios (ya sea en techos o azoteas), manteniendo protegida su estructura. En general las cubiertas verdes tienen un impacto neto positivo sobre el ambiente: capturan agua de lluvia, reduciendo así inundaciones y niveles de contaminación; mejoran la aislación térmica de los edificios y enfrían el aire y colaboran en mejorar la calidad de vida. Para lograr un clima urbano saludable, probablemente sería suficiente con enjardinar entre un 10 y un 20% de todas las superficies techadas de la ciudad. Se puede partir de la base de que en los barrios céntricos de las grandes ciudades 1/3 de la superficie está edificada, 1/3 corresponde a las calles y plazas, a su vez pavimentadas, y solamente queda 1/3 de superficies verdes sin pavimentar.

Aspectos positivos a considerar: 1) Aislamiento acústico: Las plantas reducen, mediante la absorción (transformación de la energía sonora en energía de movimiento y calórica), reflexión y deflexión (dispersión). Son reducidas más pronunciadamente las frecuencias altas que se consideran especialmente molestas. 2) Reducción de costos en calefacción / climatización: Aumenta el aislamiento y la eficacia energética de cualquier edificio. Debido a sus propiedades aislantes, estas cubiertas tienen un gran impacto sobre las temperaturas interiores, reduciendo sustancialmente la cantidad de energía requerida para calentar un edificio en invierno, y enfriarlo en verano. Como resultado, se reducen notablemente los costos. Esta barrera térmica, permite un ahorro de hasta un 60% en aire acondicionado y en calefacción. 3) Esperanza de vida incrementada: La duración de todos los techos convencionales, sean éstos cubiertos con tejas, metal, chapas onduladas o similares es limitada por la influencia del tiempo- calor- frío – lluvia - rayos ultravioletas – viento - así como ozono y gases provenientes de las industrias causan daños mecánicos y/o procesos de descomposición químicos o también biológicos. Con una terraza verde la capa impermeable del techo quedaría totalmente protegida de los rayos ultravioletas y de daños mecánicos. 4) Ventajas estéticas: Las cubiertas ecológicas crean sectores verdes en el entorno urbano. Las plantas sobre la cubierta, conceden a los propietarios la presencia de un entorno natural, en lugar de las típicas superficies negras o grises que habitualmente constituyen las cubiertas llanas, cada vez más presentes en el paisaje urbano.

Aspectos ambientales: a) Retención del agua: Aborben grandes cantidades de agua de lluvia y a la vez, evitan que ésta se dirija directamente hacia los desagües: una gran cantidad del agua es absorbida por las plantas, o se evapora. En el caso de precipitaciones significativas, retrasa el vertido sobre el desagüe, reduciendo la presión sobre los conductos cloacales. Las cubiertas ecológicas a gran escala, pueden reducir considerablemente el riesgo de inundación en las zonas en donde los caños cloacales son insuficientes.

Un techo verde con 20 cm de sustrato de tierra y arcilla expandida puede, según Dürr (1995, pág. 39), almacenar 90 mm de agua (90 litros por m2). Esto significa, que sólo el 30% de la lluvia caída desagua y el 70% queda retenida en el techo verde o se evapora. Este es uno de los beneficios más importantes en los que redunda la aplicación de estas estructuras, sobre todo en nuestra ciudad, que ha crecido considerablemente en los últimos años y la problemática de los desagües de las lluvias acarrea consecuencias negativas para la población, con anegamiento total de algunas calles y bulevares.

Estas investigaciones muestran que los techos verdes, mediante su efecto de parachoque y retardo, alivian considerablemente las redes de alcantarillado de la ciudad, que siempre deben ser dimensionadas para las precipitaciones máximas. Por lo tanto, se podría reestructura el sistema de alcantarillado, enjardinando grandes urbanizaciones y zonas industriales, y así abaratar costos. b) Regulación térmica: Los colchones de plantas sobre los techos tienen un alto efecto de aislación térmica, sobre todo debido a los siguientes fenómenos: El colchón de aire encerrado hace el efecto de una capa de aislante térmico, cuanto más denso y grueso sea éste, mayor es el efecto. Una parte de la radiación calórica de onda larga emitida por el edificio es reflejada por las hojas y otra parte absorbida. Es así que disminuye la pérdida de radiación de calor del edificio. Una densa vegetación impide que el viento llegue a la superficie del sustrato. Como ahí casi no existe movimiento de aire, la pérdida de calor por efecto de viento se acerca a cero. Ya que en edificios viejos aislados, sin protección térmica mejorada, la pérdida de calor por convección (en particular por el viento) puede ser mayor al 50%, una densa capa de plantas lograría en estos casos el más eficaz ahorro de energía. c) Mejora en la calidad del aire: Contribuyen a una mejor calidad del aire. Esto sucede particularmente en los entornos urbanos, en donde la calidad del aire es a menudo mala. La vegetación sobre la cubierta produce por un lado oxígeno, y por otro, absorbe las partículas contaminadas del aire. Ayudan a filtrar el aire, **las plantas llegan a filtrar el 85% de las partículas del aire, depositando los metales pesados, como el plomo en las plantas y en el sustrato.** Además 1m2 de pasto atrapa 130 gramos de polvo por año. d) Regulación de la humedad: Las plantas también reducen las variaciones de humedad. Particularmente cuando el aire está seco evaporan una considerable cantidad de agua y elevan así la humedad relativa del aire. Por otra parte, las plantas pueden disminuir la humedad del aire con la formación de rocío. Así se condensa la niebla sobre las hojas y tallos de un techo verde y luego pasa a la tierra en forma de gotas de agua. e) Disminución del efecto “Isla de calor” (UHI): Una ciudad está construida principalmente por hormigón, asfalto, ladrillos y piedras. Debido a que la contaminación atmosférica de un lugar determinado depende en gran medida del carácter de la superficie, la temperatura en una ciudad es mayor que en las zonas no urbanas. Este fenómeno es debido a las emisiones de calor por actividades antropogénicas, que junto a la contaminación atmosférica y los cambios de la cubierta natural, contribuyen al aumento de temperatura en las zonas urbanas. Las terrazas verdes permiten aumentar la superficie vegetal, disminuir los contaminantes atmosféricos, elementos claves para disminuir el UHI.

Aspectos sobre la salud : - Beneficios para la salud física y psíquica: Los espacios verdes determinan, por su sola existencia, un espacio de incidencia de la mayor y más importante fuente de energía que es la luz solar. Esta determina en el hombre, igual que en los animales, los procesos metabólicos y de fijación de elementos estructurantes del organismo.

Por otra parte, por sus cualidades estéticas naturales, también generan a nivel psíquico, un quantum de placer que potencializa sus funciones.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda como óptimo 15 m2 de espacios verdes por habitante y como mínimo 10 m2. Estos espacios deberían estar distribuidos equitativamente en relación a la densidad de población, por lo tanto, en relación a la densidad de edificación.

Además, y como otro factor a considerar, 1m2 de pasto genera el oxígeno requerido por una persona en todo el año.

A los fines de incentivar en nuestra ciudad este tipo de estructuras se recomienda, en primer lugar, que ante las áreas pertinentes se reconozcan y aprueben estas nuevas formas de construcción y se les conceda una exención impositiva en la Tasa del Servicio a la Propiedad conforme los m2 que abarquen, entendiendo que la misma será la retribución y reconocimiento que el Municipio efectúe por los Servicios Ambientales que aquellas brindan.

El proyecto que se eleva a consideración de este Cuerpo, es producto de las investigaciones efectuadas por la alumna Evelyn SANTI ESNAOLA para su trabajo final en la Cátedra Gestión de los Recursos Naturales- docente responsable Leticia GUZMAN, de la carrera Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables de la UNVM.

ARTÍCULO 1°.- RECOMENDAR al DEM que, bajo el área pertinente, implemente un Programa denominado “TECHOS o TERRAZAS VERDES” en el ámbito de la ciudad de Villa María.

ARTÍCULO 2º.- A los fines de lo solicitado en el primer artículo de la presente Resolución, entiéndase como “Techo o Terraza Verde” a una superficie cubierta de vegetación cuyo principal objetivo es contribuir con el medio ambiente urbano mediante el sostenimiento ecológico en grandes ciudades.

ARTÍCULO 3º.- Se recomienda que las edificaciones que implementen las cubiertas descriptas en los artículos anteriores, puedan gozar de una exención parcial en el importe de la Tasa del Servicio a la Propiedad, la que debería efectuarse en base a los m2 afectados a estas estructuras, por los Servicios Ambientales que brindan.

El Algarrobal”

El paisaje constituye un nexo entre el ser humano y la naturaleza. Le confiere al hombre “sentido de lugar”, de pertenencia, identidad espacial. Las asociaciones culturales e históricas, así como la experiencia del entorno adquirida a través de los sentidos y el conocimiento, resultan determinantes para comprender la naturaleza de este concepto esencialmente dinámico, ya que la forma del paisaje continúa modificándose en forma constante como consecuencia de los diversos procesos naturales y de las acciones humanas.

Los efectos perjudiciales de las acciones no planificadas, que no consideran su incidencia sobre el paisaje, se manifiestan a través de la degradación de sus características distintivas, la

disminución de los valores naturales o culturales, y del debilitamiento del vínculo entre la comunidad y la tierra.

El Proyecto que hoy se presenta pretende declarar de **interés municipal** las actividades que realizará un importante número de alumnos de la carrera “Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables” de la UNVM, coordinados por los docentes Arq. Alejandra Amione y Lic. Fernando Gallegos, en el área denominada “El Algarrobal” de nuestra ciudad.

Características del lugar: Espacio ubicado en el sector Este de la ciudad de Villa María, comprendido en un área urbana periférica, de borde o interface urbano-rural-natural, y conformado por la Reserva Natural Protegida El Algarrobal, Barrio 400 viviendas-San Martín, un espacio de continuidad física de la reserva que conserva el mismo carácter natural y composición florística, de aproximadamente 26 ha., ubicado dentro de parcelas de dominio privado de diversos propietarios. Localizada en áreas antes destinadas a producción agrícola y que en la actualidad están sin uso. El espacio periférico ofrece la oportunidad de investigar el avance de la urbanización sobre espacios de carácter agrícola-ganadero y natural, y modalidades viables de ordenación territorial y ambiental; así como de generar planes de protección y manejo de espacios de reserva con proyectos de crecimiento y consolidación de la expansión urbana que posibiliten conservar los espacios naturales protegidos, por su alto valor patrimonial natural a escala regional y corredor de biodiversidad que conserva las características propias de la ecorregión.

La Reserva Natural Protegida El Algarrobal es uno de los exiguos relictos que se conservan en la Provincia de Córdoba como parte de la ecorregión del espinal. Está conformada por un bosque con predominio de algarrobos blancos, prosopis alba, (algarrobo negro) prosopis nigra, celtis tala (tala), Geoffroea decorticans (chañar), Acacia

Caven (espinillo blanco), Acacia Atramentaria (espinillo negro), flora nativa de la región.

El objetivo es proponer estrategias de manejo y protección de espacios de alto valor ambiental por los beneficios que aporta a la ciudad, a la vez de formar parte del sistema de espacios abiertos públicos verdes urbanos.

Desde el punto de vista de la ecología de paisaje, el sector de ubicación de la Reserva El Algarrobal se plantea como una zona en mutación entre lo urbano (ciudad como medio artificializado), lo rural (campo como medio antropizado) y lo natural (área de Reserva) que soporta una importante presión sobre los ecosistemas del contexto debido a las profundas transformaciones por la evolución del desarrollo urbanístico hacia el entorno rural y en este caso natural aledaño.

Las actividades que se han planificado realizar en dicha área tendrán como corolario un documento que sintetizará lo actuado, y recomendará acciones a seguir para la preservación de este invalorable espacio natural.

Por los fundamentos expuestos, y los que oportunamente se ampliarán, es que se eleva el presente Proyecto de Declaración a los fines de su tratamiento en la comisión pertinente y posterior aprobación.

JORNADA TALLER- INTEGRANDO LA CUENCA DEL CTALAMOCHITA

Daghero Alberto[1], Rodríguez Marta Elena[2], Benedetto Nicolas[2], Etchegaray Georgina[2], Guzmán Leticia[2]

1. Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC Av Valparaíso S/ N CP 5000 Ciudad Universitaria
2. Docente de la Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables del IAPCBA –UNVM
albertodaghero@gmail.com;

Resumen

Desde la Universidad nacional de Villa María y puntualmente desde la Lic. en Ambiente y Energía Renovables se están desarrollando trabajos de investigación sobre las condiciones, y características de la cuenca en la cual se encuentra emplazada Villa María, con el fin de establecer un trabajo de participación con los actores involucrados en ella, tanto en las crecientes como en las zonas bajas.

La iniciativa para la realización de esta jornada – taller estuvo a cargo del Observatorio Ambiental de la Municipalidad de Villa María y la Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables del Instituto A. P. de Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Nacional de Villa María. Esta jornada tuvo por objeto *integrar a los Municipios que conforman la Cuenca del Ctalamochita* en un trabajo coordinado en vistas al manejo sustentable de la misma, así como también generar propuestas e ideas - proyectos y un compromiso, para luego ser elevado a la Legislatura Provincial, con la finalidad de brindar sustento a una *modificación y adecuación de la normativa vigente* en la materia, ya que es necesario sancionar normas que incorporen el concepto de Cuenca El taller se realizó el 25 de junio de 2013 en la Universidad Nacional de Villa María.El taller tuvo dos objetivos principales *Alcanzar un compromiso de todas las partes para trabajar a nivel de cuencas y Definir una idea-proyecto sobre el cuidado, manejo y protección de la Cuenca del Río Ctalamochita.*

La metodología utilizada en el taller se basó en una serie de instrumentos, los cuales ayudaron a una mayor participación y un mejor uso del tiempo disponible. Se trabajó con el árbol de problemas (técnica que forma parte del método ZOPP –Planificación de Proyectos Orientada a Objetivos–), y técnicas grupales de trabajo como el METAPLAN

Palabras claves: Cuenca; Río Ctalamochita; Municipios

1.- Introducción

La iniciativa para la realización de esta jornada – taller estuvo a cargo del **Observatorio Ambiental de la Municipalidad de Villa María y la Licenciatura en Ambiente y Energías Renovables del Instituto A. P. de Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Nacional de Villa María.**

Esta jornada tuvo por objeto *integrar a los Municipios que conforman la Cuenca del Ctalamochita* en un trabajo coordinado en vistas al manejo sustentable de la misma, así como también generar propuestas e ideas - proyectos y un compromiso, para luego ser elevado a la Legislatura Provincial, con la finalidad de brindar sustento a una *modificación y adecuación de la normativa vigente* en la materia, ya que es necesario sancionar normas que incorporen el concepto de Cuenca.

Es conocido que el manejo de cuencas es un trabajo integral y complejo, porque contempla el esfuerzo de diferentes organizaciones y actores que actúan en la misma, y que corresponde a la jurisprudencia de diferentes municipios.

Conocemos también que el agua es uno de los elementos esenciales para la vida del hombre y el resto de los organismos. La forma que la misma es utilizada puede modificar sustancialmente su calidad y distribución. Es así que las diferentes prácticas que se realicen en las nacientes de las cuencas tienen sus consecuencias para el resto de los habitantes que se encuentren en las zonas medias y bajas de la misma. Las prácticas agrícolas y la presencia de asentamientos urbanos en las zonas medias y bajas, por ejemplo, disminuyen la capacidad de retención del agua de lluvia haciendo que estas lleguen a los ríos y arroyos con mayor caudal, velocidad y turbidez, disminuyendo su calidad y, arrastrando agroquímicos, fertilizantes, residuos líquidos, volcamientos, efluentes, produciendo erosión, etc.

Por estas razones y muchas otras, es necesario el trabajo integral compuesto por decisiones políticas con participación de todos los actores sociales en las decisiones y cambios en el uso del agua y un desarrollo responsable. Esto, con cierta certeza, posibilitará un mejor cuidado del ambiente de la cuenca y de sus poblaciones afectadas.

Estuvieron presente en la jornada – taller, legisladores, intendentes, concejales, secretarios de gobiernos locales, representantes académicos, y profesionales (ver lista de participantes en anexo), quienes participaron de todas las actividades propuestas, logrando cubrir las expectativas y alcanzar los objetivos propuestos. *A lo largo de la discusión quedó claro que era necesario hacer este tipo de jornadas en otros lugares estratégicos de la cuenca para poder dar participación a la mayoría de los actores que interactúan diariamente en ella.*

2.- Metodología de trabajo

La metodología utilizada en el taller se basó en una serie de instrumentos, los cuales ayudaron a una mayor participación y un mejor uso del tiempo disponible. Se trabajó con el árbol de problemas (técnica que forma parte del método ZOPP – Planificación de Proyectos Orientada a Objetivos–), y técnicas grupales de trabajo como el METAPLAN.

Árbol de problemas:

Es un conjunto de técnicas para:

- Analizar la situación en relación a problemáticas relevantes.
- Identificar los *problemas principales* en ese contexto.

- Definir el *problema central* en la situación (tallo del árbol).
- Precisar las causas más importantes (raíz del árbol) y los efectos del mismo (copa del árbol).
- Visualizar las relaciones de causa a efecto en el árbol de problemas.

METAPLAN

- Se trabaja con tarjetas en donde se escriben las ideas centrales discutidas, las que se organizan en cuadros, esquemas y/o listados, según la conveniencia.
- Se trabaja con consenso, para lo cual existe un intercambio de ideas y experiencias entre los participantes. Para lograr esto es necesario que coordine un moderador. De esta manera se va reflexionando sobre distintas temáticas en la búsqueda de resultados claros y concretos.
- Existe una visualización / protocolización colectiva e inmediata de lo acordado.
- Los principios más importantes de esta modalidad de trabajo, se basan en que participen los interesados y/o beneficiarios; mejora la comunicación y cooperación entre los diferentes actores; y se trabaja en plenarios y/o subgrupos según la necesidad de la temática a tratar.

La dinámica alcanzada en el taller fue muy buena, con una participación activa de todos los concurrentes, alcanzándose, de esta manera, los objetivos previstos. La discusión fue muy rica y se alcanzaron las espectativas previas.

Se trabajó en plenario general y en subgrupos, en forma alternada, siempre buscando el consenso entre todos los participantes.

3.- Análisis de las problemáticas de la Cuenca del Ctalamochita

Si bien es cierto que no estuvieron presente en la jornada representantes de todos los actores de la cuenca (alta, media y baja), se intentó hacer un análisis integral rápido de toda la cuenca. Es decir que se priorizaron algunos de los principales problemas.

Se comenzó con una “lluvia de ideas” en donde todos los participantes anotaron en tarjetas cuáles eran, a su criterio, los principales problemas existentes en la cuenca. Se clasificaron a los mismas por temáticas comunes.

Se consensuaron las siguientes:

1) ***Aspecto legal***
2) ***Agua***
3) ***Basurales a cielo abierto***
4) ***Explotación minera a cielo abierto***
5) ***Desconocimiento qué es la cuenca río Ctalamochita***
6) ***Suelo***

Cada una de estas seis temáticas fue tomada por un grupo de trabajo, para buscar las causales principales y los efectos de las mismas y de esa manera armar el árbol de problemas (ver punto 5).

3.1.- Aspecto legal

Este aspecto fue analizado por un grupo de trabajo y luego consensuado en el plenario. Se tomó como uno de los problemas centrales la existencia de una ***“desorganización legal”*** cuyas causas más relevantes son: la falta de articulación y compatibilización de las normas, una normativa confusa, priorización de intereses políticos, un pensamiento cortoplacista, la falta de conciencia, la existencia de una legislación desactualizada, y la falta de reglamentación. Entre los efectos más importantes se identificaron los siguientes: normativa confusa, falta de ejecutoriedad de la normativa,

superposición de áreas legales, falta de reglamentación, falta de control de organismos públicos, existencia de un control deficiente, zonas grises, falta de marco legal, y falta de legislación de regulación de la cuenca.

Para estas problemáticas se plantearon una serie de soluciones-objetivos a través de un árbol de objetivos; en donde el objetivo-solución para la desorganización legal es la creación de un **"digesto ambiental".** Para alcanzar esto es importante una compatibilización de las normas, actualización /adecuación de las mismas, regular las zonas grises, en donde primero se debe hacer un relevamiento de la normativa vigente. Por otro lado es importante delimitar competencias de los organismos de control, optimizar la interacción entre los organismos, desarrollar metodologías de coordinación y acción, y sancionar normas faltantes

Ideas – proyectos / acciones:

- ***Crear un Ente de Planificación Estratégica de la Cuenca***
- ***Lograr acuerdos interpartidarios para desarrollar políticas de estado en relación a la protección ambiental de la cuenca***
- ***Alcanzar acuerdos con organismos de salud y educativos para concientizar***
- ***Armar acuerdo entre los organismos públicos***
- ***Generar una visión de cuenca***

3.2.- Aspecto Agua

Otro grupo de trabajo analizó la problemática del agua, a partir de la identificación de dos problemas centrales:

3.2.1.- **Uso inadecuado del agua subterránea**

Las causas más importante que originan dicho problema son: la extracción de agua sin control (fábricas, campos), existencia de pozos de agua particulares sin control, una cantidad de perforaciones existentes para dar agua por red (por ejemplo a San Fco, La Carlota, Laboulaye, Noettinger), y que la misma es de fácil extracción y barata. Además se identificaron una serie de efectos del uso inadecuado del agua subterránea, como el uso indiscriminado del agua, el abuso de la utilización indiscriminada del agua subterránea, lo que ocasiona un agotamiento de la misma, así como también una pérdida de calidad y mayor concentración de arsénico y minerales.

3.2.2.- **Contaminación del agua**

Del análisis y discusión sobre la contaminación del agua se identificaron una serie de causas que la originan, así como también cuáles son los elementos que la contaminan, por ejemplo: --contaminación (del agua)radioactiva a través del Tritio (actual) y como contaminación potencial el combustible almacenado y la chatarra de la repotenciación, --contaminación por efluentes cloacales (domiciliarios, fabriles), --expansión urbana sin planificación adecuada, --falta de educación en el uso de sanitarios; --contaminación del agua por el uso de agroquímicos, por el exceso de agroquímicos, el escurrimiento de agroquímicos en los principales efluentes, producto del sistema agrario imperante; contaminación del agua por las fábricas, efluentes fabriles, efluentes sin tratamiento (industrias) volcados al Ctalamochita, no se cumple con las normativas, presencia de arsénico, componente natural del agua en altas [c] es tóxico, basurales cerca de los cursos de agua, falta de planificación en el trata miento de RSU.

En cuanto a los efectos producto de la contaminación del agua se definieron los siguientes: daño del recurso hídrico, y la eutrofización de los cursos, tienen como consecuencia un impacto al ambiente, como también un impacto en el turismo, y produce enfermedades; todo esto produce pérdidas económicas.

Asimismo se planteó y consensuó que existe una falta de compromiso por parte de algunops municipios, ya que para poder generar proyectos se necesita hacer un manejo

integral de la cuenca en su totalidad, así como también una falta de estudios: hidrológicos, hidrogeológicos, uso actual del suelo y cambio de uso.

Ideas – proyectos / acciones:

- ***Cuantificar volumen del recurso subterráneo y recarga vs. explotación.***
- ***Cuantificar niveles de contaminación del agua.***
- ***Realizar el ordenamiento territorial de toda la cuenca del Ctalamochita (alta, media, baja).***
- ***Sensibilizar a la población. Concientización de los actores.***
- ***Usar la infraestructura técnica de la provincia.***
- ***Hacer uso de fuentes alternativas (agua de lluvia).***

3.3.- Aspecto: Basurales a cielo abierto

El tercer grupo analizó la problemática de la basura definió, en forma consensuada, el siguiente problema central:

Incorrecta disposición final de RSU (Basurales a cielo abierto)

Del intercambio de ideas surgieron algunas causas relevantes sobre esta problemática que se plantea a nivel de toda la cuenca. Las causas consensuadas son las siguientes: falta de investigación - extensión en conjunto y compromiso (Universidad - Municipio); escaso planeamiento (no se internaliza la externalidad); estas dos causas a su vez se originan en una falta de capacitación integral de tomador de decisiones; además se identificó que no está incorporado el hábito positivo en relación a RSU. No hay suficiente educación, y existe indiferencia; todo esto se origina entre otras causas en la cultura consumista existente.

En cuanto a los efectos producidos por esta incorrecta disposición final de RSU (residuos sólidos urbanos), se consensuaron los siguientes: destrucción de los ecosistemas, contaminación de suelo, agua superficial/subterránea, atmósfera, lo que genera un aumento de costos por exploración, contaminación de agua subterránea y una pérdida de valores paisajísticos. Otro de los efectos directos son los altos costos de limpieza, lo que genera una pérdida de oportunidad económica asociada a la reutilización/reciclado. Todos estos efectos nos llevan a una pérdida de oportunidad de desarrollo turístico y recreativo de las áreas impactadas.

3.4.- Aspecto: **Explotación minera a cielo abierto**

El mismo grupo que el punto anterior analizó también esta temática, precisando como problema central:

Explotación minera a cielo abierto, insostenible.

Las causas principales que originan esta problemática son la necesidad de materias primas (minerales, metales, etc.), las ganancias económicas (generación de empleo), y la satisfacción de necesidades que requieran esas materias primas.

Como efectos más relevantes se precisaron: la contaminación de aire, la contaminación sonora, la utilización excesiva del agua, escorrentías de desagües hacia los afluentes, gastos económicos en la reposición de las tierras explotadas, daños paisajísticos y destrucción de ecosistemas, destrucción de suelos por excavaciones, y la contaminación de las capas freáticas.

Ideas – proyectos / acciones:

- ***Relevar explotaciones a cielo abierto. Mediciones técnicas.***
- ***Analizar formas sustentables de trabajo de mineras a cielo abierto***

3.5.- Aspecto: Desconocimiento (qué es) cuenca río Ctalamochita (Río Tercero)

El grupo que trabajó sobre esta problemática, analizó el nivel de desconocimiento existente de la cuenca y consensuó que existe un

Escaso conocimiento de la cuenca del río Ctalamochita (Río Tercero)

De la discusión en el trabajo de grupo surgieron una serie de causales, que a continuación se detallan: desconocimiento de la población sobre qué es una cuenca, el tema no está incorporado en la educación formal, la existencia de información acotada sobre valores ambientales asociados a la cuenca, y los escasos/nulos programas de conocimiento y cuidado del ambiente.

Como efectos más importantes detectados se mencionan: la escasa percepción de una interdependencia sistemática a nivel de cuenca, la inconciencia de la magnitud de los impactos de las actividades económicas en la cuenca, y el escaso trabajo intermunicipal (planeamiento).

Ideas – proyectos / acciones:

- ***Aportar conocimientos a la población: investigación; buscar datos; difundir claramente a través de la educación formal e informal.***

3.6.- Aspecto*: Suelo y áridos*

El último grupo de trabajo analizó la problemática del suelo y los áridos, a partir de la identificación de tres problemas centrales:

3.6.1.- **Contaminación de suelos**

En el análisis surgieron una serie de causas que originan dicho problema como por ejemplo las curtiembres, los basurales, el mal manejo de residuos peligrosos, el mal tratamiento de los efluentes animales (lixiviado a nivel freáticos), y el uso de agroquímicos. Como efectos fueron definidos y consensuados, la contaminación de las aguas subterráneas y la pérdida de la biodiversidad.

3.6.2.- **Degradación de suelos**

Las causas más importantes, de la degradación de suelos, identificadas fueron: el exceso de carga animal (ganadería), la falta de rotación de cultivos, ambos originados entre otras causales a las malas prácticas agropecuarias (uso, manejo), a las actividades recreativas (cuadris, enduro, etc.), también a la pérdida de bosque nativo, la deforestación, la no renovación de la forestación, y a la introducción de especies exóticas. Estas causales nos llevan a una degradación del suelo, que tiene como efectos más relevantes a la salinización de suelos, la erosión hídrica, lo que nos llevan a una pérdida de captación del agua, a la desaparición / alteración de ecosistemas autóctonos (ribera del río), y a inundaciones, la que a su vez tiene relación directa con la compactación de los suelos existentes.

3.6.3.- **Extracción de áridos**

Esta problemática fue ampliamente discutida, lográndose identificar una serie de causales que la originan como que: es un problema sociocultural, además de ser una materia prima para construcción (con un interés económico); esto es producto de una falta de controles, a una falta de aplicación de legislación, y a una planificación ineficiente / ineficaz, urbana y rural. Todas estas causales tienen como su origen principal a la educación, la información, la investigación y a los intereses económicos, predominantes, sobre los cuidados de la tierra. Los efectos surgidos de esta situación problemática fueron definidos como: la pérdida de capacidad auto depuradora del río y el aumento del caudal sólido, además de la alteración inducida del cauce natural del río; todo esto lleva, por ejemplo a una colmatación de lagunas y humedales e inundaciones, además de una alteración del paisaje y la erosión hídrica del cauce.

Ideas – proyectos / acciones:

- ***Poder político – compromiso - legislación – controles. Planificación recurso naturales***
  - ***Afectación recursos humanos y financieros***
  - ***Investigación- Diagnósticos locales***
- ***Articulación: ONG, Universidad- Político- Escuelas***
- ***Movimientos sociales de base***
- ***Educación y difusión***

4.- Aspectos relevantes a tener en cuenta para alcanzar un compromiso de todos las partes para poder trabajar a nivel de la Cuenca del Río Ctalamochita

Como resultado de los diferentes grupos de trabajo surgieron una serie de propuestas para ser tenidas en cuenta a la hora de alcanzar un compromiso de todas las partes que integran la cuenca para poder trabajar en ella, así como también algunas acciones que deberían instrumentarse.

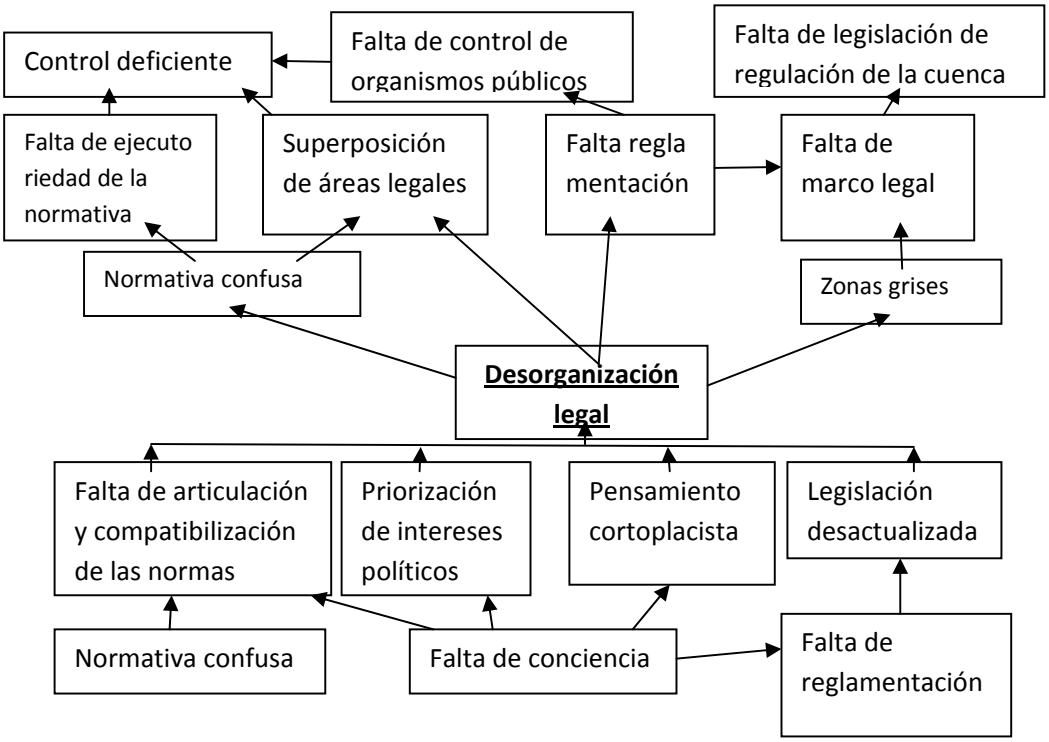
Propuestas:

- Decisión de trabajar en la cuenca de manera integrada.
- Dedicar y aportar recursos y tiempo.
- Trabajar en conjunto intra- e intercuenca con todos los actores.
- Delimitar e identificar los límites de la cuenca con el compromiso físico de los actores; aportar información al respecto.
- Ordenamiento territorial de toda la cuenca (alta, media, baja).
- Acompañamiento con una ley provincial para conseguir el apoyo del estado.
- Implementación, con la Universidad, de una investigación de la cuenca para identificar los aspectos ambientales y los impactos ambientales sobre la misma.
- Establecimiento de políticas de remediación control u preservación de la cuenca.
- Generar planes de capacitación a diferentes niveles sociales para lograr compromiso en el cuidado de la cuenca.
- Realización de acuerdos de cooperación entre las entidades públicas circunscriptas en el territorio de la cuenca, para generar metodologías de coordinación, acción y control de la misma.
- Realización del Digesto Ambiental local con el fin de materializar un Digesto Ambiental de la Cuenca.
- Continuación con el desarrollo de actividades tendientes a lograr una visión integral de la cuenca del Río Ctalamochita.

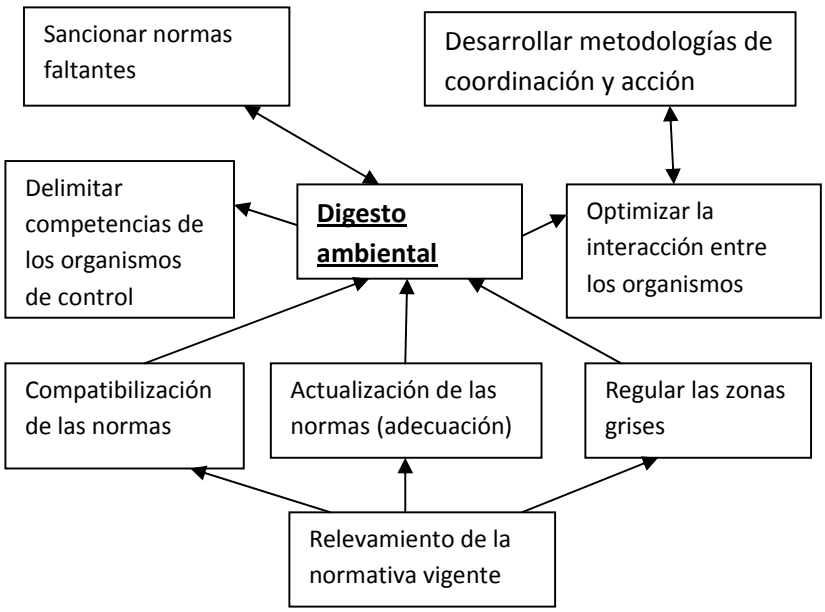
5.- Árboles de problemas de las principales temáticas consensuadas

5.1.- Tema analizado: Aspecto Legal

ÁRBOL DE PROBLEMAS



ÁRBOL DE OBJETIVOS

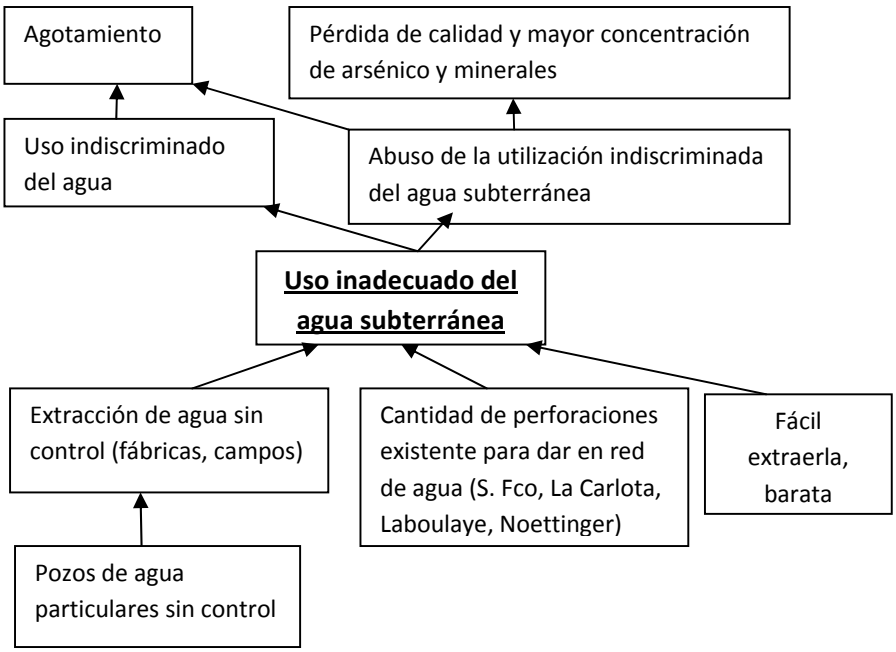


Ideas – proyectos / acciones:

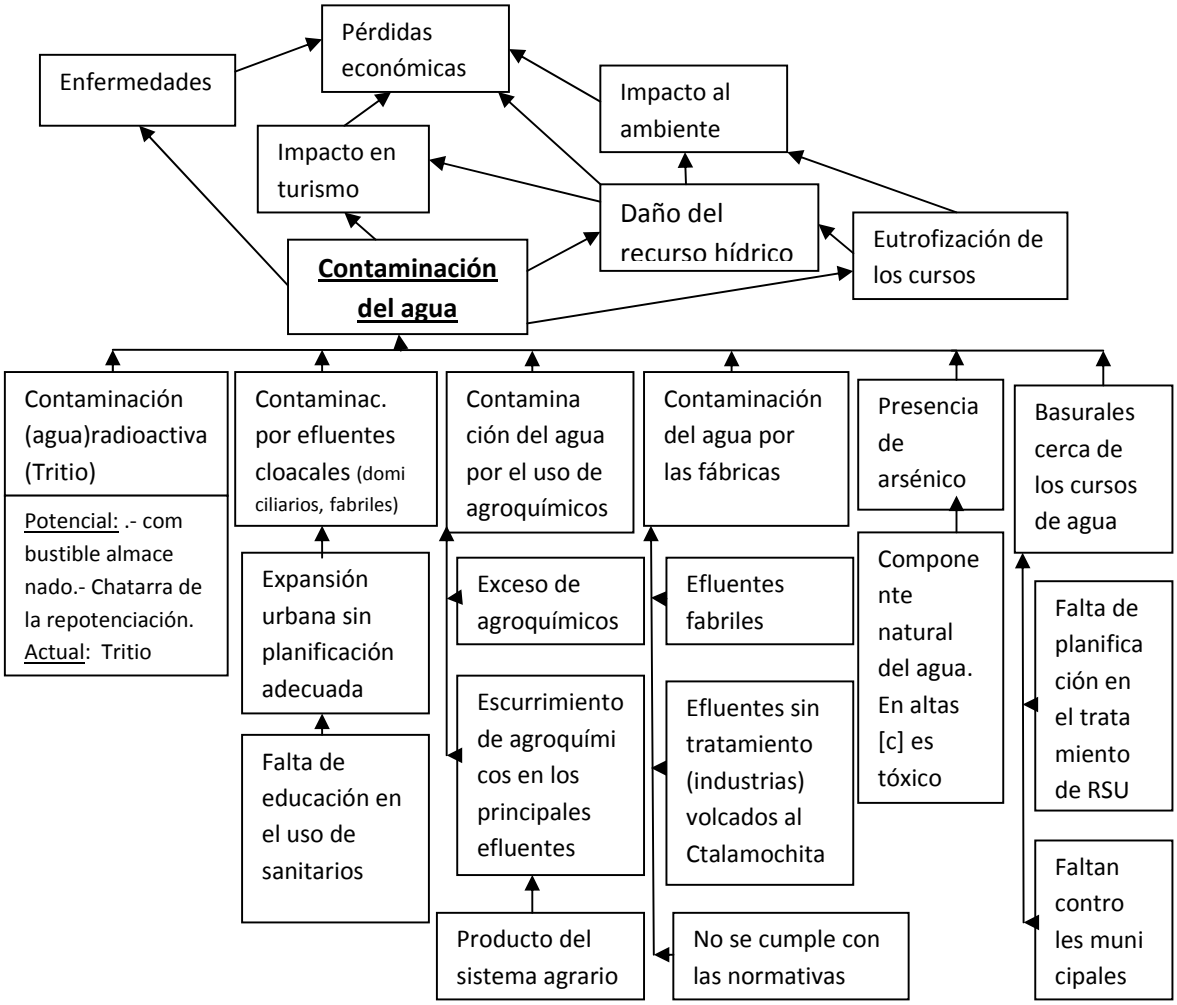
- **Crear un Ente de Planificación Estratégica de la Cuenca**
- **Lograr acuerdos interpartidarios para desarrollar políticas de estado en relación a la protección ambiental de la cuenca**
- **Alcanzar acuerdos con organismos de salud y educativos para concientizar**
- **Armar acuerdo entre los organismos públicos**
- **Generar una visión de cuenca**

5.2.- Tema analizado: Aspecto Agua

ÁRBOL DE PROBLEMAS



ÁRBOL DE PROBLEMAS

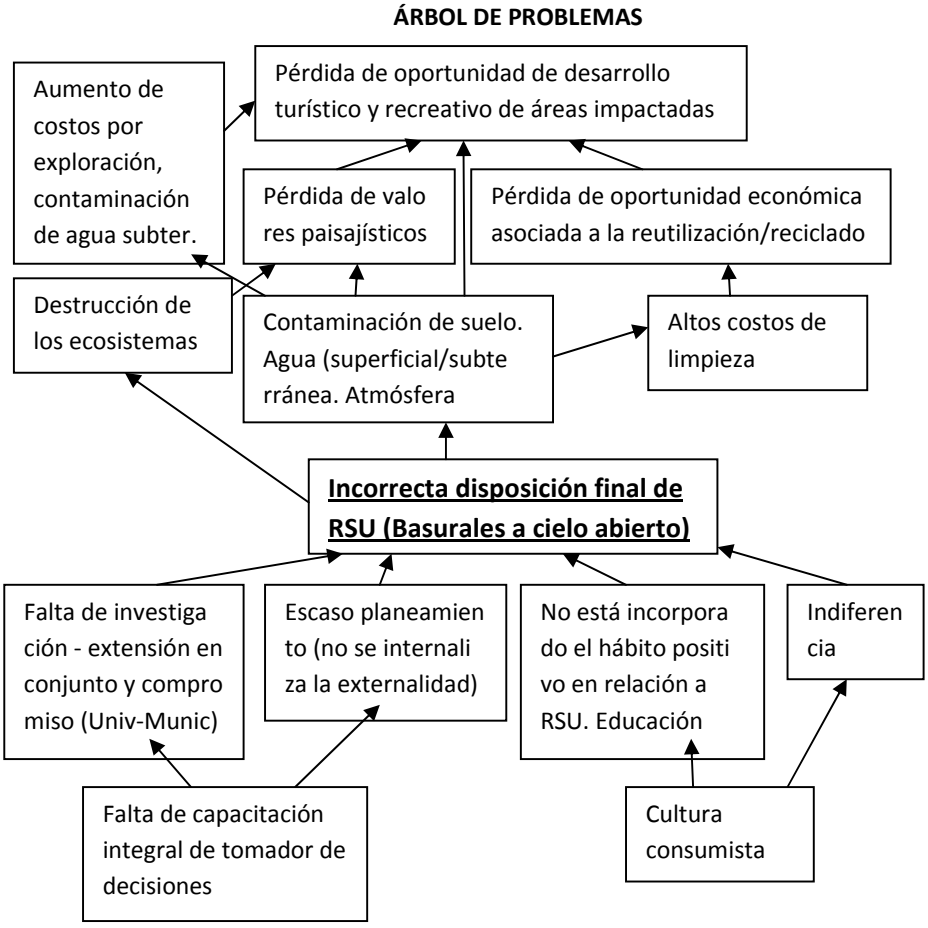


- Falta de compromiso por parte de ciertos municipios, ya que para poder generar. proyectos se necesita hacer un manejo integral de la cuenca en su totalidad.
- Falta de estudios: hidrológicos, Hidrogeológicos, Uso actual del suelo y cambio de uso.

Ideas – proyectos / acciones:

- ***Cuantificar volumen del recurso subterráneo y recarga vs. explotación.***
- ***Cuantificar niveles de contaminación del agua.***
- ***Realizar el ordenamiento territorial de toda la cuenca del Ctalamochita (alta, media, baja).***
- ***Sensibilizar a la población. Concientización de los actores.***
- ***Usar la infraestructura técnica de la provincia.***
- ***Hacer uso de fuentes alternativas (agua de lluvia).***

5.3.- Tema analizado: <u>Basurales a cielo abierto</u>

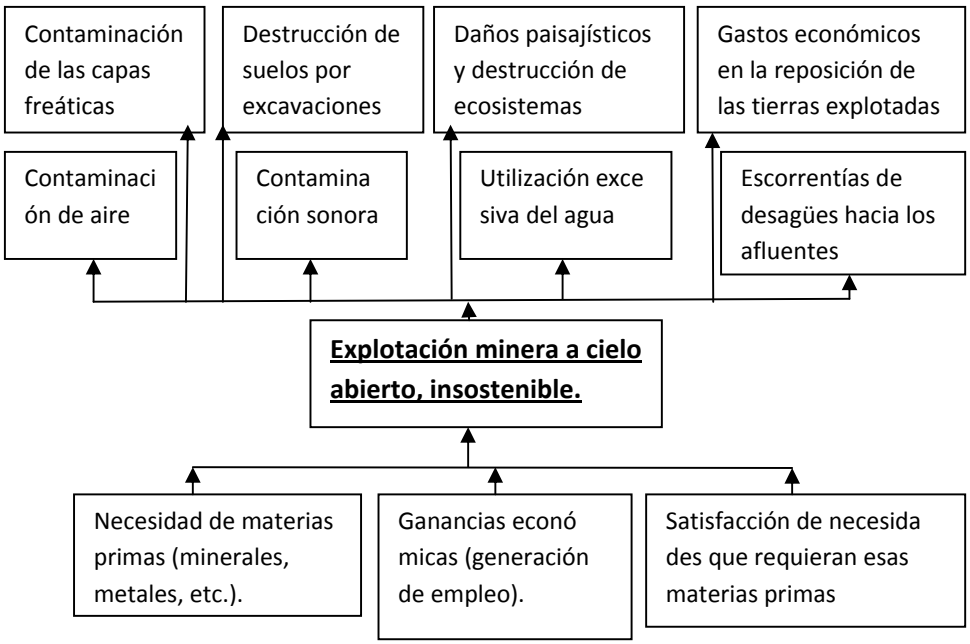


<u>Ideas – proyectos / acciones:</u>

- Disponer en forma correcta los RSU (Investigación educación; difusión; inversión; planificación)

5.4.- Tema analizado: <u>Explotación minera (a cielo abierto)</u>

ÁRBOL DE PROBLEMAS

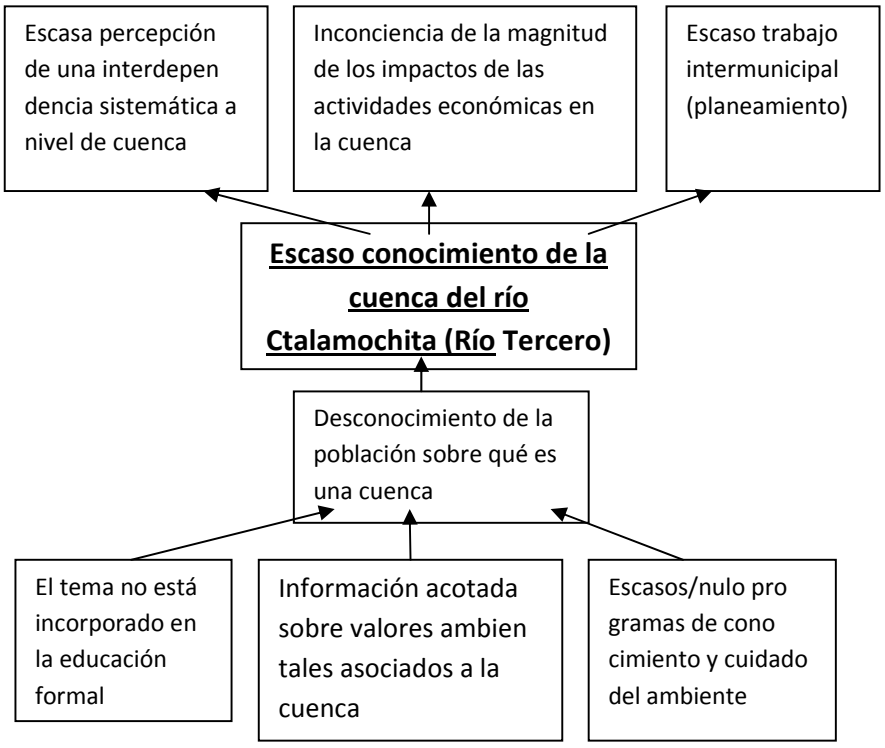


<u>Ideas – proyectos / acciones:</u>

- Relevar explotaciones a cielo abierto. Mediciones técnicas.
- Analizar formas sustentables de trabajo de mineras a cielo abierto

5.5.- Tema analizado: <u>Desconocimiento cuenca río Ctalamochita (Río Tercero)</u>

ÁRBOL DE PROBLEMAS

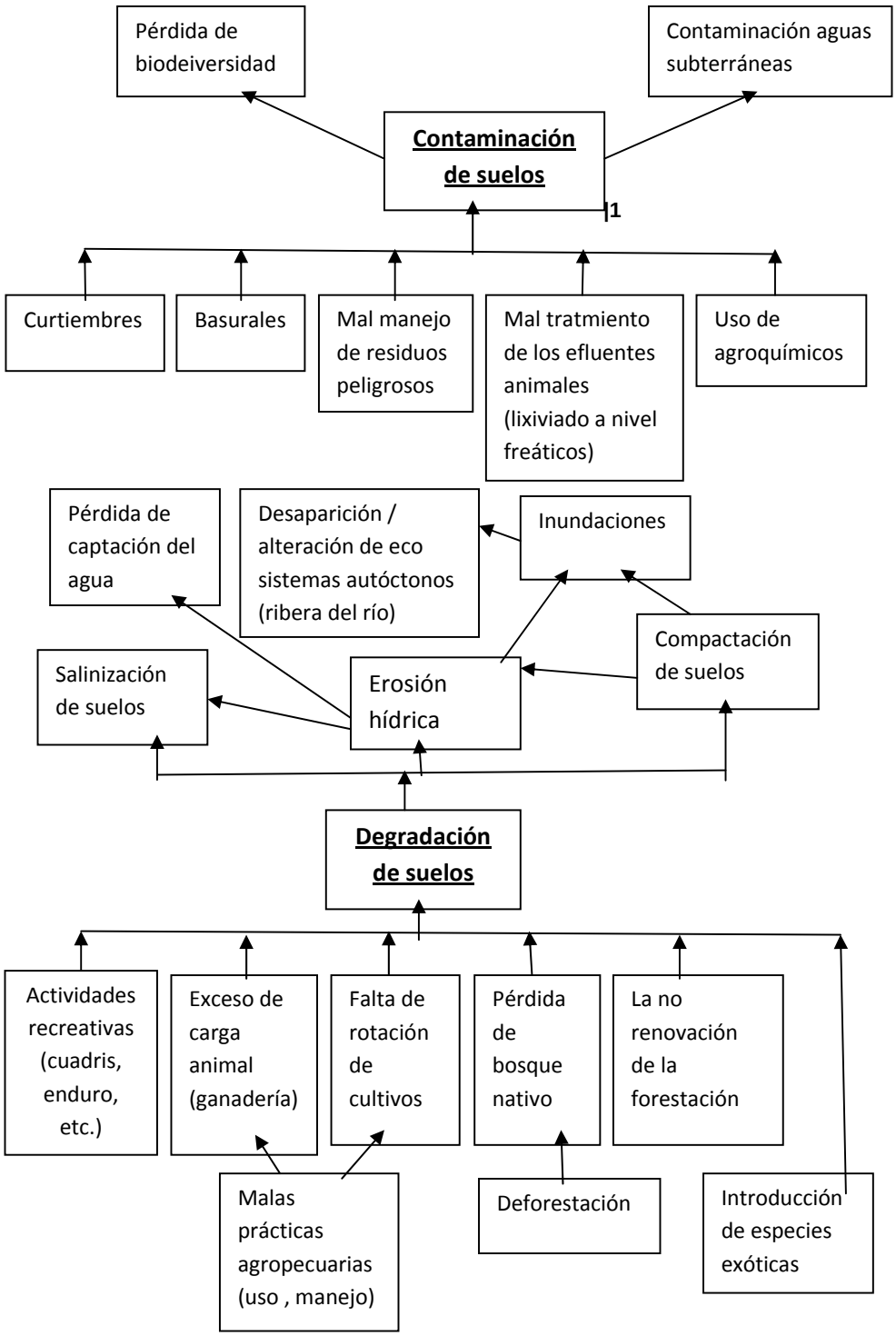


Ideas – proyectos / acciones:

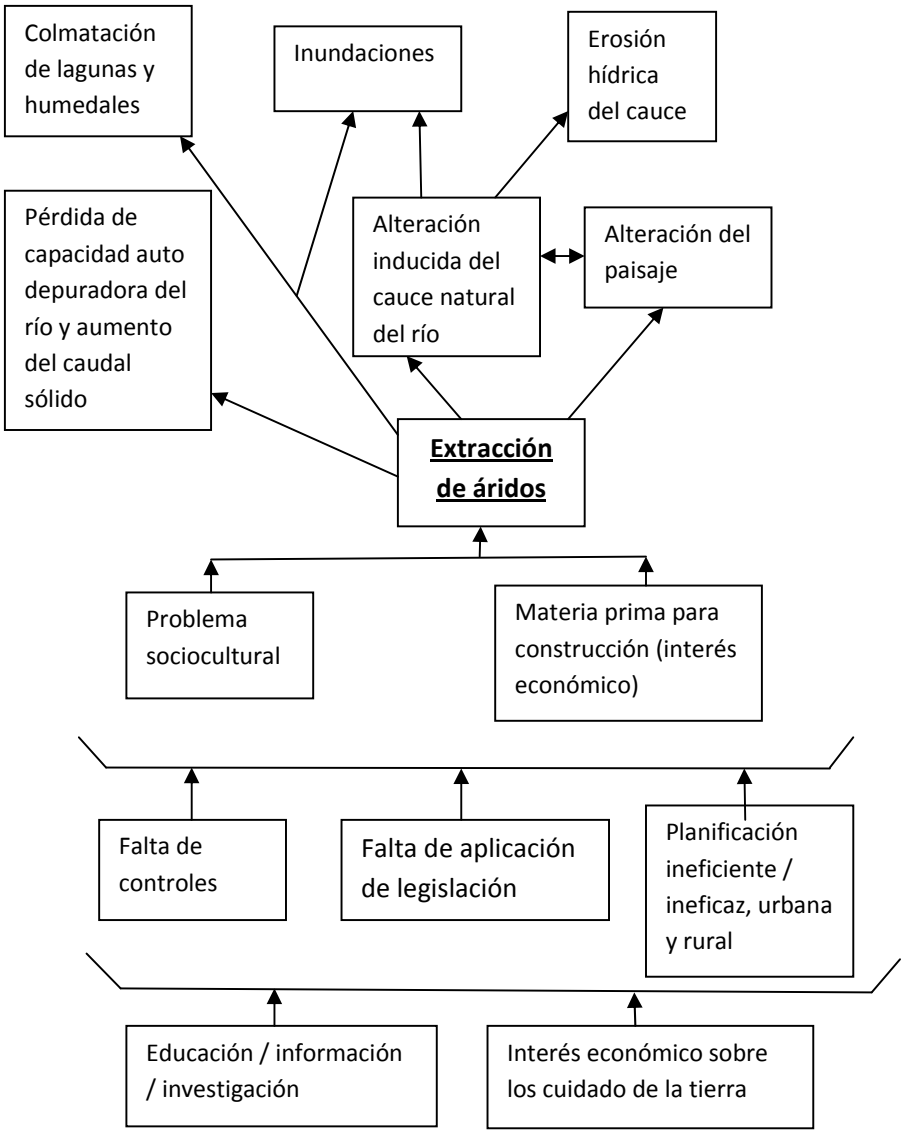
- Aportar conocimientos a la población: investigación; buscar datos; difundir claramente a través de la educación formal e informal.

5.6.- Tema analizado: <u>Suelo</u>

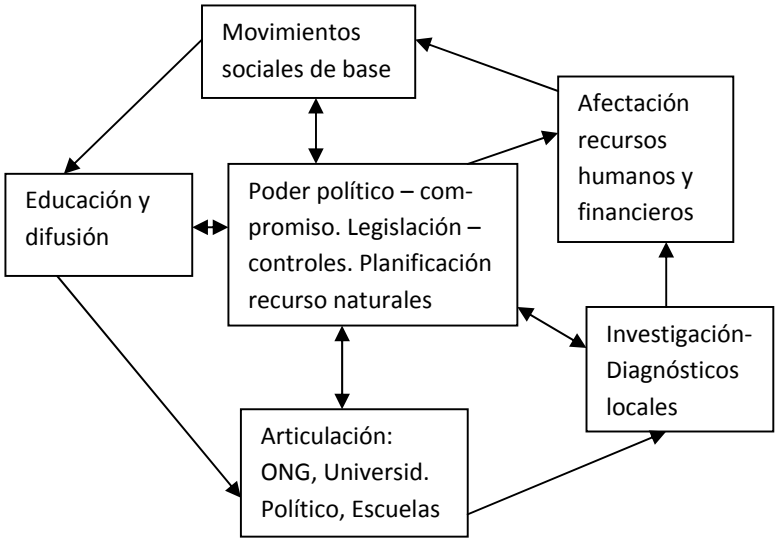
ÁRBOL DE PROBLEMAS



ÁRBOL DE PROBLEMAS



Ideas – proyectos / acciones:



Tesis

PROPUESTA DE GESTIÓN PARA LA MINIMIZACIÓN DEL IMPACTO QUE GENERA LA VINAZA EN EL AMBIENTE DEL INGENIO LEDESMA

PROPUESTA DE GESTIÓN PARA LA MINIMIZACIÓN DEL IMPACTO QUE GENERA LA VINAZA EN EL AMBIENTE DEL INGENIO LEDESMA

Amduni, Jessica
Antonelli, Carolina

AGRADECIMIENTOS

Nos resulta necesario agradecer a todas las personas que contribuyeron en la constitución de este trabajo, acompañándonos el día a día para que fuera posible su realización.

Especialmente a nuestra directora Brenda Konigheim, por la constancia, tiempo y dedicación que tuvo con nosotras, a nuestra guía María del Carmen Díaz Goldfard por sus aportes y confianza en este proyecto desde un principio y a nuestra asesora Malvina Gassmann, por sus sugerencias y aportes necesarios que enriquecieron el trabajo.

Agradecerle al Ing. Pablo Antonio Rodríguez Messina quien nos dio el punta pie inicial de lo que hoy es nuestro trabajo final.

Al Ingenio Ledesma, quien nos abrió sus puertas y especialmente al Ing. Miguel Ulivarri y al Ing. Arturo Blanco, por brindarnos la información necesaria para desarrollar nuestro trabajo.

Al Ing. Miguel Morandini por su disponibilidad, constancia y conocimientos brindados a lo largo de este proceso.

Por último, a nuestros padres que gracias a su esfuerzo pudimos recorrer este camino, y a nuestros amigos incondicionales.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado al Ing. Roberto A. Neumann, ya que implica la continuación de un proyecto que tuvo en vida, pero que no llegó a concretar debido a su reciente fallecimiento.

Él fue quien comenzó esta investigación, y nos permitió formar parte de ella, brindándonos las herramientas necesarias para el desarrollo de lo que hoy es nuestro trabajo final.

Por ello, es un honor para nosotras homenajearlo con este trabajo, no sólo por su ayuda personal, sino también por su constructivo y enriquecedor aporte que realizó al conocimiento del medio ambiente, a lo largo de su vida.

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo diseñar una propuesta de gestión para la minimización del impacto que genera la vinaza en el ambiente del Ingenio Ledesma, mediante la evaluación de diversos tratamientos existentes a nivel nacional e internacional. La vinaza, principal residuo de la producción de alcohol, por su composición química no cumple con los valores establecidos para ser vertida de manera directa al suelo o a cuerpos de agua. Es por esto, que se considera como alternativa más apta para el Ingenio, la digestión anaeróbica de la vinaza para generar biogás, con una posterior fitorremediación con la especie *Chrysopogon zizanioides.*

Palabras claves: Vinaza – Producción Sucro-Alcoholera – Tratamientos - Biogas – Vetiver

ABSTRACT

The present study aims to design a management proposal to minimize the vinasse's impact in Ingenio Ledesma environment, by evaluating existing treatments of various national and international level. The vinasse, the main residue of the alcohol production, by its chemical composition does not meet the values set to be discharged directly to the ground or water bodies. This is why it is considered as more suitable alternative for the Ingenio, anaerobic digestion of stillage to generate biogas, with a subsequent phytoremediation with the species *Chrysopogon zizanioides*.

Keywords: Vinasse - Sugar- Alcohol Production – Treatments - Biogas - Vetiver

INDICE

Introducción	7
Diseño Metodológico	14
Resultados y Discusión	21
1 Estudio Descriptivo y Exploratorio de Carácter Bibliográfico del Ingenio Ledesma	21
1.1 Descripción del Ingenio Ledesma en sus aspectos ambientales, económicos y sociales más relevantes	20
1.1 A) Aspectos ambientales de la zona de estudio	23
I) Topografía	23
II) Clima Regional	24
III) Geología y Geomorfología	25
IV) Hidrología Superficial	25
V) Hidrogeología	26
VI) Suelos	28
VII) Flora	29
VIII) Fauna	32
IX) Áreas Naturales Protegidas	36
1.1 B) Aspectos socio- económicos de la Provincia de Jujuy	37
I) Demografía	37
II) Actividades económicas de la provincia	38
III) Usos del suelo	40
1.1 C) Aspectos socio económicos del Ingenio Ledesma	41
I) Infraestructuras	41
II) Requerimientos y provisión de energía	42
III) Uso del agua	43
IV) Personal ocupado	45
V) Situación ambiental en el Ingenio	46
1.2 Descripción de las actividades de producción industrial	48
1.2 A) Producción de azúcar	48
I) Planta de molienda	50
II) Planta de crudo	51
III) Planta de refinería	52
IV) Planta de embolsado y fraccionado	52
1.2 B) Producción de papel	54
1.2 C) Producción de jugos y frutas	56
1.2 D) Producción agropecuaria	57
1.2 E) Producción de alcohol	58
I) Fase preliminar	58
II) Fase intensa	58
III) Fase final	58
1.2 F) Normativas provinciales acatadas por el Ingenio	62
1.2 G) Caracterización de la vinaza	66
I) Características físico/químicas de la vinaza	66
II) Prevención y/o reducción del impacto que causa la vinaza en el ambiente	68
III) Identificación, descripción y valoración de los principales impactos ambientales del efluente vinaza	69
1.2 H) Sistemas de tratamientos de efluentes vinaza en el Ingenio Ledesma	74
I) Piletas de Evaporación	74
II) Compostaje	76

III) Ferti-irrigación 77
2 Estudio Exploratorio de Carácter Bibliográfico sobre sistemas alternativos disponibles para el tratamiento de Vinaza de ingenios azucareros e industrias productoras de alcohol 79
2.1 Evaluación de los sistemas alternativos disponibles actualmente de vinaza proveniente de la fabricación de alcohol, y la disminución de su impacto en el ambiente 79
2.1 A) Fitorremediación con la especie vetiver *(Chrysopogon zizanioides)* 79
I) Características morfológicas 80
II) Características fisiológicas 80
III) Características ecológicas 81
IV) Utilización del vetiver 82
2.1 B) Aplicación a suelos no productivos 86
2.1 C) Digestión anaeróbica para la producción de biogas 88
2.1 D) Suplemento dietario animal 91
2.1 E) Proceso de electro-flotación/oxidación de vinaza 94
3 Estudio Descriptivo de Carácter Bibliográfico sobre otras Agroindustrias del país. 96
3.1 Análisis de los sistemas de tratamiento de vinaza que son realizados por otros ingenios dentro del país 96
3.1 A) Ingenios de Tucumán 100
I) Ingenio Santa Bárbara 100
II) Ingenio La Corona 101
III) Ingenio La Trinidad 101
IV) Ingenio La Florida 101
V) Ingenio La Fronterita 102
VI) Ingenio Bella Vista 102
VII) Ingenio Leales 103
VIII) Ingenio Marapa 103
IX) Ingenio Concepción 104
X) Ingenio Santa Rosa 104
XI) Ingenio San Juan S.A. 105
3.1 B) Ingenios de Salta 108
I) Ingenio el Tabacal 108
II) Ingenio y Destilería San Isidro 110
4 Propuesta de Gestión para el tratamiento de efluentes de tipo Vinaza en el Ingenio Ledesma. 113
4.1 Gestión Ambiental de la vinaza 113
4.1 A) Etapa 1: Digestión Anaeróbica – Producción de Biogas 115
I) Fase 1 117
II) Fase 2 117
III) Parámetros de operación y control 118
4.1 B) Etapa 2: Fitorremediación con la especie *Chrysopogon zizanioides* (vetiver) 121
Conclusión 129
Bibliografía 131
Anexos 143

Introducción

De la caña a la vinaza

Argentina se ha caracterizado desde siempre por su actividad agroindustrial, ganándose el nombre de "granero del mundo" para el resto de los países. Si bien el eje de la economía del país es la producción de soja y el ganado vacuno en la región pampeana, se pueden distinguir núcleos de actividades particulares, las denominadas "economías regionales". Entre ellas, encontramos la economía cuyana apoyada en la vid y la industria del vino, los valles patagónicos dedicados a los árboles frutales principalmente de manzana y pera, la provincia de Misiones y nordeste de Corrientes orientadas a la yerba mate, té y madera; el algodón en la región chaqueña, en la provincia de Corrientes el arroz, el olivo en las zonas áridas de montaña y la región noroeste dedicada al azúcar, cítricos y tabaco (Rapoport, 2005).

Particularmente, este trabajo se centra en la producción de azúcar que en nuestro país se obtiene a partir de la caña de azúcar. Esta es una producción desarrollada principalmente en las provincias de Salta, Jujuy y Tucumán. El cultivo de caña es plurianual con un ciclo de duración de 5 a 7 años. Se trata de una actividad estacional, donde la zafra comienza a fines de mayo y concluye a fines de octubre, dependiendo de las condiciones climáticas, la maduración de la caña y la cantidad a procesar.

Las primeras referencias históricas de la caña de azúcar se remontan al año 4.500 antes de Cristo (a.C.). Su cultivo nació en Nueva Guinea y llegó hasta la India, país pionero en probar su sabor. Al principio, se desconocía cómo cristalizar el azúcar de la caña, por lo que se la mordía para extraer el jugo de sudor. Hacia el año 350, durante la dinastía Gupta, un pueblo de la India pudo encontrar la manera de cristalizar el azúcar (Pellini, 2013).

Mucho tiempo después, el azúcar llega hasta Persia, en el año 510 a.C.

Su arribo a Europa se produce en el siglo IV a.C. a raíz de los viajes y conquistas de Alejandro Magno a través de Asia. Los griegos la denominaban "sal de la India" y la dejan en herencia al Imperio Romano.

El siglo VII de nuestra era marca un punto de inflexión en la producción azucarera; los árabes al invadir las regiones del Tigris y el Éufrates, descubren este cultivo y lo introducen en las zonas recientemente conquistadas, extendiéndolo a Siria, Egipto, Chipre, Rodas y todo el

Norte de África. Es allí donde los químicos egipcios perfeccionan su procesado y lo refinan (Pellini, 2013).

Su expansión continúa a través de los viajes de los comerciantes venecianos y, un siglo más tarde, a través de las Cruzadas a Tierra Santa, se da a conocer este alimento en todo el mundo cristiano.

En España llega en la Edad Media, donde es utilizada como una especie, al igual que la sal o la pimienta. Además, los boticarios la comienzan a utilizar en gran cantidad de medicinas y pociones, para curar "el mal de amores" y otras enfermedades (Pellini, 2013).

Con el descubrimiento de América, el azúcar viaja en manos de los conquistadores españoles; llegando en 1493, en el segundo viaje de Cristóbal Colón, pero no prosperó. Recién en su tercer viaje, es cuando se comienza a cultivar por primera vez a gran escala, llegando más tarde a Cuba y a México (Pellini, 2013).

La primera zona que comenzó a cultivar caña de azúcar en Sudamérica fue Brasil; cuando los portugueses, en el año 1520, la introdujeron en el nordeste del actual territorio de Brasil. Dicha zona, además de sus óptimas condiciones agroecológicas, tenía una excelente ubicación por encontrarse próxima a Europa, donde estaba el mercado consumidor, y a África, donde se encontraba la mano de obra (Greco, 2001).

Para abastecer esta industria cada vez más creciente, se necesitó numerosa mano de obra, por ello el azúcar en épocas de la colonización de América fue pieza fundamental de la economía esclavista, colocando a pueblos y continentes enteros al servicio de las metrópolis ibéricas (Villadiego y Castro, 2013).

Las colonias americanas se habían convertido en los principales productores mundiales de azúcar, y la lucha por su independencia amenazaba el abastecimiento de Europa.

Napoleón fue quien impulsó, en el siglo XIX el cultivo y la extracción del azúcar de remolacha y la construcción de azucareras en Francia, accionar que fue seguido por el resto de Europa Central y Alemania. Comenzó así un proceso de industrialización en todo el continente.

Al abolirse la esclavitud, la producción de azúcar entra en un período de receso por falta de mano de obra.

A comienzos de la Primera Guerra Mundial, se recupera el mercado de azúcar. Los distintos gobiernos de los principales países productores junto con los organismos internacionales, establecen cuotas de exportación y producción de caña y remolacha, para

mantener el control y el equilibrio en el mercado. Se traza así, la base de la actual industria azucarera mundial (Pellini, 2013).

En la República Argentina se cree que el cultivo de la caña de azúcar es iniciado a partir del siglo XVII llegando al país con las misiones jesuitas (Greco, 2001).

Durante este siglo las menciones son más precisas: el encomendero Alonso de Tapia y Loaysa hacía miel de caña en su hacienda en Palpalá, ubicada en las afueras de San Salvador de Jujuy. A fines de ese siglo, el gobernador de Jujuy y Comandante General de Fronteras, Gregorio de Zegada, introdujo la caña dulce y la elaboración artesanal de azúcar en el valle de San Francisco, actual valle de Ledesma.

Las primeras fábricas azucareras fueron instalaciones sencillas que formaron parte de haciendas en las que se realizaba todo tipo de actividades agropecuarias. Poco a poco, áreas enteras a lo largo de una gran vía de comunicación por un lado desde la capital tucumana a Villa Alberdi, y por otro lado, en Jujuy, desde La Mendieta hasta Pueblo Ledesma, transformaron la actividad agrícola-ganadera en la agroindustria cañera (Gobierno de Tucumán, 2012).

En 1826, José Ramírez de Ovejero inició en su finca de Ledesma, una industria primitiva que dio origen al actual Complejo Industrial Ledesma. A su muerte, el ingenio pasó a manos de su esposa y luego a sus herederos. Siendo sus hijos los responsables de su extraordinaria expansión (Ledesma S.A.A.I., 2013).

En 1860, ya había seis localidades que producían azúcar en la provincia de Jujuy.

Con la llegada del ferrocarril, durante la presidencia de Nicolás Avellaneda, comenzó la revolución de la industria azucarera.

En el régimen laboral esclavista de la época, los ingenios pagaban con vales, que obligadamente debían ser usados en los comercios del interior de la empresa, lo que coartaba la libertad de los trabajadores.

Los propietarios del Ingenio Ledesma son quienes toman a cargo las gobernaciones de la provincia de Salta, primero Ángel Zerda David Ovejero, luego Luis Linares Usandivaras y por último Avelino Figueroa; hasta que en 1911 la industria es adquirida por Enrique Wollmann y Carlos Delcassé, surgiendo la “Nueva Compañía Azucarera Ledesma”.

En ese entonces, la producción del ingenio era de 150.000 arrobas de azúcar y 5.000 barriles de aguardiente, sin contar la miel y otros derivados elaborados a partir de la caña. El

Ingenio Ledesma constituía la mayor fuente de riqueza del norte argentino, adquiriendo así el estatus de uno de los ingenios más poderosos, tanto económica como políticamente, de la región. En 1900, su producción equivalía a un 82,87% del presupuesto de la provincia de Jujuy.

El año 1923, marca un punto de inflexión para el ingenio, con la llegada de Herminio Arrieta, un ingeniero que durante su estadía en la industria multiplicó tres veces y media la producción de azúcar, dos veces y media la de alcohol, y montó una moderna planta de celulosa y papel; sentando las bases del Ledesma moderno (Ledesma S.A.A.I., 2013).

El presidente de Ledesma en la actualidad es el Dr. Carlos Pedro Blaquier, quien asumió el cargo en 1970. Durante su gestión, incorporó la fábrica de jugos concentrados (1990), la planta de cuadernos, la fábrica de molienda húmeda de maíz (2009) que opera en San Luis, a cargo de la sociedad Glucovil Argentina; el negocio de gas y petróleo y la producción agropecuaria en las provincias de Buenos Aires y Entre Ríos (Ledesma S.A.A.I., 2013).

En la actualidad, la superficie total implantada con caña de azúcar en el país supera las 344 mil hectáreas, de las cuales Tucumán representa el 71%, Jujuy el 19%, Salta el 9% y el resto se reparte entre Misiones y Santa Fe (Anino e Itureggui, 2011).

La industria del azúcar se fue expandiendo y sus subproductos ahora son reutilizados para la producción de alcohol, a través de un proceso de destilación de la melaza. En Tucumán sólo 11 ingenios poseen destilerías y, tanto en Salta como en Jujuy, todas las industrias azucareras producen alcohol. El total nacional producido asciende a unos 273.948 L de alcohol destilado, 151.600 L de alcohol anhidro y 117.800 L de alcohol hidratado. El alcohol anhidro difiere del hidratado en el porcentaje de agua que poseen: 0.5% el anhidro y 5% el hidratado; el etanol destilado común posee aproximadamente un 4% de agua (Anino e Iturregui, 2011).

Esta diversificación y crecimiento de la industria cañera para convertirse en una industria sucro-alcoholera, produjo un fuerte impacto ambiental causado principalmente por el incremento en la generación de residuos.

Los principales residuos de la producción de azúcar son: el bagazo, la cachaza y la vinaza.

El bagazo se obtiene como subproducto luego de la extracción de caña de azúcar y posee cerca de un 50% de humedad y material particulado de gran variedad (Roca Alarcón et al., 2006).

La cachaza es producida durante la clarificación que se hace al jugo de caña en la industria azucarera. La cantidad de cachaza producida es entre 30 y 50 kg por tonelada de materia prima procesada, lo cual representa entre el 3 y el 5% de la caña molida (Central Azucarera Tempisque, 2012).

Por último, la vinaza se produce debido a la destilación de alcohol y a la producción de jugos concentrados. Es un desecho viscoso de color carmelita oscuro, que presenta en su composición química altos contenidos de materia orgánica (de 60 000 a 90 000 ppm de DQO), un elevado contenido de sales solubles y de potasio, con un pH variable entre 3,5 y 5, así como cantidades moderadas de nitrógeno y fósforo (Leal et al., 2003).

En general, el bagazo suele utilizarse para generar combustible y la cachaza para elaborar compost orgánico. Pero, la vinaza es el residuo más complicado de tratar o de reutilizar. Es un efluente altamente corrosivo y contaminante de las aguas a temperaturas y concentraciones elevadas, con alto contenido de sulfatos (Valdés, 2006), lo que hace de la vinaza un residuo perjudicial tanto para el medio ambiente como para la salud de las personas. Con la introducción de las destilerías en la industria cañera aumentó de manera considerable la producción de vinaza, esta proporción puede variar entre 10:1 y 15:1, es decir que por cada litro de alcohol se producen entre 10 y 15 litros de vinaza (Quintero et al., 2008), esto agrava el problema de su tratamiento y crea la necesidad de diseñar un proceso que permita la adecuada disposición de la vinaza y, de ser posible, su reutilización.

En general los tratamientos que se realizan en la actualidad para la vinaza se clasifican en: fisicoquímicos, como el uso de electrolitos, y biológicos, como la fitorremediación y la digestión aerobia o anaerobia.

El principal objetivo de los tratamientos fisicoquímicos es la oxidación de los compuestos orgánicos contaminantes, mediante el empleo de sustancias químicas. Estos tratamientos son efectivos y rápidos, sin embargo poseen las desventajas de ser caros y de emplear químicos que pueden provocar interferencias con las vinazas y generar otros contaminantes (Villalobos Castillejos, 2009).

Dentro de los tratamientos biológicos, el aerobio es poco utilizado para vinazas debido a su elevado contenido de material orgánico, asociado con la producción de lodos y por lo tanto, con dificultades de operación (Villalobos Castillejos, 2009).

La digestión anaerobia es recomendada para el tratamiento de las vinazas debido a que soportan altas cargas orgánicas, poseen bajos requerimientos de energía y nutrientes, con poca generación de lodos. Este tipo de procesos anaerobios presentan eficiencias de remoción de carga orgánica biodegradable del 70 al 91% en vinazas de diferentes orígenes, de esta manera es posible transformar la materia orgánica en metano, que se utiliza como fuente de energía. Ofrece sistemas de tratamiento más potentes con cinéticas más rápidas y con una minimización de las etapas limitantes del proceso, como puede ser la transferencia de materia. (Rodríguez et al., 2012).

Por último, la fitorremediación aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados o radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo. Estas fito-tecnologías ofrecen numerosas ventajas en relación con los métodos fisicoquímicos que se usan en la actualidad, por ejemplo, su amplia aplicabilidad y bajo costo. Existen diversas técnicas fito-correctivas empleadas para restaurar suelos y efluentes contaminados (Delgadillo-López et al., 2011). En Argentina, se aplica esta técnica para control de infiltración del agua, saneamiento de suelo y barreras hidráulicas en aguas subterráneas; además se lo utiliza para el tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales a través de diversos sistemas de humedales y cultivos hidropónicos (Lumelli, 2010).

La especie *Chrysopogon zizanioides,* conocida vulgarmente como vetiver, posee importantes atributos en su comportamiento con el agua; por un lado es extremadamente tolerante a sequías, y por el otro a inundaciones. Es efectiva para la conservación de suelos y agua, tiene excelentes características biológicas para la reducción de aguas residuales y mitigación de la contaminación, por su capacidad para absorber y tolerar altos niveles de minerales pesados (Orihuela, 2007).

La utilización de vetiver para tratar aguas residuales es un método de bajo costo y muy eficiente, tanto para aguas residuales domésticas como para las industriales. Se ha demostrado que el vetiver bajo condiciones hidropónicas tiene una eficiencia de remoción del nitrógeno en un 94%; del fósforo en un 90%, coliformes fecales en un 44%, y disminuir el oxígeno disuelto de < 1 mgL-1 a 8 mgL-1 (>800) (Troung et al., 2000). La absorción de altos niveles de contaminantes o metales pesados es un proceso de reciclaje que la planta lo almacena y usa

para otros propósitos. Para Argentina no se existen hasta el momento antecedentes de la aplicación de vetiver como fitorremediador.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, el objetivo general de este trabajo es proponer una alternativa que permita reducir el volumen y la agresividad de la vinaza, como así también aprovechar las características fisicoquímicas de la misma como materia prima para la industria. La investigación se enfoca en el complejo agroindustrial Ledesma, en el Departamento Libertador General San Martín (provincia de Jujuy); uno de los centros sucro-alcoholeros más importantes del país, cuya producción de alcohol asciende a 39.969 kl (2009/2010) representando aproximadamente el 17% de la producción de alcohol de melaza en el país, y produciendo grandes cantidades de vinaza.

En la provincia de Jujuy se promulgó en el año 2006 el Decreto 5980 (Anexo I pág. 143), el cual en su artículo 3 estable que los proyectos de obras o actividades incluidos en los Anexos I (punto c.) y II, quedan sometidos obligatoriamente al procedimiento de evaluación de impacto ambiental que se reglamenta en el presente. Por otro lado, según el Anexo IV, "Niveles Guía de calidad de agua" el efluente del tipo de vinaza no cumple con las características establecidas para vertido en cuerpos de agua. Este Decreto da carácter de obligatoriedad al tratamiento adecuado de la vinaza y reconoce su carácter contaminante, por lo que los Ingenios que se encuentran en esta provincia tienen la necesidad de encontrar una solución a este problema.

Diseño Metodológico

Estudio Descriptivo y Exploratorio de Carácter Bibliográfico del Ingenio Ledesma

A) Unidad de Análisis

Complejo agroindustrial Ledesma ubicado en la provincia de Jujuy (República Argentina): Es una empresa de capitales argentinos que emplea a más de 7.300 personas, lidera los mercados nacionales del azúcar y del papel y tiene importante participación en los de frutas y jugos cítricos, alcohol hidratado y bioetanol anhídro. (Informe de Sostenibilidad - Ledesma S.A.A.I., 2009-10).

B) Variables

- Ubicación
- Tipo de actividad industrial desarrollada
- Procesos productivos y productos elaborados
- Materias primas e insumos generales
- Capacidad de producción
- Personal total ocupado
- Días y horas de funcionamiento de la empresa
- Superficie total de la agroindustria (libre y construida)
- Requerimientos y provisión de energía y agua
- Actividades y/o Servicios tercearizados
- Situación ambiental, económica y social del Ingenio Ledesma.
- Características físico-químicas de la vinaza.
- Normativa ambiental vigente a nivel nacional, provincial y municipal, aplicable a todos los ámbitos y actividades en el Ingenio
- Sistemas de Gestión de efluentes industriales, los sistemas de tratamiento (existentes y propuestos), y los cuerpos receptores de los vertidos (existentes y alternativos)

C) Técnicas

Las variables evaluadas se describieron a partir de:

- Recopilación de información de páginas de internet, y de datos aportados por Organismos Oficiales de la Provincia de Jujuy. (Ministerio de Producción, Secretaria de Medio ambiente, Dirección Provincial de Recursos Hídricos).
- Informe de Actualización INGENIO LEDESMA S.A.A.I.
- Entre los autores citados se encuentran:
  - ACADEMIC (2010)
  - Bermúdez y Garrido (2006)
  - Briceño (2006)
  - Buitrago y Larrán (1992)
  - Cabrera (1971)
  - CafePrensa (2011)
  - Carvalho (2013)
  - Castellano et al. (2000)
  - Conil (2012)
  - Copersucar et al. (1978)
  - Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola (1991)
  - Echeverría y Capuz (2009)
  - Ferreira y Montenegro (1987)
  - FitzGibbon et al. (1998)
  - García y Rojas (2006)
  - Gloria y Orlando (1983)
  - González Rodríguez et. al (2012)
  - Google Earth (2009)
  - Guardo et al. (1973)
  - INDEC (2010)
  - Ingenio El Viejo (2013)

- Korndorfer (1994)
- Ledesma S.A.A.I. (2007/09/10/11)
- Marcuzzi y Bolli (2007)
- Martínez (2005)
- Municipalidad de San Salvador de Jujuy (2011)
- Nadir et al. (2008)
- Orlando (1991)
- Perdigón (2005)
- Pérez Bermúdez y Garrido (2006)
- Pernalete et al. (2008)
- Red Yaguareté (2013)
- Rodríguez (2006)
- Secretaría de Minería de la Nación (2012)
- Villafañe (2009)
- Zérega (1993)

- Observación directa, mediante visitas al Ingenio Ledesma. Estudio de campo.
- Entrevistas a personal del Ingenio a cargo de Miguel Ulivarri, Director del Departamento de Medio Ambiente.

Estudio Exploratorio de Carácter Bibliográfico sobre sistemas alternativos disponibles para el tratamiento de vinaza de ingenios azucareros e industrias productoras de alcohol

Se realizó un estudio exploratorio de carácter bibliográfico sobre sistemas de tratamientos físicos, químicos y biológicos de efluentes de tipo vinaza, a nivel nacional, regional y zonal; técnicas de aplicación frecuentes y técnicas emergentes (de implementación más restringida por ser reciente su desarrollo), convencionales y no convencionales, investigación sobre las tecnologías empleadas en el exterior, sobre las ventajas y desventajas de cada técnica y sobre la viabilidad de su implementación en el Ingenio Ledesma.

Se analizó, además, marcos teóricos basándose en informes extraídos de páginas de internet y en los siguientes autores:

- Alessandro (2006)
- Agencia AUPEC (2009).
- Barbalho (2006)
- Castro (2011)
- Conil (2012)
- Costales Puchaicela (2009)
- Dávila Rincón et al. (2009)
- Decloux et al. (2002)
- Espinoza Saavedra (2010)
- Estévez (1999)
- Fitzgibbon et al. (1995)
- Galvéz (2005)
- Gonzaléz Rodriguez et al. (2012)
- INESCO (1979)
- Janusz et al. (1988)
- Kannan et al. (2006)
- Machuca Martinez
- Marriaga Cabrales
- Morandini (2011).
- Neumann (2011)
- LAMATUR (2012)
- Ledesma S.A.A.I. (2007)
- Ochoa Vascónez (2009)
- Olivarez Yachimba (2009)
- Orihuela (2007)
- Red Latinoamericana del Vetiver (2001)
- Rojas et al. (2011)
- Sarria et al. (2009)

- SEMA (2012).
- Siñeriz (2009)
- Troung et al. (2000)
- Yazmin et al. (2006)
- Zayas et al. (2007)

La formulación de este estudio exploratorio de carácter bibliográfico referido a los sistemas alternativos disponibles para el tratamiento de efluentes de tipo vinaza generados por industrias azucareras y alcoholeras, es el verdadero sustento teórico del trabajo, ya que determinó la metodología de estudio, a partir de la consulta a los antecedentes de cómo se trató este problema, qué alternativas se usaron y qué resultados se obtuvieron.

Estudio Descriptivo y Exploratorio de Carácter Bibliográfico sobre otras Agroindustrias del país.

Se realizó un estudio descriptivo de carácter bibliográfico, el cual permitió conocer el estado en el que se encuentran actualmente los ingenios azucareros del resto del país, concentrados en la provincia de Tucumán, Salta y Jujuy. El propósito de esta investigación fue detectar aquellas debilidades de los ingenios que les impiden lograr un tratamiento de efluentes adecuado y alcanzar una producción sustentable; por un lado, y, por el otro, detectar las fortalezas e innovaciones que posean en relación al tratamiento de vinaza que puedan llegar a extenderse al resto del país

A) Unidad de análisis

- Los sistemas de tratamiento de vinaza que se realizan en otros ingenios dentro del país.

B) Variables

- Técnicas de aplicación frecuente
- Tecnología utilizada en cada caso.

C) Técnicas

- Recopilación de datos a través de páginas de internet.
- Entrevista a personal encargado de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres.
- Se complementó la búsqueda con información de los siguientes autores:
    - Anino e Iturregui (2011)
    - Eco Sitio (2012)
    - EEAOC (2013)
    - Flores (2010)
    - El Liberal (2012)
    - El Liberal (2013)
    - Gobernación de Jujuy, Jefatura de Gabinete de Ministros y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2007)
    - Ingenio y destilería San Isidro (2012)
    - Ingenio San Juan S.A. (2013)
    - Ministerio Público Fiscal (2007)
    - Nofal (2011)
    - Panoramio (2010)
    - SIDETEC (2011)
    - Tabacal Agroindustria (2009/2010)
    - Ybrahim (2009)

Propuesta de Gestión para el tratamiento de efluentes de tipo vinaza en el Ingenio Ledesma.

Desarrollo de una propuesta de Gestión para el tratamiento de efluentes de tipo vinaza proveniente de la producción de alcohol en la agroindustria Ledesma, el cual contempló diferentes unidades: situación económica de la zona y del ingenio en particular, superficie de

terreno disponible y costos del mismo, tasa de infiltración y permeabilidad del suelo, distancia a núcleos de asentamientos humanos más próximos, entre otros.

En base a la evaluación realizada de diferentes sistemas existentes para el tratamiento de vinaza, se propuso nuevas alternativas a través del relevamiento de la información recopilada y analizada en las metodologías anteriores, y la determinación de su viabilidad. De esta manera, se procuró reducir el volumen y la agresividad del efluente, con el fin de beneficiar tanto a la empresa, al medio ambiente y así como a todas las personas involucradas en las actividades. Además como así también aprovechar las características de la vinaza mediante la valoración de la misma como materia prima para la industria.

Se revisó la siguiente bibliografía:

- Anaerobic Granular Sludge Bed Technology Pages (2005)
- Bermúdez et al. (2012)
- Chalothorn (1998)
- Florpedia (2013)
- Gomis (1997)
- Juliard (1999)
- Laboratorio de DINAMA (1996)
- Ledesma S.A.A.I. (2010)
- Marchaim (1992)
- Muñoz et al. (1987)
- Neumann (2011)
- Noya (2002)
- PNUMA (2010)
- Ramírez y Koetz (1998)
- Red Latinoamericana del Vetiver (2001)
- Red Latinoamericana de vetiver (2003)
- Red Vetiver Bolivia (2012)
- Rodríguez (2002)
- Van Lier (1995)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1 Estudio Descriptivo y Exploratorio de Carácter Bibliográfico del Ingenio Ledesma

1.1 Descripción del Ingenio Ledesma en sus aspectos ambientales, económicos y sociales más relevantes.

- **Ubicación geográfica del Predio Fabril**

El Ingenio Ledesma se encuentra adyacente a la ciudad de Libertador Gral. San Martín (LGSM), en el Departamento Ledesma, a 23° 49´ S y 64° 47´ O, en la zona denominada "El Ramal", en el valle del río San Francisco entre los ríos Ledesma y San Lorenzo, a una distancia de 112km. de la ciudad de San Salvador de Jujuy, capital de la provincia de Jujuy (figura 1) (Villafañe, 2009).

Figura 1: Ingenio Ledesma en la actualidad. **Fte.:** Ledesma S.A.A.I. (2013)

De acuerdo a su desarrollo económico, Ledesma es el tercer departamento en importancia de la provincia, después de los departamentos Dr. Manuel Belgrano y El Carmen. Compuesto por los Municipios de LGSM, Fraile Pintado, Yuto, Caimancito y Calilegua. Posee una superficie total de 3.249 km^2 con una población de 75.798 habitantes.

Particularmente, la ciudad de LGSM posee 43.697 habitantes y es la cuarta en orden provincial luego de San Salvador de Jujuy, San Pedro y Palpalá (Informe de Actualización Ingenio Ledesma S.A.A.I., 2010).

La planta del Ingenio Ledesma (figura 2) se encuentra a 463 msnm y a una distancia de más de 1000 metros de la ciudad de LGSM. El acceso es por la Ruta Nacional Nº 34, hasta donde se encuentra ubicado el Complejo Agroindustrial Ledesma.

Figura 2: Vista satelital del Ingenio Ledesma (Industrias). **Fte.:** Google Earth (2009).

El complejo agroindustrial se subdivide en fincas que están destinadas a usos determinados como se observa en la figura 3; la mayoría al cultivo de cañaverales. Estas fincas son: “Florencia y Paulina”, “San Lorenzo y Caiman”,” Don Herminio” y “Finca El Talar” (Villafañe, 2009).

Sobre la margen izquierda del Río San Francisco se encuentran las Fincas Florencia y Paulina (Sur y Centro) y San Lorenzo y Caimán (Norte). Las Fincas del Sur y Centro reciben agua

para riego de los Ríos Ledesma y San Lorenzo, en tanto que las del Norte, lo hacen de los Ríos San Lorenzo, Zora y del A° Los Berros.

Estas propiedades se ubican en los alrededores de las localidades de Fraile Pintado, LGSM, Calilegua y Caimancito, a ambas márgenes de la Ruta Nacional N° 34.

En el Departamento Santa Bárbara se ubican las Fincas Don Herminio a 5 Km. de la localidad de El Piquete, y "El Talar", rodeando la localidad del mismo nombre, todas sobre la margen derecha del Río San Francisco (Villafañe, 2009).

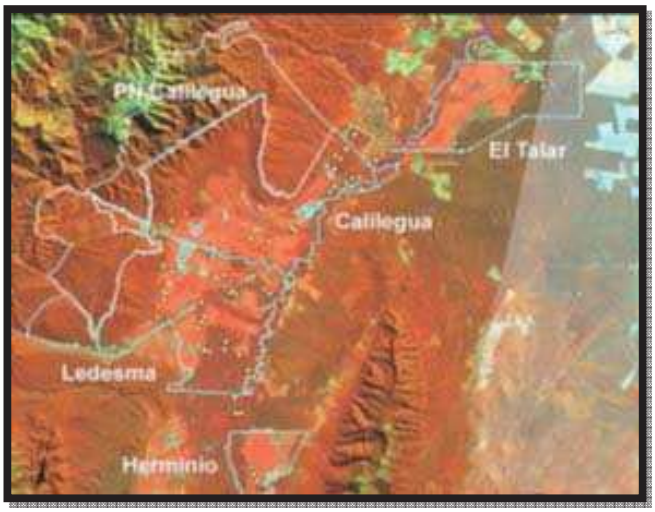


Figura 3: Localización de las fincas.
Fte: Ledesma S.A.A.I. (2010).

1.1 A) Aspectos ambientales de la zona de estudio

I) Topografía

El área de estudio pertenece a la sub-cuenca Grande-San Francisco de la Cuenca Alta del río Bermejo, que comprende una zona de falla o rápida transición climática, en la que a corta distancia las características varían considerablemente desde las propias del clima subtropical húmedo a las del desértico. (Rodríguez, 2006).

La zona en estudio se encuentra en una zona baja, a unos 450 m.s.n.m. en una región de serranías de variada altitud. Las mayores alturas de la región están representadas hacia el oeste por las serranías de Calilegua con los Cerros Amarillo, Hermoso y Calilegua, (3646 m aproximadamente), Morro Quemado y las Sierras de Zapla; y hacia el este, por la sierra de Santa Bárbara del otro lado del río San Francisco (Villafañe, 2009).

El Ingenio Ledesma se encuentra en el Valle Intermontano San Francisco, de origen tectónico, donde sus flancos están limitados por fallas (Auge, 2009).

II) Clima Regional

Las características climáticas del NOA, fluctúan considerablemente a corta distancia. La causa de estos grandes contrastes climáticos se atribuye a la topografía muy quebrada del área, con diferencias de alturas mayores a 5.000 m. a una distancia de solo 70 km., a la orientación de las sierras y valles con respecto de las corrientes predominantes de la atmósfera libre y a la exposición de las faldas respecto del sol (Buitrago y Larrán, 1992).

La región se encuentra dentro del grupo climático Cwh o Sub Tropical con estación seca; la cual se caracteriza por climas templados lluviosos con inviernos secos y veranos calurosos (Villafañe, 2009).

Como características relevantes podemos distinguir abundantes precipitaciones pluviales de tipo monzónico, concentradas en verano; las cuales varían localmente en función de la altitud y las condiciones de temperatura e insolación. Las temperaturas medias varían entre 30,4 y 15,5ºC. Existe una gran amplitud térmica. Las heladas son frecuentes a partir del mes de marzo, continuando hasta fines de noviembre, muy fluctuantes por la topografía y los microclimas locales. El porcentaje de años con heladas es del 72% (Villafañe, 2009).

La intensidad de radiación es alta, debido a la falta de humedad y al enrarecimiento de la atmósfera. La nubosidad es casi inexistente o muy baja (Secretaría de Minería de la Nación, 2012).

En relación al régimen de vientos, el mismo es muy cambiante debido a que su circulación se ve afectada por el relieve. Los vientos locales predominantes son los llamados “brisas de valle y la montaña”. Particularmente para la zona de estudio predominan los vientos de los cuadrantes NO y NE con una velocidad media de 2,4 m/seg (Villafañe, 2009).

En los meses de invierno aparece el denominado “viento norte”; que provoca altas temperaturas, sequedad excesiva, altas velocidades, continua fragosidad y se encuentra cargado de polvo. Cuando sopla, eleva la temperatura bruscamente en 20 a 25 °C, desciende la humedad relativa a valores del 5% y mantiene velocidades medias de 40 a 50 Km/h (Buitrago y Larrán, 2011).

En relación a la humedad relativa, la misma es máxima hacia fines de verano y comienzos de otoño, ya que depende del régimen de precipitaciones y de la temperatura;

ambas superiores en estos meses. Los valores de la humedad relativa máxima oscilan alrededor de un 80% y la mínima se encuentra en primavera con valores de un 50% (Villafañe, 2009).

III) Geología y Geomorfología

La zona de estudio se encuentra en la unidad geológica de las Sierras Sub-andinas, las cuales son un conjunto de serranías sub-paralelas de rumbo Norte-Sur, que limita al oeste con la Cordillera Oriental y al este con la Llanura Chaqueña, extendiéndose desde Perú al norte de Argentina, en una zona de alta movilidad geológica (Villafañe, 2009).

IV) Hidrología Superficial

La cuenca del Rio Bermejo se ubica en el extremo austral del Estado Plurinacional de Bolivia y en el norte de la República Argentina. Posee una superficie total de 123.162 km^2, que comprende la Alta Cuenca y la Baja Cuenca (Castellano et al., 2000). La superficie total de la Alta Cuenca cubre 50.500 km^2, de los cuales 25.450 km^2 corresponden a la sub-cuenca del Bermejo superior y 25.100 km^2 a la sub-cuenca Grande del San Francisco.

Por otro lado, un aspecto a destacar de la Alta Cuenca del Río Bermejo, es la alta producción de sedimentos en épocas de crecidas, ya que el transporte en suspensión medio es de 90.000.000 toneladas al año (Castellano et al., 2000).

De acuerdo a la red hidrográfica de la cuenca, la zona de estudio pertenece a la Sub-cuenca Grande-San Francisco, ubicada donde confluyen los ríos San Francisco y Bermejo.

El río San Francisco corre desde su origen con rumbo NNE y es formado por los ríos Grande de San Pedro y Lavayén que con una pendiente regional del 0,012% actúa como nivel de base local para los demás ríos (Castellano et al., 2000).

Los ríos San Lorenzo y Ledesma, nacen en la vertiente oriental de la serranía de Tilcara y vierten sus aguas en el San Francisco al este y sureste de LGSM respectivamente. Estos ríos de régimen torrencial, pasan la mayor parte del año con bajos caudales (entre 5 y 6 m^3/seg) y como consecuencia de las intensas lluvias estivales, causan fuertes crecidas que muchas veces ocasionan daños materiales a rutas o a las poblaciones. LGSM se abastece de agua para consumo humano del río San Lorenzo (Villafañe, 2009).

V) Hidrogeología

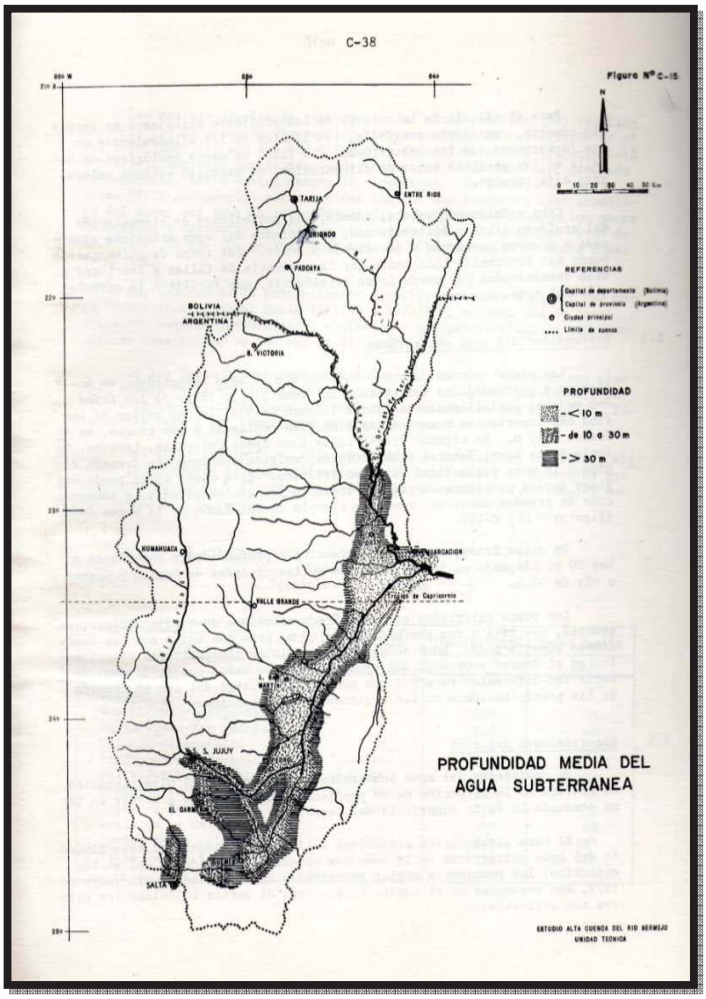


Figura 4: Mapa de profundidad media del agua subterránea. Cuenca del Rio Bermejo **Fte:** Guardo et al. (1973).

Se trata de una zona con grandes falencias en cuanto a información hidrogeológica.

Existen importantes reservas de agua subterránea en las sub-cuencas de los ríos San Francisco y Bermejo, siendo más abundantes en la primera.

Los acuíferos libres, están constituidos principalmente por arenas y gravas del cuartario. Debido a su heterogeneidad, estos sedimentos presentan horizontes arcillosos que originan localmente acuíferos confinados, distribuidos por toda la zona (Guardo et al., 1973).

La alimentación o recarga de los acuíferos es esencialmente pluvial, siendo solo fluvial en los períodos que le siguen a las crecidas de los ríos. Otra fuente de recarga está constituida por el retorno del agua utilizada para riego, que representa volúmenes importantes (Villafañe, 2009).

El agua subterránea se encuentra a profundidades variables a lo ancho y a lo largo de las áreas con mejores posibilidades acuíferas (figura 4). En Ledesma, existen problemas de drenaje debido a la poca profundidad del agua freática.

La profundidad del agua es variable según las zonas: entre la Sierra de Santa Bárbara y el río San Francisco el agua se encuentra a 90 m disminuyendo paulatinamente hacia el nivel de base; mientras que en la margen izquierda del río, la profundidad es de 10 a 15 m. Es posible encontrar una amplia franja con profundidades inferiores a los 3 m que en muchos casos aflora formando bañados, esteros y suelos salitrosos. Los niveles de explotación son bajos (Villafañe, 2009).

Figura 5: Calidad del agua subterránea
Fte.: Guardo et. al. (1973)

La descarga natural del agua subterránea se efectúa por los ríos, las vertientes y la evapotranspiración. La evapotranspiración consume gran parte de las reservas subterráneas, principalmente en las áreas donde el nivel freático está a poca profundidad. La evapotranspiración potencial y real son máximas en los meses de verano y mínimas en invierno (Guardo et al., 1973).

Aunque no se cuenta con estudios específicos sobre calidad de las aguas subterráneas, se supone que la capa freática posee distintos grados de contaminación, debido a las disposiciones incontroladas de residuos sólidos y líquidos, y a la intensa actividad agrícola de la zona.

En general, la calidad del agua subterránea, tanto para riego como para uso doméstico, es buena a moderada (figura 5). Desde el sur de la zona de estudio, se observa una salinización gradual del agua subterránea en el sentido del flujo subterráneo (Villafañe, 2009).

VI) Suelos

La zona de estudio se encuentra ubicada en la asociación de suelos "Don Enrique". Las características de esta asociación son las siguientes:

- **Suelos Asociados:** Don Enrique /Las Palmas/Villa las Rosas.
- **Ubicación:** Se extiende desde el río Grande hasta el río San Lorenzo en una estrecha franja adosada a la margen izquierda del rio Lavayén – San Francisco.
- Fisiográficamente está caracterizada por el sector distal de bajada aluvial e incluye el nivel más alto de las terrazas del río Lavayén. Presenta un micro-relieve muy acentuado que favorece el anegamiento periódico de esta área.
- **Relieve:** Plano.
- **Material Original:** depósitos aluviales derivados de rocas del Terciario: areniscas, limolitas, conglomerados y en menor proporción de rocas del Ordovícico, Cámbrico y Precámbrico.

Características Generales de los suelos asociados (Nadir et al., 2008):

Don Enrique: Suelo de incipiente desarrollo moderadamente profundo, con perfil A, C; de textura media; pobre a imperfectamente drenado, afectado por un nivel freático alto a muy alto; medianamente alcalino; salino en el segundo horizonte; contenido medios a altos de materia orgánica; abundante a moderada presencia de carbonatos; capacidad de intercambio catiónico alta en superficie y media a baja en profundidad; porcentaje de saturación de bases alto; pendiente del 1 %. **Superficie**: 32.700 ha

Las Palmas: Suelo de incipiente desarrollo; con perfil A, C: de textura media; mesuradamente bien drenado; moderadamente alcalino; contenido de materia orgánica medianamente alto; moderada presencia de carbonatos; porcentaje de saturación de bases alto; pendiente 1 %.

Villa las Rosas: Suelo de incipiente desarrollo; de perfil A, C; de texturas medias en superficie a medianamente fina en profundidad; moderadamente bien drenado a imperfectamente drenado; mesuradamente alcalino; contenido de materia orgánica

moderadamente alto; escasa cantidad de carbonatos: capacidad de intercambio catiónico medianamente alta; porcentaje de saturación de bases alto; pendiente 1 %.

VII) Flora

Los factores que regulan la macro-distribución de la vegetación natural son la altitud, la orientación de las laderas y valles, el tipo de relieve y la situación combinada de lluvias y temperaturas.

La zona de estudio se encuentra dividida entre las provincias fitogeográficas Chaqueña (Distrito Occidental) y de las Yungas (Distrito de las Selvas de Transición y Selvas Montanas), con una gran zona de transición entre ambas provincias (Cabrera, 1971).

- **Provincia Chaqueña**

El Distrito Occidental del Bosque Chaqueño se desarrolla entre los 500 y 600 mm de precipitación, representando un 6% de la superficie total de la cuenca. Localizado al S y SE del área en estudio (Guardo et al., 1973).

Figura 6: Imagen de *Aspidosperma* (quebracho blanco).
Fte.: ACADEMIC (2010).

Es un bosque xerófilo, caracterizado por un estrato superior muy abierto, de hasta 20 m de altura integrado por: quebracho colorado santiagueño (*Schinopsislorentzii*), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*) (figura 6), algarrobo blanco y negro (*Prosopis alba* y *P.nigra*), entre otros. En el estrato más bajo predominan el itín (*Prosopiskuntzei*), la brea (*Cercidiumpraecox*), el mistol (*Ziziphusinsignis*) y otros. El estrato arbustivo, a veces muy denso y de una altura media de 5 m, se integra con diversas especies del género Acacia.

Se observa mayor presencia de cactáceas de los géneros Opuntia y Cereus y de bromeliáceas, como los

chaguares (*Bromeliaspp*) en las áreas sobrepastoreadas, muy erosionadas o más secas (Cabrera, 1971).

La heterogeneidad en esta unidad, en cuanto a especies no es muy grande y está ligada principalmente a las variaciones edáficas, tales como: zonas húmedas asociadas a cursos de agua donde domina el pájaro bobo *(Tessariaintegrifolia)* y sauce criollo *(Salixhumboldtiana),*en las zonas salinizadas y con problemas de permeabilidad, las chilcas (*Tessaria Donaefolia*) llegan a formar densos matorrales. Cuando existe fuerte alcalinización pueden aparecer ejemplares de jume. En estas últimas pueden aparecer algunos elementos de otras unidades (selva de transición) como los juncales y pajonales de hasta 1,70 m de altura, como tipa blanca *(Tipuanatipu)* (Guardo et al., 1973).

Por último, existen comunidades riparias entre las que se encuentran, los tuscales (*Acacia aroma*), bosquecillos asociados a chañares, lecherones (*Sapiumhaemathospermun*) y algarrobo blanco.

- **Provincia de las Yungas**

La vegetación predominante de las Yungas es la selva nublada, muy rica en lauráceas y mirtáceas, con ambiente fresco y húmedo, y con frecuentes neblinas en los faldeos serranos.

Esta región fitogeográfica se divide en dos distritos: las Selvas de Transición y la Selva Montana.

El Distrito de las Selvas de Transición, en los llanos y lomas de Jujuy, se caracteriza por ser un bosque alto, muy denso, con abundantes enredaderas y epífitas. Los árboles de primera magnitud superan los treinta metros de altura como la Tipa Blanca (*Tipuanatipu*). Se encuentra entre los 500 y 700 m, con precipitaciones que oscilan entre los 800 y 1000 mm anuales. Se extiende de Norte a Sur como una faja aproximadamente 30 km de ancho, representando un 10% de la superficie total de la Cuenca.

Existe un amplio ecotono entre estas selvas y los bosques de quebracho colorado chaqueño, donde se mezclan especies de ambas provincias. Existen también varios estratos más bajos como Cebil Colorado (*Anadenanterama crocarpa*), Horcocebil (*Parapiptadeniaexelsa*), Quinua (*Miroxylonperuiferum*) y otros. Entre los arbustos encontramos los géneros *Urera, Pogonopus, Vernonia, Celtis, Tecoma,* entre otros. En las terrazas bajas de

los ríos aparecen bosquecillos de Tusca (*Acacia aroma*), Guaranguay (*Tecomastans ssp.*) y otros (Cabrera, 1971).

En toda el área asociada al llano aluvial del río San Francisco, la vegetación nativa fue casi totalmente eliminada para permitir la implantación de cultivos, pero quedan aún grandes ejemplares de tipa como testimonio de la antigua vegetación natural.

La topografía contribuye a aumentar la heterogeneidad del área, tanto en lo que se refiere a la distribución y combinación de las especies como a la inclusión de partes de otras unidades, como Selva Montana y Bosque Chaqueño.

El Distrito de la Selva Montana se encuentra entre los 800 y 1800 m de altura, con una precipitación anual de más de 1000 mm; durante el verano su límite superior está envuelto en nubes o neblinas. Ocupa una ancha faja que comienza al norte de la ciudad de Jujuy y se extiende ininterrumpidamente hasta el límite norte de la cuenca, en Bolivia. Abarca alrededor del 35% de la superficie de la cuenca y casi la mitad del total de los bosques, desarrollando en zonas en muchos casos inaccesibles y pocos exploradas (Cabrera, 1971).

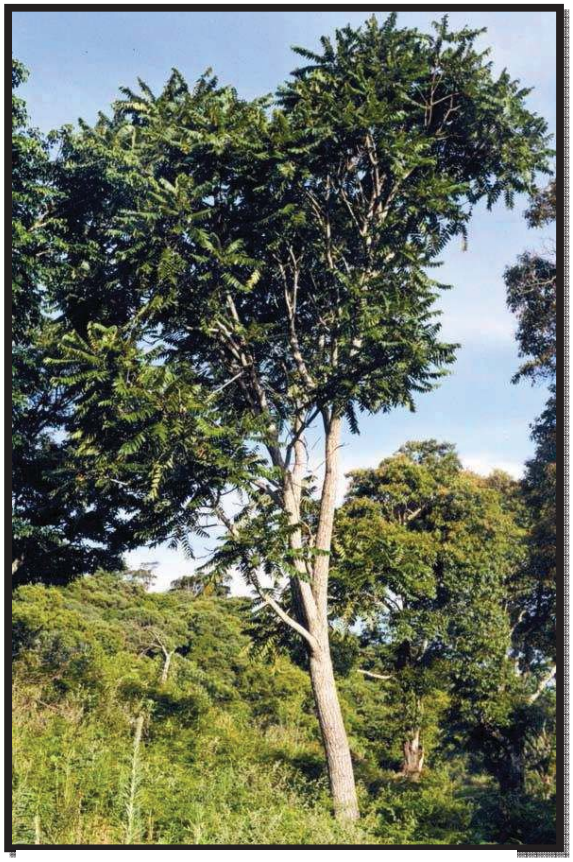


Figura 7: Imagen de la especie *Cedrelalilloi*
Fte.: Carvalho (2013).

Es el bosque de mayor importancia y complejidad de la cuenca. Muy rico en especies, sumamente denso e integrados por numerosos estratos. Los ejemplares de primera magnitud superan los 35 m de altura y las lianas, los arbustos y las enredaderas lo hacen casi impenetrable.

En términos generales, se pueden considerar dos pisos altitudinales; un "piso inferior" dominado por el laurel (*Phoebeporphyria*) de grandes dimensiones, con los ceibos *(Erithrina christagalli y E. Dominguensis)*, los cedros (*Cedrelalilloi y C. angustifolia*) (figura 7) y otros. Los arbustos

son numerosos y densos, así como las lianas, los helechos y las bromeliáceas. El "piso superior" coincide con el área de las neblinas (Cabrera, 1971).

Siendo la zona de estudio una región de aprovechamiento agrícola desde hace mucho tiempo, la vegetación sufrió el impacto de la actividad humana en mayor o menor grado a través de la tala, extracción forestal selectiva, agricultura, ganadería, fuego, entre otros, que trajo como consecuencia un fuerte deterioro de todo el ecosistema. Como así también, la expansión de los cultivos que provocó la desaparición de superficies de vegetación natural (Villafañe, 2009).

VIII) Fauna

Debido a que la zona de interés constituye un ecotono, en el cual confluyen dos provincias, y a que la variedad y distribución de la fauna está íntimamente relacionada a los distintos ambientes en los que habita y utiliza para su alimentación, refugio, etc., la misma fue descripta asociada a las provincias fitogeográficas de las Yungas y de la provincia Chaqueña (Villafañe, 2009).

- **Provincia Chaqueña**

Esta provincia pertenece al Dominio Chaqueño y es más reducida en su diversidad biológica que la provincia de las Yungas; se presentan pocos endemismos pero con animales típicos. Entre las especies predominantes se pueden citar armadillos, quirópteros, roedores y aves corredoras (*Cariamidae*).

Figura 8: Imagen de un yaguareté en las Yungas.
Fte.: Red Yaguareté (2013).

La provincia está caracterizada por: comadrejas (*Didelphisazarae y Lutreolina*

crassicaudata), marmosas (*Marmosa*), numerosos quirópteros (*Artibeus, Sturnira, Glossophaga, Histiotus, Tadarida*, etc.), zorros (*Cerdosyon y Dusicyon*), coatí (*Nasua*), hurón menor (*Galictis*), yaguareté (*Felis onca*) (figura 8), entre otros (Cabrera, 1979).

Se citan más de 200 aves entre las que figuran dos chuñas (*Chunga burmeisteri* y *Cariama cristata*), perdices del género *Nothura,* martineta (*Eudromia*), entre otros.

Los reptiles están representados por la tortuga de tierra (*Testudo chilensis*), tortuga de agua (*Hydromedusa ssp.*), yacaré (*Caiman*), etc.

Entre los anfibios se encuentran ranas (*Leptodactylus*), escuerzos (*Certophrys*), y otros géneros.

La fauna ictícola también es variada con varias rayas (*Potamotrygon*), mojarras (*Astyanax, Cheirodon*), entre otros.

- **Provincia de las Yungas**

Esta provincia pertenece al Dominio Amazónico, el cual es el más rico en formas y endemismos. Es una provincia muy extensa, por lo que la fauna está ampliamente distribuida y diversificada en ella, lo cual la hace muy difícil de caracterizar.

Las especies predominantes en él son: monos platirrinos *(Cebidae y callithricidae),* picaflores *(Trochilidae)* (figura 9)*,* tucanes (Ramphastidae), entre otros. También la fauna de peces es muy rica.

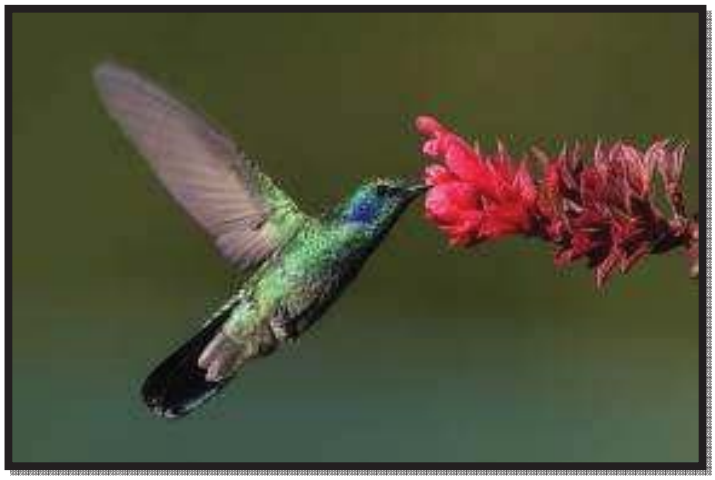


Figura 9: Imagen de un picaflor *Trochilidae.*
Fte.: ACADEMIC (2010).

Entre los grandes mamíferos se tiene al tapir o anta (*Tapirus terrestris*), corzuela (*Mazama*), osos hormigueros (*Myrmecophaga tridactyla y Tamandua tetradactyla*), jaguar (*Felis onca*) y otros.

Entre las aves podemos mencionar pavas de monte (*Penelope*), varios

loros y catas (*Amazona, Aratinga, Brotogeris*) y tucanes (*Ramphastos*).

Entre los reptiles, se pueden mencionar varios ofidios venenosos como la coral (*Micrurus*), cascabel (*Crotalus*) y yararás (*Bothrops*).

Por otra parte, se debe destacar que en la zona de estudio se encuentra fauna amenazada y en estado vulnerable. Según Villafañe, se pueden citar las siguientes especies:

AVES

Perdiz del Monte (*Crypturellus tataupa*).

Martineta común (*Eudromia elegans*)

Aguila coronada (*Harpyhaliaetus coronatus*)

Halcón peregrino (*Falco peregrinus*)

Pava del monte (*Penélope obscura)*

Charata (*Ortalis canicollis*)

Chuña patirroja (*Cariama cristata*)

Loro hablador (*Amazona aestiva*)

Búho americano (*Buho virginianus*)

Lechucita bataraza (*Strix rifipex*)

Cardenal (*Paroaria coronata*)

Rey del bosque (*Phenticus aureoventris*)

Cabecita negra común (*Carduelis mgallanicus*)

MAMÍFEROS

Yaguareté (*Leo onca*)

Gato onza (*Leopardus pardalis*)

Gato pintado (*Leopardus wiedii)*

Jaguarondí (*Herpailurus yaguarondi)*

Lobito de río (*Lontra longicaudis*)

Oso hormiguero (*Myrmecophaga tridactyla*)

Corzuela roja (*Mazama americana)*

Corzuela parda (*Mazama gouazoupira*)

REPTILES

Lampalagua (*Boa constrictor*)

Iguana (*Tupinambis teguixin*)

Yacaré (*Caiman latirostris*)

IX) Áreas Naturales Protegidas

En 1979, Ledesma S.A.A.I decidió donar 70.000 Ha de sus tierras para su conservación; con lo que se dio origen a una de las reservas más grandes de Argentina: El Parque Nacional Calilegua (Decreto Nacional: N° 001733/80).

Dicho parque se encuentra ubicado en el sudeste de la provincia de Jujuy, sobre el faldeo oriental de las Serranías de Calilegua. Al igual que toda la región, el parque posee un relieve muy particular, marcado por fallas, cañadones y cordones montañosos muy abruptos. Protege un sector representativo de las yungas (selvas de montaña), que se considera uno de los ambientes de mayor diversidad de la Argentina, y preserva una importante cuenca hídrica que abastece a las zonas agrícolas y las poblaciones cercanas. Su superficie total es de 76.306 Ha.

La superficie total del Ingenio Ledesma (157.000 Ha) y la zona conservada se encuentran sujetas a un Plan de Ordenamiento Territorial (POT), que fue aprobado por el Gobierno de la Provincia de Jujuy y al cual se adhirió la Administración de Parques Nacionales y las organizaciones no gubernamentales, Fundación Vida Silvestre Argentina y Greenpeace Argentina. Este POT establece para uso productivo 61.000 Ha de la superficie total de la compañía, protegiendo el resto (96.000 Ha) para la conservación de los sistemas naturales (Informe de Actualización de Impactos Ambientales-Ledesma S.A.A.I., 2010).

El principal interés de la empresa en conservar esta zona es proteger una importante cuenca hídrica, la cual abastece de agua a una de las zonas bajo riego más productivas de Jujuy, que en su gran mayoría son tierras pertenecientes a Ledesma.

El siguiente mapa muestra la zonificación del área de interés:

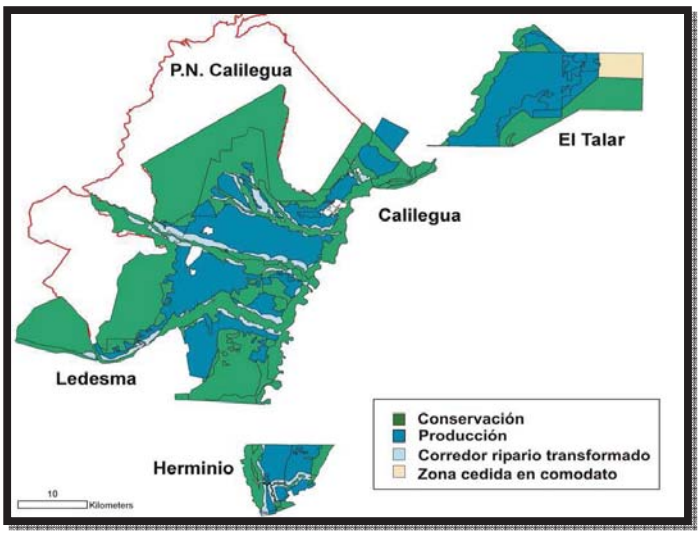


Figura 10: Usos del suelo de acuerdo al POT.
Fte: Ledesma S.A.A.I. (2010).

1.1 B) Aspectos socio-económicos de la provincia de Jujuy

I) Demografía

De acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda de 2010, la población de la provincia de Jujuy alcanza los 673.307 habitantes, que distribuidos en los 53.219 km^2 de territorio que cuenta la misma, da una densidad poblacional de 12,6 habitantes por km^2. La población de Jujuy respecto al total nacional representa el 1,69%.

La población jujeña se distribuye de manera poco uniforme en el territorio provincial, el 69 % del total de la población provincial se concentra principalmente en cuatro de sus veintiún municipios: San Salvador de Jujuy, San Pedro, Palpalá y LGSM. Para toda la provincia, la población urbana representa el 85%.

La pirámide poblacional (figura 11) que representa el modelo de población de esta provincia se caracteriza por ser de base ancha y forma triangular. En comparación con censos anteriores (1980,1991 y 2001), se observa un leve envejecimiento de la población, ligeramente más acentuado en las mujeres. Sin embargo, se destaca que la población jujeña tiende a ser estable, ya que no se observan grandes variaciones en la cantidad de habitantes.

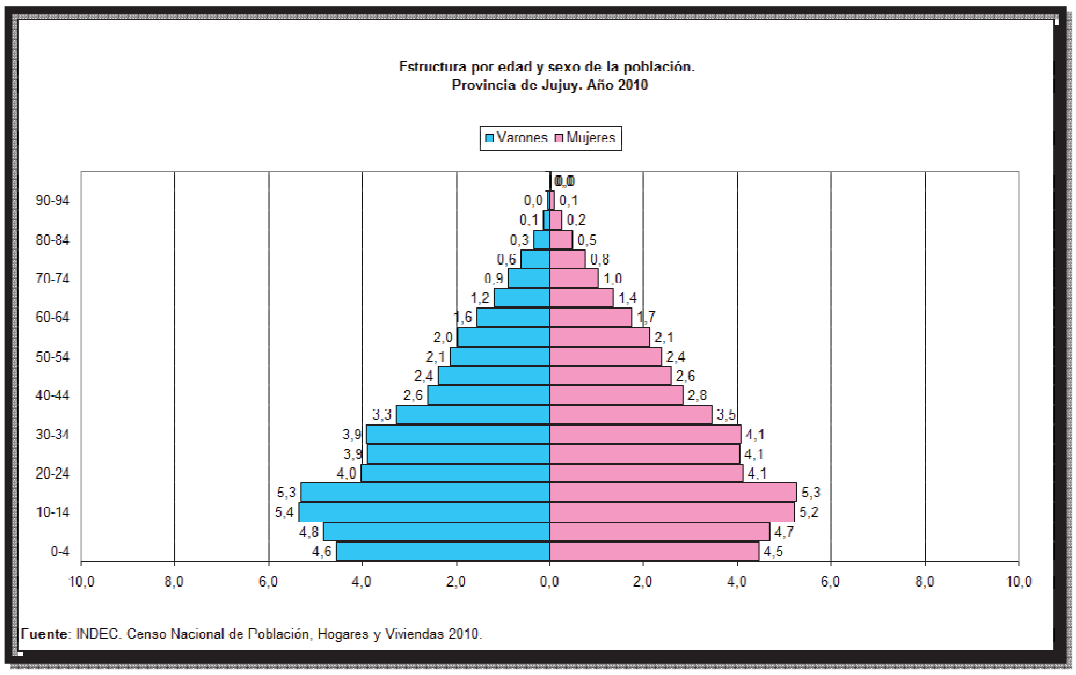


Figura 11: Pirámide poblacional de Jujuy.
Fte: INDEC (2010).

Esta estabilidad, también queda manifestada cuando se observan las tasas brutas de natalidad y mortalidad ya que las mismas se han mantenido estables desde 1991 al presente año. Solo se observan algunas modificaciones importantes en la tasa de mortalidad infantil, la cual era de un 33,2 en el año 1991 y descendió al 13,4 en el 2010.

Particularmente, en el Dpto. Ledesma la población es de 85.630 habitantes, con un total de 10.217 viviendas (INDEC, 2010).

II) Actividades Económicas en la provincia

Figura 12: Participación de las distintas actividades en la economía jujeña.

Siguiendo la traza de las Sierras Sub-andinas y en la Llanura Chaqueña, se desarrollaron los principales asentamientos urbanos, constituyendo de esta manera el eje de la actividad socio-económica (agro-ganadera, forestal, industrial y petrolera) de la provincia (Marcuzzi y Bolli, 2007).

Como se puede ver en la figura 12 las actividades económicas se dividen en tres grupos: primarias, secundarias y terciarias (Echeverría y Capuz, 2009).

Las actividades primarias más importantes en Jujuy son la agricultura, la ganadería, la minería y en menor medida, la silvicultura (cultivo y explotación de bosques para obtener leña y madera).

Las actividades secundarias más importantes son las que procesan bienes agrícolas (azúcar, tabaco) y minerales (hierro, cemento).

Las actividades terciarias son las que dependen de la administración pública, el comercio y los servicios que se localizan en las ciudades grandes.

Una de las características de la economía jujeña es la concentración de las actividades productivas en agroindustrias (fundamentalmente las del azúcar, tabaco, legumbres, cítricos y derivados), en la actividad siderúrgica, la industria celulósico papelera y en la actividad minera, particularmente los minerales metalíferos y no metalíferos, de los que esta provincia es

Figura 13: Participación de las distintas ramas en la producción industrial de Jujuy.

importante productora nacional. En la figura 13 se observa la participación de las distintas ramas en la producción jujeña.

Unas 4,6 millones de Ha (8,6% del territorio provincial) están cubiertas por suelos con aptitud agrícola y se concentran en los departamentos de Ledesma, Dr. Belgrano, El Carmen, San Pedro, San Antonio y Santa Bárbara.

La superficie agrícola total es de 410.000 Ha de las cuales 140.000 Ha disponen de riego y el resto es utilizado en agricultura de secano**.**

Los principales cultivos son: tabaco, caña de azúcar, legumbres, hortalizas (tomate redondo, perita, pimiento, zapallito, berenjena, chaucha, choclo, coreanito, pepino) (Villafañe, 2009).

En Jujuy, la principal actividad agrícola es el cultivo de la caña de azúcar, que se produce y concentra en los Valles Orientales. En esa región la actividad primaria (producción de caña de azúcar) se ubica junto a la actividad industrial; a estas actividades que combinan agricultura e industria se las llama agroindustrias. Ledesma es el centro agroindustrial azucarero más importante de Argentina.

En estos Valles también es importante la producción citrícola (naranja, mandarina, limón y pomelo).

Por su parte, en los Valles Centrales, el principal producto agrícola es el tabaco. Jujuy es un importante productor de tabaco en su variedad Virginia. Parte de la producción de tabaco se destina a la exportación (Echeverría y Capuz, 2009).

Además, tanto en los Valles Orientales como en los Centrales, se cultivan algodón y legumbres, principalmente el poroto, del cual más del 90% se exporta a Brasil y países europeos (Echeverría y Capuz, 2009).

III) Usos del Suelo

La zona de estudio se encuentra en un área netamente agrícola, como se observa en la figura 14, por ello los principales usos del suelo están vinculados con esta actividad.

Las áreas que predominan se encuentran cultivadas principalmente con caña de azúcar y en menor medida con granos (soja, poroto) y otros cultivos (tomate y hortalizas), citrus y parcelas forestales (Villafañe, 2009).

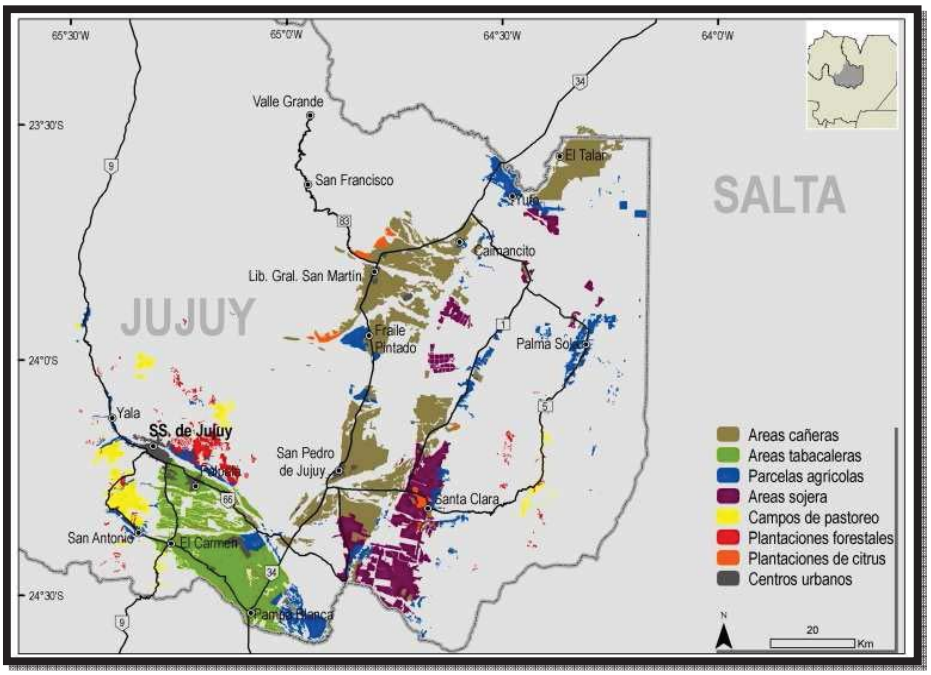


Figura 14: Mapa de usos de suelos agrícolas.
Fte: Villafañe (2009)

1.1 C) Aspectos socio-económicos del Ingenio Ledesma

I) Infraestructuras

- **Red Vial y Ferroviaria**

La zona de estudio se encuentra atravesada por la ruta nacional Nº 34.

Esta ruta atraviesa todo el este de la provincia de Jujuy y es la principal vía de salida de la producción de la provincia.

Secundariamente se encuentra la RP Nº 83 que nace en la RN N°34, que vincula a todo el departamento de Valle Grande. Es una ruta consolidada con problemas de transitabilidad por lluvias, derrumbes y crecientes.

En relación a infraestructura ferroviaria, por la zona corre el Ramal ferroviario C–15 (Belgrano Cargas), que nace en ciudad Perico, pasa por la ciudad de San Pedro, LGSM, terminando en la ciudad de Salvador Mazza (Estación Pocitos, provincia de Salta). Actualmente se encuentra en malas condiciones de servicio (Villafañe, 2009)

- **Red Eléctrica y Gas**

El sistema eléctrico del área pertenece al Sistema Interconectado Nacional (del cual depende toda la provincia a través de una línea de 132 Kv desde la Estación Güemes). Este servicio está concesionado a la empresa E.J.E. S.A. La distribución del gas natural está a cargo de la empresa GASNOR S.A. (Villafañe, 2009).

- **Gasoductos y Oleoductos**

Por la zona de estudio pasan dos ductos:

a) Gasoducto Atacama, que conduce gas a alta presión desde General Mosconi–Coronel Cornejo (Salta) hasta el puerto de Mejillones (Chile), con capacidad de conducción máxima cercana a los 8,5 millones de m^3 diarios.

b) Gasoducto y oleoducto Campo Durán–San Lorenzo, para desarrollar la explotación de dicho Campo y la elaboración de petróleo de sus yacimientos.

II) Requerimientos y Provisión de energía

Como se observa en la tabla 1, el Ingenio cuenta con fuentes renovables de energía que representan actualmente el 38% del total de la energía consumida en el complejo agroindustrial. La misma proviene de la biomasa (fibra de caña de azúcar, bagazo y malhoja). El 62% restante proviene de las usinas hidroeléctricas (Informe de Sostenibilidad - Ledesma S.A.A.I., 2010/11).

De acuerdo con la política ambiental y con un enfoque preventivo, el Ingenio Ledesma busca el mínimo impacto sobre el medio ambiente. Para ello, se llevan a cabo acciones para medir y reducir los impactos.

Entre ellos, en octubre del 2010 se presentó formalmente al Programa Nacional de Biocombustibles con una inversión de 65 millones de pesos para producir bioetanol.

Ledesma produce biocombustibles de caña de azúcar, el cultivo más eficiente en la generación de energía limpia y renovable. El volumen de producción es actualmente de 49.000 m^3 por año, convirtiéndolos de esta manera en el mayor productor de bioetanol del país. Se estima que en 2040 el etanol y otros biocombustibles movilizarán el 20% del transporte mundial, frente al 3% actual (Informe de sostenibilidad – Ledesma S.A.A.I., 2010/11).

Tabla 1: Consumo de energía en 2009/10/11.

Energía	2009/10	2010/11
Consumo de gas natural (Gj)	7.306.650	6.461.169
Consumo de gas-oil (Gj)	1.028.386	1.013.260
Total consumo directo de energía primaria no renovable	**8.335.036**	**7.474.429**
Consumo de fibra de caña de azúcar (Gj)	5.109.942	3.398.571
Consumo de biomasa (malhoja) (Gj)*	—	171.835
Hidroelectricidad	52.106	62.226
Total consumo directo de energía primaria renovable	**5.162.048**	**3.632.632**
Consumo total	**13.497.084**	**11.107.061**
% renovable	**38%**	**32%**

** La producción comenzó en el ejercicio 2010/11.*

Fte: Ledesma S.A.A.I. (2010/11).

III) Uso del Agua

De la superficie total cultivada en Ledesma, el 96% se encuentra bajo riego; de la cual el 84% se encuentra bajo un sistema de riego superficial y el 12% por medio de tres métodos distintos de riego presurizado: riego mecanizado pivot y de avance frontal, riego por aspersión y riego por goteo. La superficie restante (4%) se cultiva a secano. Dichos porcentajes pueden observarse en la figura 15.

Desde hace seis años Ledesma incorporo áreas bajo cultivo a secano (sin riego) con el objetivo de crecer productivamente con la misma cantidad de agua disponible (Informe de Sostenibilidad, 2010/11).

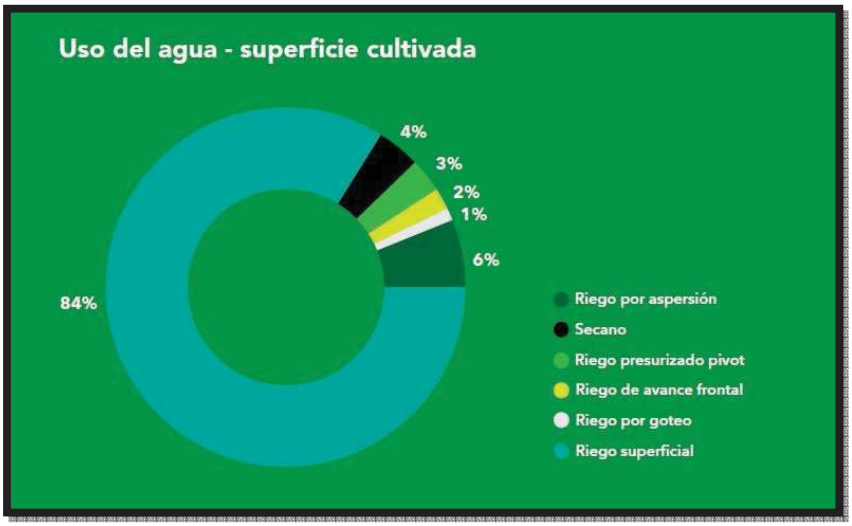


Figura 15: Uso del agua en la superficie cultivada.
Fte.: Ledesma S.A.A.I. (2011).

- **Conducción de agua para riego superficial**

La enorme dispersión de las áreas de cultivo de caña de azúcar llevó a Ledesma a revestir canales con hormigón simple, lo que evita pérdidas por conducción. Todos los sectores con fuerte pendiente tienen un sistema de canales revestidos que eliminan el riesgo de erosión.

Por estos canales se transporta el agua en máxima pendiente hasta el punto donde es derivada por una curva de nivel de baja pendiente sin riesgo de erosión hídrica (Informe de Sostenibilidad-Ledesma S.A.A.I., 2010/11).

- **Riego por manga**

La incorporación de riego por manga permite la eliminación de pérdidas por conducción y una distribución regular del agua. Este sistema presenta mejoras de eficiencia superiores al 30% en la cantidad de agua requerida por hectárea, permitiendo regar más superficie con idénticos recursos.

Hoy la superficie total bajo este sistema de riego abarca 6.040 Ha con proyecciones de expansión para los próximos años, siendo de 5.700 para el 2011/12, de 4.260 Ha en el período 2012/13 y por ultimo de 4.000 Ha para el 2013/14 (Informe de Sostenibilidad-Ledesma S.A.A.I., 2010/11).

- **Riego por goteo con energía gravitacional**

El riego por goteo permite maximizar el aprovechamiento del agua y también sustituir el uso de fuentes de energías no renovables por energía gravitacional y renovable, con eficiencias del uso del agua que están alrededor del 92%.

La energía gravitacional se obtiene cuando el agua se encuentra en un punto topográfico alto, permitiendo generar energía hidráulica para el funcionamiento de todo el sistema.

Está en proyecto del ingenio para los próximos años, instalar sistemas de riego por goteo en más de 30.000 Ha (Informe de Sostenibilidad-Ledesma S.A.A.I., 2010/11).

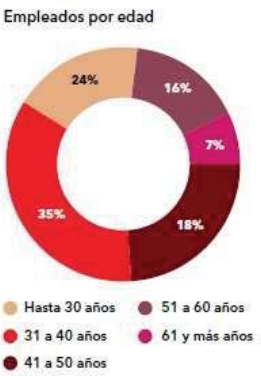
IV) Personal Ocupado

Por su gran dimensión, la industria del azúcar tiene una gran demanda de mano de obra. Los trabajadores son de carácter permanentes o temporarios; estos últimos son denominados comúnmente “peones golondrinas” ya que solamente son contratados en la época de zafra. Los trabajadores emigran de todo el país, como se muestra en la tabla 2, en la cual puede observarse que la mayoría de ellos provienen de la misma provincia y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Informe de Sostenibilidad, 2010/11).

Tabla 2: Caracterización del personal ocupado.

Empleados	Julio 2010	Julio 2011
Cosecheros	1.215	1.136
Permanentes	3.615	3.795
Temporarios	2.963	2.920
Total	**7.793**	**7.851**

Empleados por localización	Julio 2011	
Jujuy	6.382	81,3%
CABA	492	6,3%
San Luis	447	5,7%
Salta	265	3,4%
Provincia de Buenos Aires	167	2,1%
Entre Ríos	46	0,6%
Mendoza	14	0,2%
Bahía Blanca	11	0,1%
Rosario	11	0,1%
Tucumán	11	0,1%
Córdoba	6	0,1%
Total	**7.851**	**100,0%**



Fte: Ledesma S.AA.I. (2010/11).

V) Situación Ambiental en el Ingenio

El Ingenio Ledesma procura alinear su crecimiento económico con el progreso social y el cuidado del medio ambiente, ya que su política empresarial toma en cuenta todas las dimensiones que comprende un desarrollo sustentable, conformando la esencia de la Responsabilidad Social Empresaria (Informe de Actualización de Impactos Ambientales-Ledesma S.A.A.I., 2010).

Para lograr este objetivo, Ledesma concentra sus esfuerzos en la preservación de la biodiversidad y en la incorporación de nuevos procesos y tecnologías buscando de esta manera la eco-eficiencia y la producción sustentable.

Con respecto al ámbito social, la empresa contribuye al desarrollo de las comunidades donde opera a partir del dialogo y la colaboración. En este marco, se pueden mencionar los siguientes antecedentes que de alguna manera mantienen relación con la política socio-ambiental de la empresa, directa o indirectamente (Informe de Actualización de Impactos Ambientales-Ledesma S.A.A.I., 2010):

- Estudio de Situación Ambiental Ledesma S.A.A.I. Diciembre 2007.
- El Programa de Inclusión Social.
- Programa de Desarrollo de Proveedores Locales.
- Taller de Redes de Desarrollo de Jujuy.
- Plan de Ordenamiento Territorial de todas las tierras de la empresa en la Provincia de Jujuy, creando zonas de reserva privada para un crecimiento compatible con el cuidado del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales.
- Pacto Global: LEDESMA S.A.A.I. forma parte del Grupo Promotor en la Argentina (Derechos Humanos, Ámbito Laboral, Medio Ambiente).
- Plan de monitoreo Ambiental. Elaboración de un plan de Monitoreo Ambiental que permitirá evaluar el desempeño Ambiental de las zonas transformadas como las áreas de reserva de la Empresa.
- Certificado de Aptitud Ambiental Provincial.
- Fu.Ju.De.S.: Boletín de la Fundación.
- Campaña de Prevención del Dengue en El Talar.
- Programa de Reciclado de Papel de la Fundación Garrahan.

- Programa de sistematización de suelos e instalación de drenajes subterráneos.
- Sistema de cosecha en verde que pasó de 11% a 58% del total y 100% de las áreas lindantes con centros poblados.
- Mejora continua de sistemas de riego.
- Reutilización de gran parte de sus residuos (fibra y médula de caña, licor negro, melaza) para la producción energética y de bienes.
- Cuenta con un Sistema Integral de Tratamiento de Efluentes Líquidos.
- Realiza recolección diferenciada de residuos, permitiendo un mayor reciclaje y una adecuada disposición final.
- Entre los años 2003 y 2004 se instalaron sistemas lavadores de gases en las calderas, mejorando sensiblemente los efluentes gaseosos.

1.2 Descripción de las actividades de producción industrial

Tipo de actividad industrial desarrollada por el Ingenio Ledesma

En Jujuy, el Ingenio Ledesma posee 40.000 Ha de campos de caña de azúcar y 2.000 Ha destinadas a la plantación de cítricos, paltas y mangos. Además, posee fábricas de azúcar, alcohol, celulosa, papel y una planta de jugos concentrados (Informe de Sostenibilidad Ledesma S.A.A.I., 2010/11).

El Ingenio posee una planta de molienda húmeda de maíz que se encuentra en la sede de Glucovil Argentina S.A., provincia de San Luis. También se encarga de la producción de jarabe de fructuosa, glucosa, almidones y otros subproductos de dicha molienda, y por otro lado de la fabricación de cuadernos, repuestos escolares y papelería comercial (Informe de Sostenibilidad Ledesma S.A.A.I., 2010/11).

Entre las principales actividades industriales desarrolladas en el Ingenio Ledesma podemos mencionar:

1.2 A) Producción de azúcar

1.2 B) Producción de papel

1.2 C) Producción de jugos y frutas

1.2 D) Producción agropecuaria

1.2 E) Producción de alcohol

1.2 A) Producción de Azúcar

La caña de azúcar pertenece a la familia de las gramíneas y dentro de estas al género Saccharum, el cual está compuesto por seis especies*: S. spontaneun*, *S. robustum, S. barberi, S. sinensi, S. edule y S. officinarum.* Para producir azúcar comercial se utiliza un derivado de la combinación de estas especies, predominando las características de *S. officinarum.*

Durante el período de crecimiento la caña de azúcar necesita altas temperaturas, en tanto que, en el período de maduración la temperatura debe ser baja; mientras mayor sea esta amplitud térmica, mayor calidad de jugo se obtendrá. La precipitación anual adecuada para este cultivo es de 1.500 mm bien distribuida durante el período de crecimiento (nueve meses). La caña necesita la mayor disponibilidad de agua en la etapa de crecimiento y desarrollo,

durante el período de maduración esta cantidad debe reducirse, para restringir el crecimiento y lograr la acumulación de sacarosa.

La luz también es un factor determinante para la producción de caña, debe tener una gran intensidad, ya que influye en su crecimiento y en la producción de azúcares y su grado de pureza. Este cultivo se adapta a gran cantidad de suelos; preferentemente ricos en materia orgánica, profundos y de topografía plana, con un pH entre 5,5 y 7,5 (Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola, 1991).

Ledesma posee 40.000 Ha bajo cultivo en la provincia de Jujuy, con cuidadosos manejos tanto de la tierra como del agua, por parte de los productores para mejorar la productividad y conservar los recursos naturales. El Ingenio produce alrededor de 328.554 Tn de azúcar propia por año y 354.430 Tn de azúcar total, incluyendo refundición de azúcares a terceros. Como subproducto del azúcar, se obtiene melaza a partir de la cual se fabrican 41.491 kl de alcohol y 25.296 kl de bioetanol (Informe Sostenibilidad Ledesma S.A.A.I., 2010/11).

La cantidad de personal empleado en esta fábrica es de 3.273 personas, trabaja con 889 empresas proveedoras y se abastecen a 742 clientes industriales.

Según la entrevista realizada a Arturo Blanco, zootécnico del Ingenio, al cual se le consultó sobre la producción de azúcar, comento que: "la zafra se realiza de forma mecanizada, luego de ocurrida la maduración de la caña, entre 12 y 14 meses luego de realizada la siembra. La cosecha se conduce a la fábrica de azúcar por medio de equipos de transporte (figura 16). En dicha fábrica tiene lugar la fase inicial que consiste en el muestreo, pesaje y limpieza de la caña (en seco o con agua); luego el material es trasladado a las picadoras y a los molinos.

Figura 16: Imagen de una cosechadora operando en el periodo de zafra.
Fte: Ledesma S.A.A.I. (2010).

Las plantas que intervienen en el proceso de producción de azúcar son las siguientes (Estudio de Situación Ambiental - Ledesma S.A.A.I., 2007):

I) Planta de molienda:

El proceso se inicia con la recepción de la caña proveniente de campo, en las mesas de alimentación de la planta de molienda. Posee tres unidades de molinos o trapiches que se encargan de extraer el jugo de caña y operan en forma independiente, con una producción media de 23.000 Tn de caña molida por día.

En el curso de alimentación, la caña pasa la zona de preparación que posee algunas etapas de desmenuzado, ya sea por cuchillas rotativas y/o unidades desfibradoras, para facilitar la extracción de jugo desde las fibras.

En 2005 se instaló una torre de intercambio calórico que permitió reducir el consumo de agua y la cantidad de efluentes producidos.

Como residuo de este proceso se obtiene el bagazo, material fibroso con gran contenido de humedad. Representa entre el 20 y 45% del total de materia procesada, dependiendo del contenido de fibra de la caña y la eficiencia en la extracción del jugo (Pernalete et al., 2008). Se emplea en las calderas para la producción de vapor y generación de energía eléctrica, que atiende las necesidades de la planta. En algunos casos se generan excedentes que abastecen el consumo de energía de la región.

En 2007 se adicionó un sistema de trash de caña de fábrica, que permite el aprovechamiento de este combustible renovable y permite una mejor limpieza de la caña a ser molida.

Los efluentes producidos son utilizados para riego de campo, previamente diluidos.

Los residuos sólidos se aplican en las áreas de cultivo, a través del riego de caña, o para producción de compost o relleno de suelos aptos para el cultivo de caña.

El vapor es utilizado para otros procesos de menor demanda calorífica.

II) Planta de crudo:

Esta planta recibe el jugo proveniente de la molienda, y procede a las siguientes etapas:

- **Clarificación:** se separan los barros provenientes de tierras que ingresan al sistema juntamente con la caña.
- **Evaporación:** se extrae agua hasta alcanzar un melado de 65-70ºBrix (concentración de sólidos-solubles).
- **Cristalización evaporativa (tachos de cocimiento):** se busca formar los cristales de azúcar, los cuales están integrados en la masa cocida que es el producto del tacho.
- **Cristalización por enfriamiento (cristalizadores):** se busca el crecimiento de granos de azúcar dentro de la masa cocida.
- **Centrifugación:** se separan las mieles de la masa cocida de los cristales de azúcar afinado, que constituyen el producto principal de la planta. Además, se obtiene una miel fina, la cual es denominada melaza y constituye la materia prima de la fábrica de alcohol.

En la planta de crudo, se producen dos efluentes: corriente de salida de agua clara y corriente de salida con cachaza, que es un residuo físicamente esponjoso, amorfo, de color oscuro que absorbe grandes cantidades de agua; es rico en fosforo, calcio, nitrógeno y pobre en potasio (Zérega, 1993). Ambas se utilizan para regar cultivos de caña de azúcar; siendo importante esta acción porque especialmente la cachaza permite la restitución de los nutrientes y materia orgánica de las áreas agrícolas.

Otros residuos derivados de este proceso son el ácido clorhídrico y la soda cáustica, provenientes del lavado de los equipos y de resinas de intercambio; las cuales son tratadas en un sistema adecuado con la posterior descarga a un cuerpo receptor (Río San Francisco).

Los productos condensados de la etapa de cocimiento son utilizados para riego y como agua de imbibición en molienda.

III) Planta de refinería:

Esta planta recibe azúcar afinado, lo refunde con agua caliente, lo clarifica, lo evapora, lo vuelve a cristalizar en cocimientos evaporativos y cristalizadores de enfriamiento, los centrifuga, lo seca, y lo tamiza para finalmente entregar el azúcar refinado en silos a la planta de embolsado y fraccionado.

Las tres áreas principales del proceso son:

- Refundición, clarificación y filtración
- Evaporación, cocimientos y centrifugas
- Transporte, secado y ensilado

En este proceso, se producen barros y espumas provenientes del desendulzado, y que luego son utilizadas como agua de riego.

IV) Planta de embolsado y fraccionado:

Esta planta posee cuatro sectores:

- **Pulmones:** como residuos se producen bolsones de BigBag, plástico y bolsas de papel y rafia.
- **Embolsado:** produce bolsas de papel y bolsas de rafia con polietileno y sin polietileno.
- **Fraccionado:** los residuos generados son papel y plástico.
- **Reenvasado:** están presentes papel, plástico y precintos metálicos.

Los residuos producidos durante estos procesos son llevados al predio de transición para su recuperación y venta.

En la siguiente figura se observa un resumen del proceso de fabricación de azúcar:

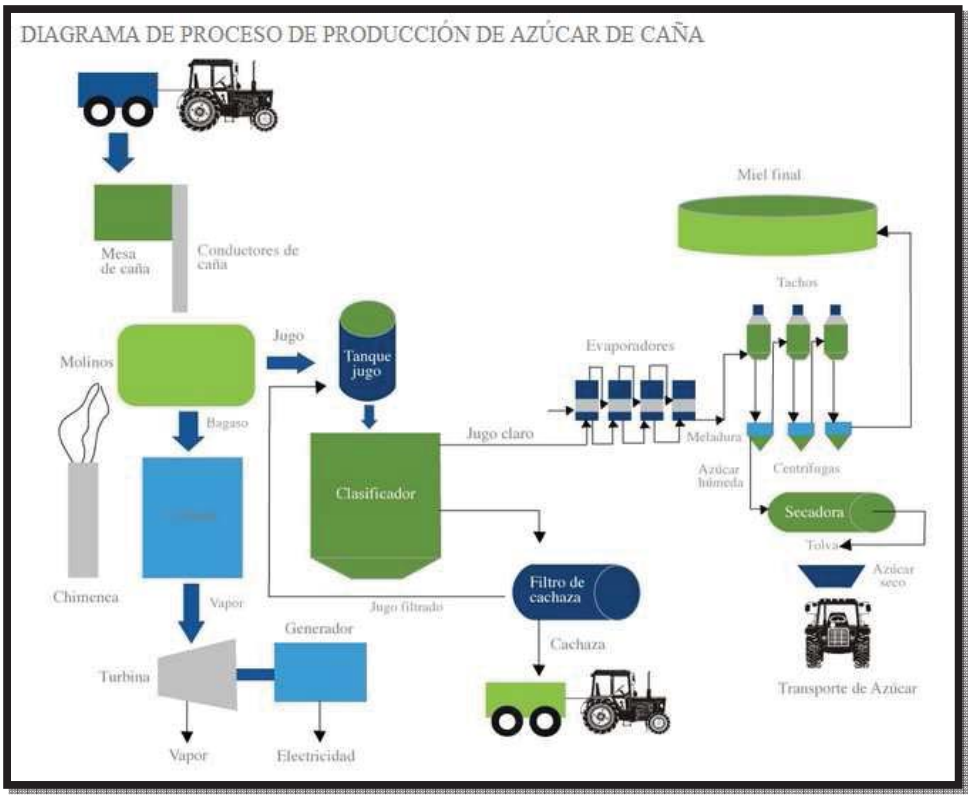


Figura 17: Diagrama del proceso productivo del azúcar. **Fte:** Ingenio El Viejo (2013).

En Ledesma se producen y comercializan los siguientes productos derivados del azúcar:

- Azúcar COMÚN TIPO A: es obtenida por procesos de purificación y cristalización a partir de la caña de azúcar.
- Azúcar COMÚN TIPO A "Granulometría Controlada": Para aplicaciones especiales donde el tamaño de partículas es importante, o se debe mesclar con otra materia prima.
- Azúcar BLANCO REFINADO: es altamente pura, es decir entre 99,8 y 99,9% de sacarosa.
- Azúcar FARMACOPEA (CPL): para producción de jarabes.
- Azúcar MEZCLA CON CLORULO DE SODIO (0.2% y 0.5%).

- Azúcar MEZCLA CON ÁCIDO CÍTRICO.
- Azúcar GRADO 1 CHILE.
- Azúcar MERCADO MUNDIAL.
- Azúcar EXTRA BLANCO FRACCIONADO.

En el mercado interno, existen 10 millones de consumidores con 132 millones de paquetes de 1 kg de Azúcar Ledesma, con un consumo estimado de 13 kg/hab por año. De la producción total de azúcar, el 43% se comercializa a supermercados e hipermercados.

1.2 B) Producción de papel

Figura 18: Ingreso a la fábrica de papel de Ledesma, Jujuy.
Fte: Ledesma S.A.A.I. (2010).

En Ledesma, se utiliza como materia prima la fibra de caña de azúcar para la producción de papel (figura 18). Esta fibra es batida y mezclada con agua; cuando se escurre el agua queda una lámina de fibras entretejidas.

Esta técnica es considerada una alternativa renovable, ya que el 90% del papel utilizado a nivel mundial se hace a partir de fibra de madera; sin embargo en Argentina el 47% del papel se realiza con fibras alternativas y renovables, como es la de caña de azúcar (Informe de Sostenibilidad Ledesma S.A.A.I., 2010/11).

En la actualidad el proceso se realiza en máquinas especialmente diseñadas, lo que permite facilitar la fabricación de papel al mecanizar la etapa de moldeo a mano.

La Compañía cuenta con una planta en Villa Mercedes (San Luis), destinada a la producción de cuadernos, repuestos escolares y papelería comercial. Recientemente se incorporó una planta de papeles encapados para la producción de papel, ilustración y etiquetas; lo que permitió convertir a Ledesma en el principal productor de papel para impresión y escritura en el país, con un promedio de 105.000 Tn anuales de papel (40% de la producción nacional).

Las principales líneas de producción de la fábrica son las siguientes (Estudio Situación Ambiental Ledesma S.A.A.I., 2012):

- Bobinas y resmas grandes de papel obra, blanco y de color, para la industria gráfica.
- Resmas pequeñas de papel obra, blanco y de color, para uso comercial (fotocopias, impresión láser y a chorro de tinta, impresión offset y fotoduplicación).
- Formularios continuos para impresoras de matriz de puntos e impresión láser y offset.
- Repuestos y cuadernos escolares y papelería comercial.
- Resmas planas de papel ilustración y etiqueta, para uso de la industria gráfica.

Este sector del complejo cuenta con un proceso de selección de proveedores que está definido en el Plan de Calidad del Área Compras, en el marco del Sistema de Gestión de Calidad.

1.2 C) Producción de Jugos y Frutas

Ledesma posee 2.000 Ha en la zona de Calilegua y tierras fértiles de la provincia de Jujuy con plantaciones de naranja, mandarina, pomelo, limón, mango y palta; las cuales se riegan a través de sistemas de riego localizado.

Además cuenta con una planta de empaque de fruta fresca, certificada a través de ISO 9001:2000 y EUREPGAP, lo que permitió la entrada de sus productos en los mercados más exigentes, como son los de la UE, Rusia, Medio y Lejano Oriente.

Ledesma también abastece al mercado interno y es el principal productor y exportador de naranjas de Argentina.

En 1990 introdujo, como complemento a esta actividad, una planta de jugos concentrados y aceites esenciales.

Actualmente se producen en el complejo unas 32.413 Tn de fruta envasada y aproximadamente 5.232 Tn de jugos concentrados. Para este sector trabajan unas 2.429 personas.

La producción de jugos y frutas cuenta con diversas certificaciones, entre las que destacan (Informe de Sostenibilidad – Ledesma S.A.A.I., 2010/11):

- ISO 9001:2008: Normas que especifican los requisitos para un Sistema de Gestión de la Calidad.
- GLOBALGAP: Estándar mundial que asegura las buenas prácticas agrícolas.
- Tesco Nature's Choice (nivel Oro): Estándar privado perteneciente a la cadena de supermercados británica TESCO, el cual se utiliza como referencia para aquellos proveedores a nivel mundial.
- HACCP (acrónimo que español significa Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control critico): es una herramienta que asegura la inocuidad de los alimentos.
- Dutch Standard y SGF (Sure Global Fair): Normas con valores de referencia para la concentración de los contaminantes en el medio ambiente.
- International/IRMA (International Raw Material Assurance): comercializa y distribuye fertilizantes y servicios relacionados.

1.2 D) Producción agropecuaria

La actividad agropecuaria tradicional de Ledesma se desarrolla en su empresa controlada La Biznaga S.A., que reúne cuatro establecimientos que abarcan en conjunto 51.534 Ha:

- **La Biznaga:** 5.662 Ha en Roque Pérez (Buenos Aires).
- **La Bellaca:** 8.132 Ha en 25 de Mayo (Buenos Aires).
- **Magdala:** 10.927 Ha en Pehuajó (Buenos Aires).
- **Centella:** 26.813 Ha en Gualeguaychú (Entre Ríos)

La producción ganadera se realiza en pasturas permanentes y montes naturales, conviviendo en forma simultánea con la flora y la fauna autóctonas.

Por año se producen aproximadamente 1.646.045 Kg de carne y 201.205 Tn de granos (figura 19). Todos los productos se encuentran certificados y avalados por los protocolos de buenas prácticas agrícolas.

El negocio agropecuario de Ledesma abastece a 90 empresas clientes, las cuales son fabricantes de alimento balanceado para aves, de aceites y harinas de calidad, y exportadores directos de granos (Informe de Sostenibilidad – Ledesma S.A.A.I., 2009/10).

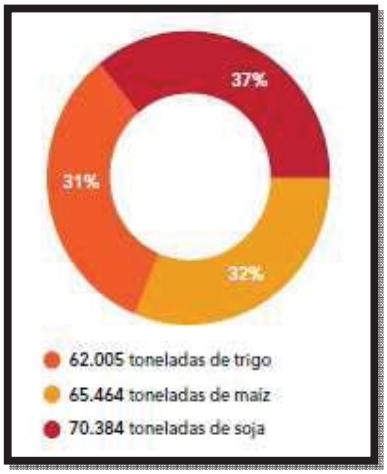


Figura 19: Producción de granos 2010/11.
Fte: Ledesma S.A.A.I. (2010/11).

1.2 E) Producción de alcohol

La fermentación alcohólica es un proceso anaerobio, en el cual las levaduras y algunas bacterias descarboxilan el piruvato obtenido de la glicólisis y producen acetaldehído, que luego se reduce a etanol por la reacción de NADH2:

$C_6H_{12}O_6$ ———-> 2 CH_3CH_2OH + 2 CO_2 (1)

Glucosa ——> 2 Etanol + 2 Dióxido de carbono (2)

Esta ecuación es conocida con el nombre de Ecuación Gay-Lussac. El balance energético de la misma es expresado de la siguiente manera:

$C_6H_{12}O_6$ + 2 ADP + 2 H_3PO_4 —> 2 CH_3CH_2OH + 2 CO_2 + 2 ATP + 2 H_2O (3)

De acuerdo a esta ecuación, la transformación de azúcar en fermentación alcohólica posee entre un 85 y 90% de rendimiento con relación a la cantidad máxima teórica.

Las cepas de levadura más empleadas para la fabricación de etanol son las correspondientes a la especie *Saccharomyces cerevisiae*, la cual necesita total ausencia de oxigeno durante su proceso metabólico para producir alcohol de manera correcta. Este efecto es denominado "Efecto Pasteur" (Villafañe, 2009).

El sistema más utilizado para la fabricación de alcohol es el proceso de "Melle-Boinot", y es el que precisamente emplea Ledesma. Este sistema se divide en tres fases:

I) **Fase preliminar:** período de adaptación de la levadura al nuevo medio (mosto); la producción de alcohol y levadura durante esta etapa es muy baja. Dura entre 0.5 a 3hs.
II) **Fase intensa:** durante este período se intensifica la producción de etanol debido al aumento en la cantidad de levadura, que es determinada por la temperatura a la cual fermenta y a la cantidad de azúcar presente en el mosto. Dura de 3 a 20hs, dependiendo de la concentración inicial de levaduras, su calidad, cantidad y la calidad de sales.
III) **Fase final:** en ella la producción de etanol es pequeña, debido a que ya no hay más multiplicación celular. Puede llevar de 2 a 6hs.

Durante este proceso los azúcares se transforman en alcohol, con una intensa producción de gas carbónico y otros productos secundarios. Al terminar la fermentación el tenor medio de alcohol es de 7% a 10%, recibiendo el nombre de "vino fermentado".

Posterior a la fermentación, se obtiene un vino con compuestos líquidos, sólidos y gaseosos. Entre los líquidos encontramos: 7º a 10º de graduación alcohólica (Gl) (% en volumen), además de agua con gran contenido de glicerina, alcoholes homólogos superiores, furfural, aldehído acético, ácidos succínico y acético. Los sólidos más imperantes son los bagacillos, levaduras y bacterias, azúcares no fermentables, sales minerales y materias albuminoides. Los componentes gaseosos son, principalmente, CO_2 y SO_2 (Villafañe, 2009). Los componentes finales de la fermentación se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 3: Especificaciones fisicoquímicas.

SPECIFICACIONES FISICOQUÍMICAS	Superior	Especial
Grado Alcohólico (mínimo)	96,0	96,0
Acidez (como Acido Acético) (mg/L)(máx.)	18	30
Esteres (como Acetato de Etilo) (mg/L) (máx.)	40	100
Aldehídos (como Acetaldehído) (mg/L) (máx.)	10	20
Alcoholes Superiores (como i-butanol) (mg/L) (máx.)	7	30
Reacción Barbet (minutos a 15ºC) (mín.)	20	9
Metanol (mg/L) (máx.)	95	200
Benceno (mg/L) (máx.)	NC	NC
Furfural (mg/L) (máx.)	0,1	1
Miscibilidad en Agua (Tyndall)	No enturbia	No enturbia
Extracto Seco (mg/L) (máx.)	14	14
Color	Incoloro	Incoloro
Olor suave, característico,	Neutro	Casi neutro
Sabor	Ardiente	Ardiente
Protocolo requerido	Sí	Sí

Fte: Ledesma S.A.A.I. (2010).

Al ser el vino obtenido de composición tan heterogénea, es necesario realizar una destilación del mismo, que permita separar sus componentes sólidos, líquidos y gaseosos, de acuerdo a su punto de ebullición, a través de métodos de vaporización y condensación.

En el complejo Ledesma este proceso se lleva a cabo en columnas sucesivas, donde el etanol es separado del vino, eliminándose a su vez impurezas como ésteres y aldehídos. En la cima de la primera columna, se precalienta el vino a unos 90ºC, dando lugar a la depuración y

eliminación de sustancias; su principal residuo es la **vinaza** que queda al fondo de las bandejas. Luego, se produce una condensación de los vapores de esta columna, los cuales son enviados a la siguiente para continuar con su depuración (Villafañe, 2009).

A medida que ascienden los vapores en la columna se tornan más ricos en alcohol. En un sector de la misma los vapores alcohólicos entran en contacto con cobre, lo que permite catalizar y depositar productos sulfurados, que producen mal olor en el alcohol; además se remueven las impurezas, las cuales son concentradas en zonas apropiadas y drenadas para evitar alcohol mal gusto.

Una última columna rectifica y concentra la mezcla hidro-alcohólica hasta 96º GL, obteniéndose el producto final, listo para ser comercializado (Villafañe, 2009).

En la siguiente figura, se muestra el proceso productivo del etanol:

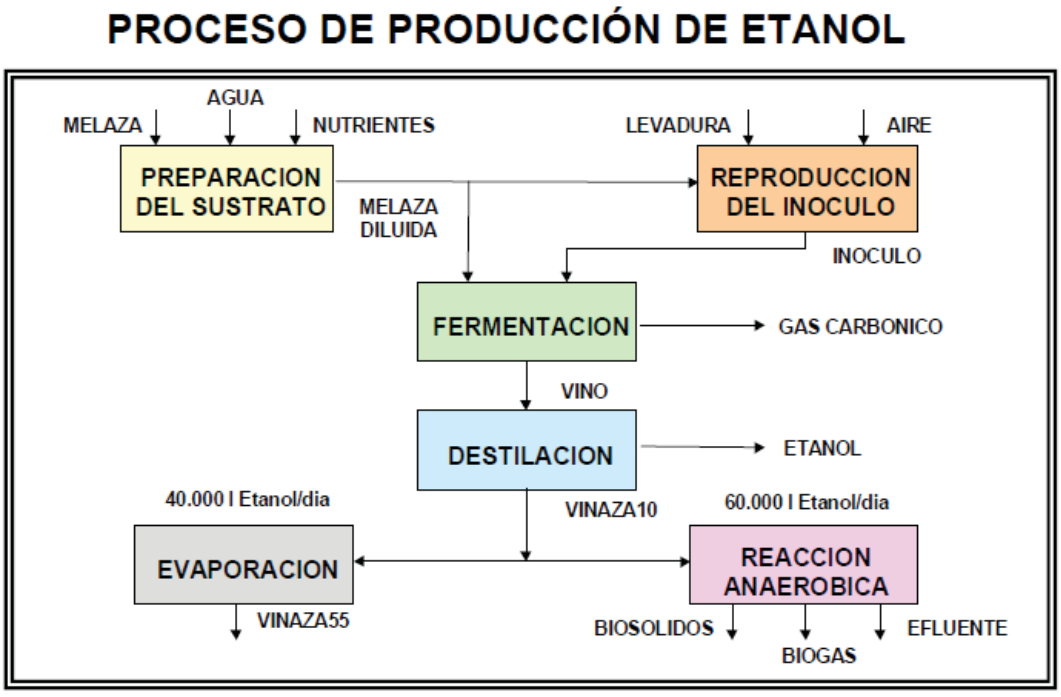


Figura 20: Proceso de producción del Etanol. **Fte:** Quintero et al. (2008).

La producción de alcohol es destinada a empresas licoristas, laboratorios de especialidades medicinales, sector perfumista e industria química. Sus principales productos comerciales son (Estudio de Situación Ambiental - Ledesma S.A.A.I., 2007):

- Alcohol Buen Gusto (Superior y Especial): alcohol etílico puro, se utiliza para licorerías, farmacias y perfumerías.
- Alcohol Mal Gusto: se compone de éteres, aldehídos y alcoholes superiores. Se destina a desnaturalizar y para uso industrial (líquidos para frenos, barnices, etc.).

Otra utilidad interesante de la fermentación alcohólica es la producción a gran escala de bioetanol a partir de biomasa. Éste supone una alternativa competitiva y más limpia al uso de combustibles fósiles como el petróleo. Un inconveniente de este proceso, es la gran generación de CO_2, el cual impacta directamente sobre el medio ambiente ya que contribuye al cambio climático, y por esa razón debe de ser controlado. En el período 2010/11, el volumen de producción fue de 25.296 kilolitros de bioetanol (Villafañe, 2009).

En definitiva, se puede concluir que la fermentación alcohólica es un proceso biológico ampliamente utilizado en la industria, ya que se ve implicada en la elaboración de productos esenciales en la alimentación, así como en el desarrollo de biocombustibles.

1.2 F) Normativas Provinciales acatadas por el Ingenio Ledesma

Es importante destacar que la producción de azúcar y alcohol del Ingenio Ledesma se encuentra sujeta a las siguientes normativas provinciales, que se visualizan en la tabla 4:

Tabla 4: Normativas provinciales vigentes.

Ambiente en general	Art. 22: Derecho a un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado
	Art. 43 inc. 5) Deberes de las personas
	Ley Nº 4711/93: Adhesión al Consejo Federal del Medio Ambiente
	Ley Nº 4730/83: Aprueba el Pacto Federal Ambiental
	Ley Nº 5063/98: General de Medio Ambiente
	Ley Nº 5200/00: Orgánica del Poder Ejecutivo
	Ley Nº 3866/82: Defensa del patrimonio arqueológico, paleontológico, paleo antropológico e histórico de interés científico
	Ley Nº 3706/80: Adhesión a la Comisión Nacional de Museos y de Monumentos y Lugares Históricos
	Dec Nº 3157/01
	Dec Nº 5817/06: Creación del Ministerio de Producción y Medio Ambiente
	Dec Nº 5606/02: Infracciones y Sanciones
	Dec Nº 5980/06: Reglamento EIA
	Dec Nº 6002/06: Creación del Registro Provincial de Generadores, Transportistas y Operadores de Residuos Peligrosos, Industriales y de Servicios, y el Registro Provincial de Residuos Patogénicos.
	Dec Nº 6018/06
	Dec Nº 2026/00
Emisiones Gaseosas	Ley Nº 3643/79: adhiere a la aplicación del régimen de la Ley Nac. Nº 20.284 sobre la preservación de los recursos del aire.
	Ley Nº 5001/97: Adhesión a la ley nacional Nº 24051
	Dec Nº 5980/06 (Ver del Anexo I el Anexo III)
	Res Nº 754/85
	Res Nº 46/85

Efluentes líquidos	Código de aguas (Ley Nº 161 Modificada por Ley Nº 4396)
	Ley Nº 4090/84: De Administración de Recursos Hídricos y Régimen de Servicios de Agua, Saneamiento y Energía
	Ley Nº 5011/97: Adhesión a Ley Nacional N° 24.051 "Residuos peligrosos, generación, manipulación, transporte y Tratamiento"
	Ley Nº 5063/98: Ley General de Medioambiente
	Ley Nº 4396/88: Modificación del Código de Aguas de la Provincia
	Dec Nº 5980/06 (ver del Anexo I el Anexo IV)

Gestión de Residuos Sólidos, Peligrosos e Industriales	Ley Nº 5011/97: Adhesión a Ley Nacional N° 24.051 "Residuos peligrosos, generación, manipulación, transporte y Tratamiento"
	Ley Nº 5063/98: Ley General de Medioambiente
	Dec Nº 6002/06 : Reglamentario leyes Nº 5063 y Nº 5011
	Res Nº 168/06: Habilitación del Registro Provincial de Generadores, Transportista y Operadores de Residuos Peligrosos y el Registro Provincial de Residuos Patogénicos.
	Res Nº 220/05: Se autoriza el formulario de Manifiesto de Generación, Transporte y Operación de Residuos Peligrosos de carácter obligatorio.

Gestión de Residuos Domiciliarios	Ley Nº 5063 Arts. 130 a 134: Régimen integral de gestión de residuos – Sitios de disposición final – Autoridad de aplicación - Prohibiciones

Sustancias Químicas	Ley Nº 5063/98 Arts. 127 a 129: Autoridad de aplicación y elaboración de la normativa – Prohibición de introducción de residuos a la provincia – Empleo de sustancias tóxicas
	Ley Nº 5410/04: Eliminación de PCBs
	Dec Nº 6018/06 : Reglamentario de PCBs
Residuos Patógenos	Dec Nº 6003/06
Sanidad Vegetal	Ley Nº 3240/75
	Dec Nº 1572/77
Uso del Agua	Constitución Provincial Art. 75: Corresponde a la Provincia reglar el uso y aprovechamiento de todas las aguas de su dominio y de las privadas.
	Código de aguas (Ley Nº 161 Modificada por Ley Nº 4396/88)
	Ley Nº 4090/84: De Administración de Recursos Hídricos y Régimen de Servicios de Agua, Saneamiento y Energía
	Ley Nº 4396/88: Modificación del Código de Agua de la Provincia
	Ley Nº 4530/90: Fija sanciones por contaminación de recursos hídricos.
	Ley Nº 4937/96: De Superintendencia de Servicios Públicos y otras Concesiones (SUSEPU)
	Ley Nº 3776/81
	Ley Nº 3843/81
	Dec Nº 2186/88 Dec Nº 2816/88

	Dec Nº 5937/88
	Dec Nº 2091/94: Instrumentos públicos.
	Dec Nº 3218/95: Instrumentos públicos. Creación de Sociedad.
	Dec-Acuerdo Nº 1842/97
	Res Nº 344/88: Gestar una acción de control que regularice el otorgamiento de conexiones

Flora y Fauna	Ley Nº 3011/73: Se declara de interés público la protección , conservación, restauración y propagación de todas las especies de la fauna íctica, autóctona o exótica que temporal o permanente habitan el territorio de la provincia o lugares sometidos a su jurisdicción, en ambientes naturales o artificiales.
	Ley Nº 5063 (Arts. 104 a 111): Sección V Flora.
	Ley Nº 4542/90: Protección del Árbol.
	Dec Nº 5096/75: Ley de Caza.
	Dec Nº 10003/73
	Dec Nº 3807/74
	Dec Nº 676/72: Reglamentación de Aprovechamientos Forestales y Diámetros Mínimos de Corta.
	Dec Nº 5113/78: Modifica el Dec Nº 676/72
	Dec Nº 2663/85: Regula el uso del fuego mediante Quema controlada, para eliminar la vegetación.
	Res Nº 568/84: Reglamentación de desmontes.
	Res Nº 76/2002: DPRNyMA

Fte: Ledesma S.A.A.I. (2007).

1.2 G) Caracterización de la vinaza

Como se nombró anteriormente, los principales residuos de la producción sucro-alcoholera son la cachaza, el bagazo y la vinaza. En esta instancia, se describe con más detalles las características de la vinaza ya que corresponde al tema central del trabajo.

La vinaza es el principal efluente resultante de la fabricación de alcohol. Se produce en una proporción de 13:1, es decir, por cada litro de alcohol se obtienen 13 litros de vinaza. Sin embargo, según Ferreira y Montenegro (1987) esta proporción puede variar entre 10:1 y 15:1, y su graduación alcohólica no supera los 0,05°GL.

Se estima que por una tonelada de caña destinada para la producción de azúcar se obtienen alrededor de 45 Kg de melaza que pueden producir 12 L de alcohol (Orlando, 1991) y entre 30 y 156 L de vinaza según los contenidos de sólidos totales (Briceño, 2006).

La producción de vinaza en el Ingenio Ledesma alcanza los 2.000.000 L/día mientras funciona la destilería (normalmente entre fines de Mayo y principios de Febrero), con un 93% de operatividad (Villafañe, 2009).

I) Características físico/químicas de la vinaza

Figura 21: Imágenes del efluente vinaza. **Fte:** CafePrensa (2011).

Las características de las vinazas varían considerablemente de acuerdo a la materia prima empleada en la producción de alcohol, ya sea proveniente de melaza o jugos de caña; del sustrato empleado en la fermentación, del tipo y eficiencia de la fermentación y destilación; de las variedades y maduración de la caña (García y Rojas, 2006). Según estudios realizados en

Brasil, la vinaza proveniente de melaza presenta los mayores contenidos de materia orgánica y elementos minerales (Gloria y Orlando, 1983).

Sin embargo, se observan características comunes, propias del efluente, que permiten describir a la vinaza como un líquido corrosivo de color oscuro (figura 21), el cual puede variar desde carmelita hasta casi negro, de olor fuerte y dulzón y temperatura cercana a los 100°C. Su pH es medianamente ácido (3,5 a 5), la DBO oscila entre 70 y 80 g/L. Se encuentra compuesta principalmente por agua (en un 93%) y compuestos inorgánicos; entre ellos: potasio, calcio, sulfatos, cloruros, nitrógeno y fósforo; y un 5% de compuestos orgánicos que volatilizan al ser calentados a temperaturas de 650°C (Pérez Bermúdez y Garrido, 2006). Ente los compuestos orgánicos más importantes se encuentran: los alcoholes, ácidos orgánicos y aldehídos. Además, contiene compuestos fenólicos recalcitrantes, como las melanoidinas. También, contiene sulfato de calcio insoluble (2-3%), el cual precipita favoreciendo la impermeabilización de los suelos (Villafañe, 2009).

Tabla 5: Propiedades químicas de la vinaza.

Propiedad	Jugo	Melaza	Mixto de melaza y jugo
N (kg/m3)	0.28	0.77	0.46
2O2 (kg/m3)	0.20	0.19	0.24
K2O (kg/m3)	1.47	6.00	3.6
CaO (kg/m3)	0.46	2.45	1.18
MgO (kg/m3)	0.29	1.04	0.53
SO4 (kg/m3)	1.32	3.73	2.67
Materia orgánica (kg/m3)	23.44	52.04	32.63
Fe (ppm)	69	80	78
Cu (kg/m3)	7	5	21
Zn (kg/m3)	2	3	19
Mn (kg/m3)	7	8	6
pH	3.7	4.4	4.1

Fuente: Gloria y Orlando; 1983.

Fte: Gloria y Orlando, 1983.

Debido a estas características, el efluente posee elevada DBO y DQO, convirtiéndose en un agente perjudicial para el medio ambiente de no ser tratado de manera adecuada. Aunque también, constituye un elemento residual de gran potencialidad dentro de la industria alcoholera, ya que su alta concentración en potasio hace que sea de gran utilidad en los cultivos de caña, los cuales requieren de este nutriente en grandes cantidades (Villafañe, 2009).

En la tabla 5 puede observarse la concentración de los principales componentes de la vinaza, según de qué materia prima provenga la misma.

II) Prevención y/o reducción del impacto que causa la vinaza en el ambiente

Impacto ambiental generado por vinaza de la industria sucro-alcoholera

La vinaza posee un elevado contenido de materia orgánica, lo que provoca que sea altamente contaminante al ser vertida en suelos o cuerpos de agua de manera directa y/o al no realizarse un tratamiento adecuado del efluente, previo a su disposición final.

Los impactos ambientales más significativos asociados a este efluente son los siguientes:

- ✓ Inhibición del proceso de germinación de cultivos, debido a una reducción en la alcalinidad del cuerpo receptor; causando deficiencia de manganeso no recomendable en tierras destinadas a cultivo (González Rodríguez et. al, 2012).
- ✓ Disminución de la producción de oxígeno durante la fotosíntesis de las plantas acuáticas debido a la disposición de vinaza en mantos acuíferos, la cual bloquea la luz solar al ser altamente colorida; produciendo un fenómeno de eutrofización del cuerpo de agua (González Rodríguez et. al, 2012).
- ✓ Disminución de la producción de oxigeno de plantas marinas debido al vertido de vinaza a altas temperaturas; lo que provoca una disminución de la solubilidad de oxígeno en agua (González Rodríguez et. al, 2012).
- ✓ Producción de malos olores, que a su vez tiene un efecto negativo sobre la población incluso a distancias superiores a los 5 Km de la planta generadora del residuo (Perdigón, 2005).

- ✓ Alteración del paisaje, debido al impacto negativo que ejerce sobre el medio biótico (flora y fauna) al ser vertida en cuerpos receptores sin tratamiento previo; lo que afecta al equilibrio del ecosistema, y por tanto al paisaje (Perdigón 2005).
- ✓ Alteración de la estructura urbana y rural debido a la necesidad de realizar obras para su adecuado manejo y disposición (Perdigón 2005).

III) Identificación, descripción y valoración de los principales impactos ambientales del efluente vinaza

Caracterización cualitativa de los impactos (extracto de Estudio de Situación Ambiental simplificado - Ledesma S.A.A.I., 2007)

Los elementos de una actividad que interactúan con el ambiente pueden denominarse **aspectos ambientales.** Cuando estos aspectos se tornan significativos para el hombre y su ambiente, adquieren connotación de **impactos ambientales**. Usualmente, el impacto ambiental se define como el cambio neto en la salud del hombre, en su bienestar o en su entorno, debido a la interacción de las actividades humanas con los sistemas naturales.

Un impacto puede ser negativo o positivo, en tanto que se considera significativo cuando supera los estándares de calidad ambiental, criterios técnicos, hipótesis científicas, comprobaciones empíricas, juicio personal, valoración económica o social, entre otros criterios.

Un impacto se considera negativo cuando se modifica un factor ambiental natural, alterando el equilibrio existente entre éste y los demás factores.

El impacto se considera positivo cuando la alteración del factor resulta favorable al mismo y/o a la interacción de éste con los demás factores.

Cuando la acción interactúa con un factor ambiental determinado pero esa interacción no produce modificación alguna, se considera que el impacto es nulo, habiendo sido clasificado como No Aplicable (N/A).

La metodología utilizada para la identificación y valoración de los impactos es una matriz de doble entrada, donde se identifican relaciones de causa-efecto entre los

componentes y acciones de la generación y manejo del efluente, y los componentes y procesos del medio ambiente receptor.

En el eje horizontal se analizan todas las actividades de generación y manejo del efluente, y en el eje vertical se presenta el "sistema ambiental receptor del impacto", que es concebido como una totalidad que engloba al subsistema natural y socio-económico.

De la totalidad de las interacciones posibles (interacción entre filas y columnas), se identifican solamente los efectos más significativos, considerados como impactos ambientales.

Cada una de estas interacciones se evalúa de acuerdo al carácter de sus consecuencias sobre la calidad del ambiente en cuanto a su signo, perdurabilidad, magnitud y extensión geográfica.

Signo: hace alusión al carácter beneficioso (*positivo*), perjudicial (*negativo*) o nulo (*no aplicable*) de las distintas acciones que van actuar sobre los distintos factores considerados. Los signos positivos o negativos pueden clasificarse en elevado (E), moderado (M) o leve (L).

Perdurabilidad: alude al tiempo que dura el efecto causado por el impacto, pudiendo ser *temporal (T) o permanente (P).* Es necesario aclarar que, tanto en la fase de explotación como en la de cierre, el criterio de permanente se refiere a que la duración del impacto coincida con la duración temporal de la actividad analizada, y temporal a aquellas que se desarrollen en un periodo de tiempo inferior.

Magnitud: se refiere al grado potencial de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico que actúa. La valoración será *leve, moderada o elevada*, implicando desde una afección mínima hasta una modificación total.

Extensión geográfica: respecto de su escala espacial se lo clasificará como *focalizado* (F) cuando la alteración se produce solo en la superficie del proyecto, o *disperso* (D) cuando la modificación afecta al ambiente de un área mayor, es decir, a nivel regional.

Tabla 6: Matriz de Impacto Ambiental – vinaza.

Factores ambientales / Acciones generadoras de impactos			Manejo de caudales de vinaza para riego	Piletas de evaporación	Manejo de caudales de vinaza para recuperación de K
MEDIO AMB	Aire	Generación y emisión de olores y material particulado	N/A	LTF(-)	N/A
		Contaminación por gases	N/A	LTD(-)	N/A
	Agua	Impacto sobre el agua subterránea	N/A	LTD (-)	LTD (-)
		Impacto sobre el agua superficial	N/A	N/A	N/A
	Suelo y Subsuelo	Contaminación del suelo	LTD(-)	N/A	LTD (-)
		Degradación del suelo	LTD(-)	EPF(-)	LTD (+)
ECOLOGIA	Vegetación	Recursos forestales	N/A	N/A	N/A
	Flora y Fauna	Alteración del hábitat para la flora y la fauna	LTD(-)	N/A	N/A
	Paisaje y Estética	Alteración del paisaje	N/A	MPF(-)	N/A
INTERES HUMANO	Salud	Exposición a ruidos	N/A	LTF(-)	N/A
		Exposición a inmisiones	N/A	N/A	N/A
		Presencia de moscas y vectores		MPF(-)	N/A
	Población	Generación de empleos	LPF (+)	LPF (+)	LPF (+)
		Afectación de fuentes de agua potable	N/A	N/A	N/A
		Aumento de la actividad comercial en ciudades cercanas	N/A	N/A	N/A
	Economía	Aumento de la actividad industrial	N/A	LPF(+)	N/A
		Afectación de la actividad turística	N/A	N/A	N/A

Fte: Adaptación de matriz de impacto ambiental Gerencia de fábrica de azúcar y alcohol. Ledesma S.A.A.I. (2013).

Referencias: N/A (No Aplicable); L (Leve); M (Moderado); E (Elevado); P (Permanente); T (Temporal); D (Disperso); F (Focalizado)

En la tabla 6 se evidencia la matriz de aspectos e impactos ambientales generados en las actividades de tratamiento del residuo vinaza.

Como impactos negativos se pueden mencionar:

- Recurso Aire: debido a la emisión de material particulado en la etapa de construcción de las piletas; gases y olores en la etapa de operación como así también emisiones durante las tareas de rascado de la vinaza seca.
  La generación de olores se produce por la fermentación del residuo vinaza; que posee en su composición alta carga orgánica.
- Recurso Suelo: se produce una degradación total por la construcción de las lagunas. Por otro lado, si la adición de K mediante fertiriego o compost no se realiza de manera controlada se puede producir un exceso en la concentración de este nutriente en el suelo.
- Recurso Hídrico: en relación al recurso hídrico, el principal impacto se genera en las lagunas por la posible percolación de las vinazas hacia las capas de agua subterránea. Esta situación está controlada por la adecuada impermeabilización que se realiza del sistema de lagunas y reservorios, y debe ser permanentemente monitoreada. Por otro lado, si no se realiza de manera adecuada la adición de compost o el fertiriego en el suelo, puede haber riesgo de percolación del exceso de K hacia las napas de agua subterránea.
- Paisaje: el sistema de lagunas se ubica al interior de una propiedad privada alejada de posibles observadores, más que los propios trabajadores de la empresa. A pesar de ello, desde el punto de vista de la calidad del paisaje, el sistema implica la introducción de elementos artificiales a la fisonomía del cañaveral, rompiendo su monotonía y estructura visual.
- Salud: debido a las características de la vinaza, su almacenaje en el sistema de lagunas atrae moscas que pueden actuar como vectores de transmisión de enfermedades en las poblaciones cercanas.
  Solo es probable la aparición de ruidos en esta actividad, mientras duren las tareas de construcción, reparaciones o rascado de la vinaza seca y siempre asociado al uso de maquinaria.

Como impacto ambiental positivo, se observa:

- Recurso Suelo: el suelo se ve levemente beneficiado por la recuperación del potasio presente en la vinaza que se utiliza para riego en forma de diluida.

- Población: estas actividades generan empleos por el manejo y tratamiento de los caudales de vinaza.
- Económico: debido a la obtención de resultados positivos de un determinado sistema de tratamiento de un efluente industrial y de bajo costo, favorece y potencia a la industria al resolver un elemento de conflicto.

Los impactos negativos deben ser monitoreados, vigilados y controlados; y pueden ser mitigados con un correcto funcionamiento de los sistemas de tratamientos del efluente realizados actualmente por el Ingenio, que serán descriptos detalladamente a continuación.

Amduni, Jessica
Antonelli, Carolina

1.2 H) Sistemas de tratamientos de efluente vinaza en el Ingenio Ledesma

La vinaza, por su composición y características, es un efluente de difícil tratamiento y potencialmente contaminante de los cuerpos de aguas. Sin embargo, su elevada carga orgánica facilita su manejo y su aprovechamiento. Es posible utilizar el efluente para abono o materia prima para alimento, debido a que no presenta elementos patógenos, metales pesados en concentración elevada, ni componentes tóxicos que impidan su uso ya que por su naturaleza, sus componentes se descomponen a través de procesos microbiológicos, reciclando los elementos minerales (García y Rojas, 2006).

Existen diversos sistemas de tratamiento de la vinaza investigados y puestos en práctica por diversas industrias alrededor del mundo; los mismos poseen diferentes niveles de eficiencia, de acuerdo a la situación particular de cada lugar y dadas las características de vinaza de cada producción (García y Rojas, 2006).

En Ledesma, los tratamientos fueron seleccionados de acuerdo a factores socioeconómicos, ambientales y productivos, que garanticen su viabilidad (Estudio de Situación Ambiental - Ledesma S.A.A.I., 2007):

I) Derivada a piletas de evaporación con el objeto de concentrarla para reducir su volumen, las cuales son utilizadas como reservorio de almacenaje del efluente.

II) Derivada a piletas de evaporación con el objeto de lograr un concentrado sólido para ser dispuesto en pilas de compostaje o directamente a campo.

III) Previamente diluida con el agua derivada desde los procesos de fabricación y aplicada directamente vía riego en el campo (Fertiriego).

I) Piletas de evaporación

Una de las alternativas que está implementando el Ingenio Ledesma para el tratamiento de la vinaza es la evaporación de la misma, con el objeto de producir un residuo seco que pueda utilizarse posteriormente para la producción de compost, junto con otros residuos agrícolas provenientes del Ingenio, entre ellos: cachaza, fibra de bagazo, cáscaras procedentes de la planta de cítricos y trash de cosecha (maloja) (Villafañe, 2009).

La evaporación se realiza en un sistema de lagunas diseñadas para tal fin, conformadas en dos grupos. El primer sistema cuenta con una superficie total de 20,12 Ha y una capacidad de 32.785 m^3. El segundo sistema tiene una superficie total de 23,78 Ha, con una capacidad de 41.958 m^3. La relación volumen/superficie facilita la evaporación.

Las lagunas (figura 22 y 24) están diseñadas sobre terreno natural arcilloso recompactado para alcanzar valores de permeabilidad adecuados (k<1x10-7 cm/seg) y poseen una capacidad de almacenamiento que dobla la capacidad de trabajo, para tratar posibles contingencias. En total, cuenta con capacidad para almacenar 50.000 m^3 c/u de vinaza, teniendo en cuenta las lagunas y dos reservorios alternativos (Villafañe, 2009).

Es un proceso de carácter estrictamente físico, que funciona por acción de la gravedad, mediante canales que conectan la fábrica con los sistemas de laguna (figura 23). Se lleva a cabo durante el período de la zafra, aprovechando las condiciones climáticas de la región que permiten la evaporación debido a la fuerte insolación y la baja humedad relativa; y finaliza al iniciar la temporada de lluvias. El promedio de evaporación del contenido de las lagunas es a razón de unos 4 mm por día (Villafañe, 2009).

Al evaporarse el agua, la vinaza que resta es levantada a través de un "rascado superficial" con pala cargadora y almacenada para su posterior uso. El residuo sólido obtenido posee propiedades aptas para la producción de fertilizantes; los mismos cuentan con una concentración aproximada de 1,5% p/p de nitrógeno, 4% p/p de potasio, 0,2% p/p de fósforo y un 23% de materia orgánica (Informe de Sostenibilidad – Ledesma S.A.A.I., 2010/11).

Las ventajas de este sistema es que al tratar con un producto sólido y seco resulta más manejable, disminuyendo los potenciales riesgos ambientales, que derivan de la vinaza en su estado líquido. Además el producto resultante puede utilizarse como fertilizante orgánico, reemplazando la urea, de origen inorgánico (Informe de Sostenibilidad – Ledesma S.A.A.I., 2010/11).

Figura 22: Piletas de evaporación del Ingenio Ledesma. **Fte:** Ledesma S.A.A.I.

Figura 23: Canal de conducción de la vinaza.

Fte: Ledesma S.A.A.I. (2010/11).

Figura 24: Piletas de evaporación

Fte: Ledesma S.A.A.I. (2010/11).

II) Compostaje

El compostaje no es aplicable a la vinaza líquida, ni concentrada; pero la misma puede ser añadida al proceso de compostaje de otros residuos. El sustrato principal de los compostajes en ingenios azucareros es la cachaza, el proceso permite reducir su humedad, peso y volumen; facilitando su transporte y aplicación.

En el Ingenio Ledesma se adiciona la vinaza a través de su evaporación y posterior recolección de los residuos sólidos generados en lagunas de evaporación, los cuales son derivados a una pista de compostaje. Una máquina compostadora se encarga de mezclar la vinaza seca con otros residuos, principalmente cachaza, y garantiza los procesos aeróbicos necesarios para la obtención de un compost de alto valor nutricional (Informe de Sostenibilidad – Ledesma S.A.A.I., 2010/11).

Éste método, a pesar de ser utilizado frecuentemente, no brinda una solución al manejo de vinaza; ya que las cantidades añadidas son menores de 1 m^3 de vinaza por cada tonelada de cachaza; lo que representa un mínimo de lo generado por cualquier ingenio promedio de vinaza en un día (Conil, 2012).

III) Ferti-irrigación

La ferti-irrigación o fertiriego es una técnica que consiste en el direccionamiento del efluente vinaza diluido como fuente de nutrientes en forma líquida al suelo. Su aplicación es orientada a las cañas soca (último retoño de la caña de azúcar), es decir, en aquellas parcelas que ya han recibido corte. El líquido es aplicado posterior a la cosecha, en el mes de Agosto hasta el período de las primeras lluvias. Se lo utiliza para preparar el terreño, antes de realizarse la nueva plantación, permitiendo así una mejora en la productividad (Villafañe, 2009).

El empleo de vinaza como fertilizante se convirtió en un factor económico importante para la agroindustria del azúcar y el alcohol, ya que la caña de azúcar requiere del aporte de numerosos nutrientes para su correcto desarrollo, entre ellos se destacan el nitrógeno, fósforo y potasio, nutrientes presentes en alta cantidad en el efluente vinaza (Copersucar et al., 1978).

El fertiriego debe aplicarse de manera adecuada para evitar la concentración excesiva de nutrientes al suelo, aplicándolo de manera exacta y uniforme, sólo al volumen radicular humedecido, donde se encuentran las raíces activas. Para ello, se deben conocer las diferentes demandas de nutrientes para cada etapa fenológica del ciclo del cultivo. La curva óptima de consumo de nutrientes define la tasa de aplicación de los nutrientes, evitando así posibles deficiencias o consumos de lujo (Copersucar et al., 1978).

Según Korndorfer (1994), existen otras variables a tener en cuenta para realizar el fertiriego:

- Nivel de fertilidad del suelo, principalmente su capacidad de intercambio catiónico.
- Contenido de potasio presente en el suelo.
- Textura del suelo.
- Sistema de ferti-irrigación utilizado.
- Potencial de extracción de potasio de la variedad de caña de azúcar.
- La composición química de la vinaza.

Según Miguel Ulivarri (com. pers.), el Ingenio Ledesma cuenta con equipos *on line* a la salida de la fábrica para el control de la calidad de las aguas aportada con vinaza; dicho equipo envía información sobre pH, conductividad eléctrica y caudal del efluente. De esta

manera, se monitorean las características del efluente que luego será utilizado para realizar fertiriego.

Para utilizar el efluente para riego, la concentración es 1:10 o 1:20, es decir, un litro de vinaza por cada diez litros de agua o un litro de vinaza por cada veinte litros de agua. La dilución dependerá del nivel de conductividad eléctrica del efluente. El fertiriego se realiza a través de riego por gravedad, y la conducción puede realizarse por regueras o por mangas.

Esta técnica permite sustituir en muchos casos la fertilización química. Su adecuada aplicación en tiempo y forma se traduce en un aumento del número de plantas por área y un aumento de la longevidad del cultivo. Varios estudios han demostrado que las áreas regadas con vinaza exhibieron una mejor respuesta que aquellas fertilizadas con nitrógeno, elemento que en general debe ser adicionado por el alto requerimiento del cultivo (Korndorfer, 1994).

Una desventaja del uso de esta técnica es que, al adicionar vinaza se reduce la concentración de azúcar, lo que produce una disminución de la calidad de materia prima (sacarosa). Además, de acuerdo a la dosis de vinaza aplicada se retarda la maduración de la caña; esto se debe al alto contenido de nitrógeno y materia orgánica, siendo inevitable un alargamiento del período vegetativo de la caña, lo que afecta negativamente la calidad industrial (Korndorfer, 1994).

Amduni, Jessica
Antonelli, Carolina

2 Estudio Exploratorio de Carácter Bibliográfico sobre sistemas alternativos disponibles para el tratamiento de vinaza de ingenios azucareros e industrias productoras de alcohol

2.1 Evaluación de los sistemas alternativos disponibles actualmente para la utilización de vinaza, proveniente de la fabricación de alcohol, y la disminución de su impacto sobre el ambiente

Las alternativas investigadas fueron las siguientes:

2.1 A) Fitorremediación con vetiver (*Chrysopogon zizanioides*)
2.1 B) Aplicación a suelos no productivos
2.1 C) Digestión anaeróbica para la producción de Biogás
2.1 D) Suplemento dietario para animal
2.1 E) Proceso de electro–flotación/oxidación de vinaza

2.1 A) Fitorremediación con vetiver (*Chrysopogon zizanioides)*

Figura 25: Foto de planta vetiver (*Chrosopogon Zizanioides*)
Fte: LAMATUR (2012).

El vetiver, antes conocida mundialmente como *Vetiveria zizanioides* y re-clasificada como *Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty (Familia Poaceae)*, es una gramínea perenne, nativa del Sur Este de Asia, cuyo hábitat natural son zonas pantanosas (figura 25). Esta especie es de gran importancia ecológica ya que es capaz de crecer en diversas condiciones ambientales tales como suelos con diversos rangos de pH, aguas contaminadas con metales pesados, zonas con una marcada deficiencia hídrica y además crece en cuerpos de agua (Castro, 2011).

Amduni, Jessica
Antonelli, Carolina

I) Características morfológicas

El vetiver tiene rizomas muy cortos y un sistema de raíces masivo y finamente estructurado que puede crecer muy rápido, con una resistencia a la tracción de 1/6 del hierro dulce (figura 26). En suelos permeables, fértiles y con buena humedad, las raíces llegan a 3–4 m de profundidad en el primer año. Este sistema radical profundo le confiere muy alta tolerancia a sequía y dificulta su desarraigo por correntadas fuertes. No compite lateralmente con cultivos.

Posee tallos rígidos y erectos que soportan anegamiento profundo, hasta 1.5 m de agua por 11 días. Además, es altamente resistente a plagas, enfermedades y fuego.

Figura 26: Raíces normales de vetiver cultivado en suelo, muy largas y con abundante ramificación. **Fte:** Truong (2000).

La corona (yemas) del vetiver es sub-superficial lo que confiere resistencia al fuego, heladas, pisoteo y alta presión de pacido.

Los nudos emiten fácilmente raíces nuevas cuando son cubiertos por el sedimento atrapado. El vetiver seguirá creciendo y formará terrazas con el sedimento retenido por la masa de tallos (Neumann, 2011).

II) Características fisiológicas

La planta posee tolerancia a variaciones climáticas extremas, tales como sequía prolongada, inundación, anegamiento y extremos térmicos de -22ºC hasta 60ºC. Por otro lado, tiene la capacidad para rebrotar muy rápido después de ser afectado por condiciones adversas.

El vetiver es tolerante a un amplio rango de pH (3.0 a 10.5), lo que permite su crecimiento en medios de alta acidez, alcalinidad, salinidad, sodicidad y magnesio.

Otra característica a destacar es su alta tolerancia a Al, Mn y metales pesados como As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Se y Zn en el suelo (Neumann, 2011).

Amduni, Jessica
Antonelli, Carolina

III) Características ecológicas

Aun cuando el vetiver es muy tolerante a ciertas condiciones edáficas y climáticas extremas, como especie C4, no tolera sombra. Por lo tanto, el vetiver crece muy bien a pleno sol, la presencia de sombra reduce su crecimiento, hasta en algunos casos llegando a desaparecer y requiere control de malezas durante la fase de establecimiento (Neumann, 2011).

Sobre un suelo erosionable o inestable, el vetiver primero reduce la erosión, estabiliza la superficie (especialmente en pendientes abruptas), y luego mejora su microambiente para que luego, plantas adventicias o sembradas puedan prosperar. Por estas características el vetiver puede considerarse una planta nodriza en tierras disturbadas (Orihuela, 2007).

Aunque el vetiver es una especie tropical, puede sobrevivir bajo condiciones de frío extremo. Las heladas dañan completamente su parte aérea, pero sobrevive la corona con yemas sub-superficiales. Existen antecedentes de que esta planta sobrevivió a temperaturas extremas, -11ºC en Australia, -22ºC en el Norte de China (Tianjing) por un período corto y sobrevivió con temperatura de suelo de -10ºC, pero no a -15º C en Georgia (USA) (Neumann, 2011).

Con temperaturas entre 10º - 15ºC comienza el crecimiento aéreo, entre 20º – 30ºC los tallos crecen 2–3 cm/día, pero con 40ºC solamente 5 mm/día. La temperatura de suelo óptima para crecimiento de raíces es 25ºC, pero estas continúan creciendo a 13ºC. Aun cuando ocurre escasa elongación de tallos con temperatura de suelo diurna de 15ºC y nocturna de 13ºC, las raíces continúan creciendo a una tasa de 126 mm/día, lo que indica que el vetiver no está en reposo con aquellas temperaturas y la dormancia de raíces ocurre a los 5º C.

Uno de los aspectos resaltantes de esta planta es su capacidad de crecer en distintas condiciones de aireación del suelo, particularmente en suelos anegados donde es necesario lograr un transporte efectivo de O_2 desde el vástago hacia la raíz (Neumann, 2011).

IV) Utilización del vetiver

Debido a su versatilidad, el vetiver es utilizado ampliamente. Entre sus aplicaciones se pueden mencionar (Red Latinoamericana del Vetiver, 2010):

- ✓ Barrera natural contra la erosión del suelo.
- ✓ Estabilización de laderas y protección de infraestructuras.
- ✓ Fitorremediación para la prevención y tratamiento de aguas contaminadas.
- ✓ Mitigación de desastres (defensa de diques, derrumbes, taludes).
- ✓ Jardinería y paisajismo.
- ✓ Aprovechamiento de las partes cosechadas para la elaboración de artesanías.
- ✓ Productos industriales (artesanías con las hojas y raíces, fabricación de escobas, canastos, etc.).
- ✓ Alimentación animal.
- ✓ Bioingeniería (como biofiltro de aguas residuales).

La utilización de esta planta para tratar aguas residuales domesticas e industriales es un método de bajo costo y muy eficiente. Se la ha señalado como una planta que puede eliminar diversas sustancias contaminantes de los efluentes, entre ellos algunos macronutrientes tales como el nitrógeno, fosforo y algunos metales pesados como Níquel, Cadmio, Plomo, Mercurio; y recientemente Flúor. También se menciona que es capaz de absorber cationes (Yazmin et al., 2006).

En la tabla 7 se puede visualizar la distribución de los metales pesados en la parte aérea y las raíces del vetiver. La importancia de este hallazgo radica en que al usar el vetiver para la rehabilitación de sitios contaminados con altos niveles de Arsénico, Cadmio, Cromo y Mercurio, sus hojas pueden ser consumidas con seguridad por el ganado o cortadas y usadas para mantillo, ya que muy poco de estos minerales es translocado a sus hojas. Aunque el vetiver no es un hiper-acumulador, puede ser usado para remover ciertos metales pesados de sitios contaminados y disponer de estos en forma apropiada, y así ir reduciendo gradualmente los niveles del contaminante. Por ejemplo, las raíces y parte aérea del vetiver pueden acumular hasta cinco veces las concentraciones de cromo y zinc presentes en el suelo (Red Latinoamericana del Vetiver, 2001).

Tabla 7: Distribución de metales pesados en raíces y planta aérea del Vetiver.

Metales pesados	Suelo ($mgKg^{-1}$)	Parte aérea ($mgKg^{-1}$)	Raíces ($mgKg^{-1}$)	Parte aérea / Raíces %	Parte aérea / Total %
Arsénico	959	9.6	185	5.2	4.9
(As)	844	10.4	228	4.6	4.4
	620	11.2	268	4.2	4.0
	414	4.5	96	4.7	4.5
	605	6.5	124	5.2	5.0
Promedio				4.8	4.6
Cadmio	0.67	0.16	7.77	2.0	2.0
(Cd)	0.58	0.13	13.60	1.0	0.9
	1.19	0.58	8.32	7.0	6.5
	1.66	0.31	14.20	2.2	2.1
Promedio				3.1	2.9
Cobre (Cu)	50	13	68	19	16
Chromium	50	4	404	1	1
(Cr)	200	5	1170	<1	<1
	600	18	1750	1	1
Promedio				<1	<1
Plomo	13	0.5	5.1	10	9
(Pb)	91	6.0	23.2	26	20
	150	13.2	29.3	45	31
	330	41.7	55.4	75	43
	730	78.2	87.8	87	47
	1500	72.3	74.5	97	49
Promedio				57	33
Mercurio	0.02	NC	0.01	-	-
(Hg)	0.36	0.02	0.39	5	5
	0.64	0.02	0.53	4	4
	1.22	0.02	0.29	7	6
	3.47	0.05	1.57	3	3
	6.17	0.12	10.80	11	6
Promedio				6	5
Niquel (Ni)	300	448	1040	43	30
Selenio	0.23	0.18	1.00	53	15
(Se)	1.8	0.58	1.60	36	27
	6.0	1.67	3.60	46	32
	13.2	4.53	6.50	70	41
	23.6	8.40	12.70	66	40
	74.3	11.30	24.80	46	44
Promedio				53	33
Zinc	Control	123	325	38	27
(Zn)	100	405	570	71	42
	250	520	490	106	51
	350	300	610	49	33
	500	540	830	65	39
	750	880	1030	85	46
Promedio				69	40

NC No cuantificable

Fte.: Red Latinoamericana de Vetiver (2001).

En este sentido, se ha demostrado que el vetiver bajo condiciones hidropónica es capaz de disminuir el Nitrógeno total de 100 mg/L a 6 mg/L (94% de eficiencia); el Fósforo total de 10 mg/L a 1 mg/L (90%), coliformes fecales ≥ 1.600 org/100 mL a 900 org/100 mL (44%); E. Coli de ≥ 1.600 org/100 mL a 140 org/100 mL (91%); Oxígeno disuelto de < 1 mg/L a 8 mg/L (>800); Conductividad eléctrica de 928 µS/cm a 468 µS/cm; pH 7.3 a 6.0 y puede

evapotranspirar 1,1 L/día/cuatro plantas/tambor, con un tiempo de retención de cuatro días (Troung et al., 2000).

Otro gran ejemplo de la utilización de esta planta se da en China donde el tratamiento con cultivo hidropónico de vetiver sobre una laguna de efluentes porcinos con una producción anual de 15.000 animales (figura 27). Determinó que vetiver fue capaz de remover en un 92% presencia de Cu y Zn, un 60% de As y N, entre 59 y 85% el P, la cantidad de Pb entre 30 y 71% y por ultimo entre 13 y 58% el Hg (Neumann, 2011). Este autor concluyó que esta tecnología es práctica, económica y además puede aplicarse para purificar efluentes a gran escala.

Figura 27: Cultivo hidropónico de vetiver sobre lagunas de efluente porcinos (China) **Fte.:** Neumann (2011).

Por otro lado, Neumann (2011) determinó que el tratamiento con vetiver durante 4 días sobre una muestra de efluente eutrofizado por algas verde-azules por exceso de nitratos y fosfatos, fue capaz de reducir entre el 90-94% la presencia de los mismos (figura 28).

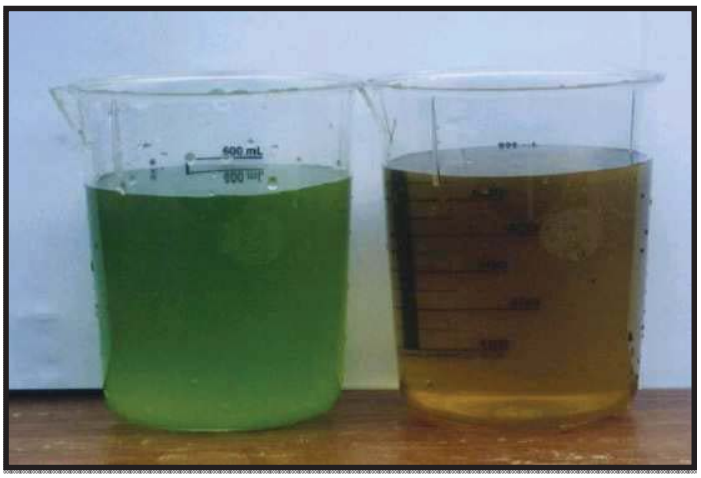


Figura 28: Se observa las dos muestras obtenidas del estudio.
Izquierda: Efluente eutrofizado por algas verde-azules por exceso de nitratos (100 mg/l) y exceso de fosfato (10 mg/l).
Derecha: El mismo efluente después de 4 días de tratamiento con vetiver, con reducción de nitrato a 6 mg/l (94%) y fosfato a 1 mg/l (90%). **Fte.:** Neumann (2011).

En cuanto a la reutilización de la planta con contaminantes y metales pesados acumulados, se puede usar para cerámicas o como reemplazo/aditivos para el cemento convirtiéndolo a ceniza que se usa en la ingeniería de la construcción y que cumpla con los requisitos medio ambientales (Orihuela, 2007).

Los tableros fibro-cemento pueden ser clasificados como composites de biomasa vegetal y cemento, conformados por aglomerante mineral (cemento Portland) con partículas vegetales y, en ciertos casos, con diversos aditivos como aceleradores (Espinoza Saavedra, 2010).

Las fibras vegetales que sean usadas como refuerzo deben tener ciertas características necesarias para poder ser utilizadas con ese fin. No existe una forma universal de hacer compatibles todas las fibras con el cemento, por lo tanto existen diferentes tratamientos para mejorar la compatibilidad entre la fibra y el cemento (Olivares et al, 2003).

Según el ensayo realizado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento junto con la Oficina de Medio Ambiente de Perú sobre usos de fibras de vetiver en la elaboración de tableros para la construcción, se concluyó que los resultados de los ensayos reflejan un buen comportamiento y rendimiento de la fibra tanto de vetiver como de bambú.

2.1 B) Aplicación a suelos no productivos

Existen numerosos estudios referido a la utilización de la vinaza en suelos cañeros, principalmente como fuente de nitrógeno. Si bien los mismos siguen vigentes, existen situaciones donde no es factible la aplicación en gran escala de vinaza, ya sea porque los suelos circundantes a la destilería poseen contenidos moderados de sales o una napa próxima a superficie, y la aplicación del efluente podría elevar los tenores salinos por encima de los límites establecidos para esta sacarífera comprometiendo el potencial productivo de la misma (SEMA, 2012).

Sin embargo, existen áreas de suelo no productivo (generalmente salinos y/o sódicos) colindando con áreas cañeras, que podrían utilizarse como destino del efluente de la producción de alcohol (SEMA, 2012).

La aplicación de vinaza en suelos no productivos tiene por objetivo lograr que los elementos orgánicos e inorgánicos de la vinaza sean retenidos en el suelo, mientras que el agua constitutiva se evapore, de esta manera se reduce el potencial contaminante del efluente, evitando que el mismo llegue a los causes y reservorios de agua.

El período de aplicación estará determinado por la existencia de déficits hídricos atmosféricos (algunas veces coincidentes con el período de zafra), los cuales se extienden frecuentemente entre los meses de junio y octubre, y excepcionalmente hasta noviembre. Estas condiciones atmosféricas favorecen a la evaporación del agua (Morandini, 2011).

Como se muestra en la figura 29, en el caso del Colmenar (Tucumán) el período de aplicación de vinaza en los suelos es desde el mes de Mayo hasta Noviembre. Se observa que en esta época disminuye notablemente las precipitaciones.

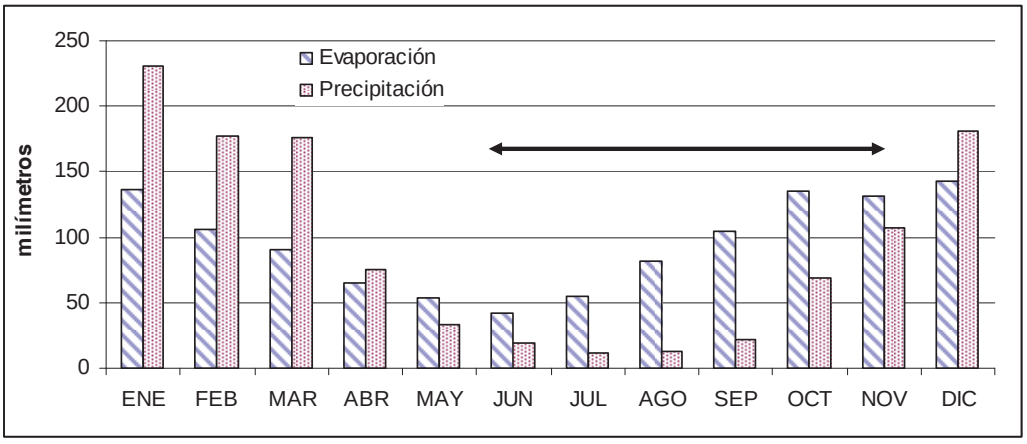


Figura 29: Precipitación y evaporación media mensual en milímetros para la localidad de El Colmenar, Tucumán. **Fte:** Sección Agrometeorología de la EEAOC (2013). Situación similar a la que se presenta en el sector oeste del área cañera.

La aplicación del efluente se puede realizar a suelos calificados como salinos, salino-sódicos o sódicos, presentando contenidos de sales solubles y/o predominio del catión sodio de tales magnitudes que imposibilitan la incorporación de los mismos en actividades agropecuarias tradicionales.

La aplicación de vinaza en suelos no productivos, se podría realizar en láminas y frecuencia que permita la evaporación del agua de constitución y la retención de los componentes inorgánicos y orgánicos en la superficie del suelo. Según experiencias realizadas por la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, permiten establecer como lámina general a los 10 mm de vinaza pura aplicados con una frecuencia semanal. Dicha lámina podría incrementarse durante los períodos más secos del año (septiembre, octubre y noviembre). De igual manera, podrían realizarse aplicaciones más frecuentes en los mencionados meses. Es importante destacar que con las sucesivas aplicaciones, la capacidad de infiltración del suelo disminuye debido a la oclusión de los poros por parte de los coloides orgánicos del efluente, y la vinaza tiende a acumularse en las micro-depresiones del terreno, generando una distribución heterogénea de la misma. Para contrarrestar este efecto, se hace necesario remover el suelo por medio del uso de la rastra o cincel (en una única pasada a los 8-10 cm de profundidad) (Morandini, 2011).

La realización de movimientos periódicos del suelo, facilitaría la degradación e incorporación de los componentes orgánicos al mismo, debido a mezclar la fracción orgánica de la vinaza con la del suelo y ponerlo en contacto con la biomasa microbiana del mismo.

El sistema de aplicación debe garantizar la homogénea distribución de la vinaza en el suelo, a fin de favorecer la evaporación, de modo que se recomienda la aplicación del efluente por sistemas de aspersión presurizados fijos o móviles. Entre ellos se destacan: rolapi, aspersores montados en camiones tanques, aspersores fijos, entre otros (Morandini, 2011).

Otra variable a considerarse, es elegir zonas no inundables, que no estén próximas a ríos, arroyos o causes menores, y lo más alejado posible de centros poblados.

Como las sales de la vinaza contienen una alta proporción de potasio, es necesario aclarar que existe el riesgo de incrementar las concentraciones de este elemento en relación a otros nutrientes. Este hecho, podría presentar inconvenientes adicionales para disminuir las concentraciones de este elemento (Morandini, 2011).

Esta aplicación podría utilizarse como primer paso en la recuperación de suelos sódicos o como concentradora de elementos orgánicos e inorgánicos, para uso posterior.

2.1 C) Digestión anaeróbica para la producción de Biogás

La digestión anaeróbica o metanización de los efluentes es un proceso de degradación bioquímico realizado por bacterias, dando como resultado la formación de biogás. Éste biocombustible es un fluido con aproximadamente 60% de metano (gas natural) y 40 % de dióxido de carbono, y sin purificación provee el 60% de las calorías generadas por quema de gas natural. Estudios realizados afirman que por cada tonelada de DQO transformada en un digestor anaeróbico es de esperar entre 340 y 450 m^3 de biogás (Siñeriz, 2009).

La metanización es una tecnología muy eficiente para el tratamiento de vinaza. Permite remover más de 90% de su DBO, y alrededor de un 70% de su DQO, dependiendo si se trata de vinaza con alto contenido de melaza o de jugo de caña (González Rodríguez et. al, 2012).

Para la elección de la tecnología más apropiada a desarrollar para la producción de biocombustible, que entregue un mínimo caudal de efluente final con calidad de vuelco, se analizaron distintas posibilidades. Entre ellas se encuentran reactor de mezcla continua (CSTR), reactor de contacto, reactor de lecho suspendido (UASB), entre otras. El paquete tecnológico disponible en la actualidad ofrece sistemas de tratamientos de efluentes con alta carga, siendo el reactor anaeróbico de baja tasa el que mejor desempeño tiene, estos reactores están siendo utilizados en muchos ingenios en otros países, fundamentalmente Brasil, con excelentes resultados. A nivel local es preocupación e interés de las empresas la adaptación de esta tecnología a las posibilidades de la región (Ledesma S.A.A.I., 2007).

Según diferentes autores como Siñeris (2009) y Chamy (2012), el reactor más adecuado para el tratamiento de vinaza es el UASB - Reactor anaerobio de flujo ascendente con lecho/manto de lodos (ver figura 30). La innovación técnica de este tipo de reactores reside en un dispositivo situado en la parte superior del reactor (separador de tres fases-GSS) que permite separar internamente la biomasa, el efluente tratado y el biogás. Con ello se consigue acumular grandes cantidades de biomasa, muy activa, que adopta la estructura de gránulos compactos con una elevada capacidad de sedimentación.

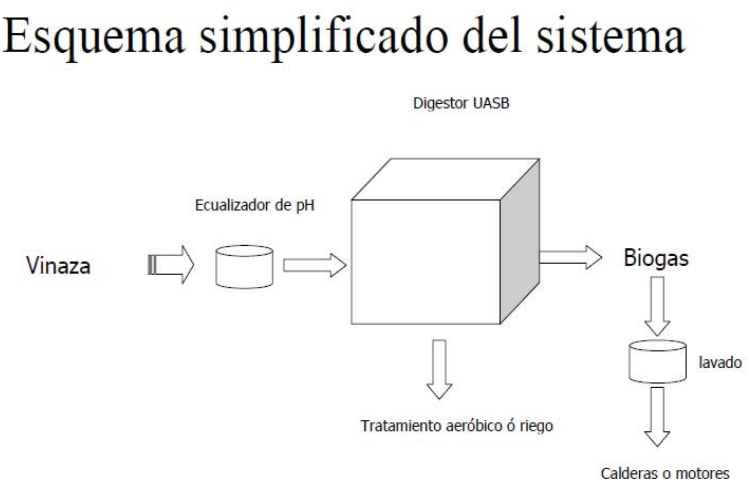


Figura 30: Esquema de tratamiento anaeróbico para producir biogás.
Fte: Siñeriz (2009).

Las razones que validan la utilización de este tipo de reactor son las siguientes (Chamy y Aroca, 2012):

- ✓ Eficiencia entre 70 y 80% de remoción DQO.
- ✓ Eficiencia entre 85 y 90% de remoción DBO.
- ✓ Reactor anaerobio de mayor aplicación.
- ✓ No posee partes móviles.
- ✓ Construcción relativamente simple.
- ✓ Bajo costo de inversión y operación.
- ✓ Flujo ascendente.
- ✓ Utiliza lodo granular (no se requiere de soporte para la biomasa).
- ✓ Capaz de retener una alta concentración de biomasa.
- ✓ Se pueden aplicar altas velocidades de carga orgánica.

Según Fitzgibbon et al., 1995, las ventajas a destacar del proceso de digestión anaeróbica de vinaza son:

- Bajo consumo de energía comparado con los procesos aeróbicos convencionales de tratamiento.
- Soportan altos niveles de materia orgánica.

- Permiten el control de agentes patogénicos.
- Genera bajo niveles de lodos.
- El biogás producido puede ser usado como combustible para producción fría a través de refrigeración de absorción, calor por quema directa en calderas, o energía mecánica en motores. Este sistema tiene un alto costo.
- Permite registrar el proyecto como MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio-Protocolo de Kyoto), no solo por la sustitución de energía fósil, sino por evitar la liberación de metano a la atmósfera. Con este registro los Ingenios pueden vender sobre el mercado internacional, y Europeo en particular, "Certificados de Reducción de Emisiones de carbono" o "Bonos de Carbono" (Conil, 2012).

Sin embargo, una de las desventajas a destacar de este proceso, es que el biogás de vinaza puede tener altas concentraciones de sulfuro de hidrógeno (H_2S); el cual es altamente tóxico, corrosivo y oloroso. El H_2S se produce cuando la vinaza tratada tiene una alta proporción de melaza en su materia prima, ya que ésta tiene altos contenidos de sulfatos (Rojas et al., 2011).

La digestión anaeróbica también puede generar olores, por escapes de biogás no captado, o por descargas del efluente con biogás disuelto. Siempre los riesgos de ocurrencia de estos eventos serán mayores cuando se trate de vinaza con alta proporción de melaza (Conil, 2012).

A pesar de esto, el proceso de metanización de vinaza posee múltiples ventajas como se dijo anteriormente. Al someter vinaza a un proceso anaeróbico, disminuye la proporción de CO_2 que se libera al medio ambiente y se genera biogás, el cual puede ser utilizado para generación de energía eléctrica y calor.

El biogás puede utilizarse también para generar vapor en una caldera de gas y electricidad con una turbina, generar agua caliente para precalentar el agua de las calderas, generar electricidad en motores de gas o turbinas de gas, entre otros (Conil, 2012).

El proceso de metanización ofrece un sistema de tratamiento más potente, con cinéticas más rápidas y con una minimización de las etapas limitantes del proceso como puede ser la transferencia de materia (González Rodríguez et al., 2012).

Otra ventaja del proceso es que permite aumentar la proporción de vinaza a la elaboración de compostaje de cachaza, ya que en vez de estar adicionando una materia prima sólida, se estaría aplicando un líquido diluido similar al agua de riego. Se utilizaría así

unos 3 ó 4 m^3 de vinaza por tonelada de cachaza, y en ciertos casos disponer de toda la vinaza. El efluente tratado por digestión anaeróbica facilita también los proyectos de fertirrigación, ya que es de aplicación más fácil que la vinaza cruda (Conil, 2012).

El uso del biogás está muy generalizado en China e India donde, por medio de biodigestores construidos para producir metano, se ha solucionado, por lo menos en parte, las necesidades de combustible para fines domésticos en áreas rurales. Otro de los países que está utilizando este combustible es Suecia, que ya cuenta con el primer tren de pasajeros que funciona con biogás y, en la ciudad de Linköping, 65 ómnibus, taxis, camiones recolectores de residuos y muchos automóviles privados utilizan este combustible (Alessandro, 2006).

Dado el incremento en la demanda de alcohol prevista en los próximos años debido a la promulgación de la Ley Nacional Nº 26.093 de promoción de biocombustibles, los ingenios azucareros del NOA se encuentran realizando importantes inversiones para la ampliación de sus destilerías. Por otro lado, debido al incremento del precio del petróleo y a la necesidad de encontrar fuentes alternativas de generación de energía con bajo impacto ambiental, el biogás tiene un mayor valor en el mercado (Siñeriz, 2009).

2.1 D) Suplemento dietario animal

Para utilizar la vinaza como suplemento dietario para animales es necesario como primer paso concentrarla, de manera tal de reducir su volumen para que sea más fácil su adición en las raciones o en los bebederos de los animales. La concentración del agua contenida en la vinaza, se realiza mediante la evaporación por calefacción a vapor. De esta manera los sólidos se concentran entre un 5,8% y un 60%. Posteriormente, y de ser necesario, puede ser deshidratado completamente mediante secado por aspersión, hasta obtener un polvo fino que conserva sus características de material orgánico (Sarria et al., 1992).

Las razones para utilizar vinaza en reemplazo de otros alimentos en dieta animal se debe al alto contenido de nutrientes que se encuentran en la misma. Entre los más importantes podemos nombrar:

- ✓ Vitaminas del complejo B.
- ✓ Ácidos orgánicos.
- ✓ Minerales.
- ✓ Aminoácidos (levaduras).

- ✓ Fibra neutra detergente.

Esta alternativa está siendo utilizada en países europeos como Holanda, Francia y Bélgica; sus estudios demostraron que por medio de este producto es posible mejorar la rapidez de crecimiento del ganado en un 5% y disminuir el precio de la ración alrededor de un 15%. En Holanda se utiliza la vinaza concentrada, a un 10% para ración bobina, un 4% para la porcina y de 2 a 3% para aves (INESCO, 1979).

En un estudio realizado en hembras lecheras con un consumo de vinaza de hasta 15 L/vaca/día, se observó que el tiempo de consumo de forraje y de rumia de los vacunos aumentaba, pero esto no ocurrió con el agua, ya que disminuyó considerablemente. Además los vacunos que consumieron vinaza descansaban menos que el grupo control. En cuanto a la producción de leche, las hembras que consumieron vinaza concentrada aumentaron su producción aproximadamente en 1000 L más que el grupo control (Ochoa Vascónez, 2009).

En relación a los niveles de acidez, densidad, lactosa, grasa y carga microbiana de la leche entre grupo control y grupo problema, no se obtuvieron diferencias significativas; por lo que el uso de vinaza concentrada en la dieta de hembras vacunas no altera las características de la leche.

En este mismo estudio se evaluó el estado de salud de los vacunos alimentados con vinaza y no se observaron diferencias ni rangos anormales en hemoglobina, colesterol, creatinina, ácido úrico y glucemia. Esto permite afirmar que la utilización de vinaza como suplemento dietario para hembras lecheras es una alternativa viable y sin riesgos para la salud de los animales o alteración de la leche para consumo humano.

Por otra parte, se ha estudiado la introducción de vinaza para la dieta porcina con un evidente beneficio económico ya que ésta es de menor costo que el grano de sorgo, alimento tradicional para los cerdos. Se utilizó vinaza para reemplazar parcialmente el jugo de caña que se le daba a estos animales, suplementado con tortas o grano cocido de soya; obteniendo como resultado un aumento del efecto estimulante en los porcinos, que puede explicarse por el alto aporte de vitaminas B presentes en la vinaza (Olivarez Yachimba, 2009).

El elemento más importante que aportaría la vinaza en la dieta porcina es la levadura *Saccharomyces sp,* dicha importancia radica en los siguientes aspectos (Galvez, 2005):

- Promotor de crecimiento.
- Mejores camadas.
- Aumento de la producción de leche materna.
- Mayor ganancia de peso.
- Mejora la asimilación de los nutrientes.
- Corrige el balance de la población microbiana.
- Reduce el exceso de amoniaco en el intestino del cerdo.
- Acción estimulante de inmunidad.

Por lo tanto, para que la vinaza de destilería pueda utilizarse como alimento animal es necesario que la misma no sea separada de la levadura *Saccharomyces*, ya que esta última es la encargada de desarrollar la fermentación alcohólica cuya importancia radica en su riqueza en vitaminas del complejo B, lisina y fósforo (Barbalho, 2006); también esta levadura puede ser considerada un probiótico, es decir, un promotor del crecimiento (Gálvez, 2005).

Otros estudios indican que la vinaza podría ser utilizada como suplemento en la dieta de aves, concretamente de gallinas ponedoras, debido a que las principales diferencias se observaron en la calidad de los huevos. El grupo alimentado con vinaza produjo huevos de cáscara más gruesa, debido al alto contenido de minerales que posee este subproducto de destilería (Costales Puchaicela, 2009). Según Estévez (1999), la vinaza posee 9.17% de cenizas insolubles compuestas sobre todo por Calcio, Fósforo, Potasio, Sodio, Azufre y Hierro.

Sin embargo, se recomienda no incluir más del 5% de vinaza en la dieta, ya que una mayor proporción produciría somnolencia, deshidratación y agresividad en las aves.

2.1 E) Proceso de electro–flotación/oxidación de vinaza

Las vinazas han sido tratadas por diversos métodos electroquímicos; entre ellos cabe mencionar:

Electrodiálisis: permite la reducción en el contenido de sales de un 80% (Janusz et al., 1988), logrando a su vez la remoción completa de potasio. Si se combina esta técnica con membranas de intercambio catiónico se logra disminuir la concentración de sales hasta en un 98% (Decloux et al., 2002).

Electrocoagulación: al combinarse con carbón activado de nueces de Areca catechu se alcanzan reducciones en DQO mayores a 80% (Kannan et al., 2006). Si a esta técnica posteriormente se la combina con una etapa de electro-oxidación catalítica con electrodos en vinaza tratada biológicamente, se obtienen reducciones de un 97% de DQO (Zayas et al., 2007).

Sin embargo, estos métodos son utilizados como tratamientos a posterior, es decir, después de que se realizan sobre las vinazas tratamientos de coagulación química, separación con membranas o reacción anaeróbica. Al ser tratada de esta manera, se reduce significativamente la DQO de la vinaza, disminuyendo su conductividad eléctrica y, por consiguiente aumentando el consumo de electricidad en el tratamiento electroquímico (Dávila Rincón et al., 2009).

El objetivo de las recientes investigaciones es aplicar el tratamiento electroquímico a la vinaza sin tratar, para evitar el aumento de consumo de energía eléctrica y poder utilizarlo como técnica independiente de tratamiento, sin necesidad de reacondicionar la vinaza anterior o posteriormente. Para ello se utilizará un sistema de electrodos, coagulación y flotación, como se observa en la figura 31.

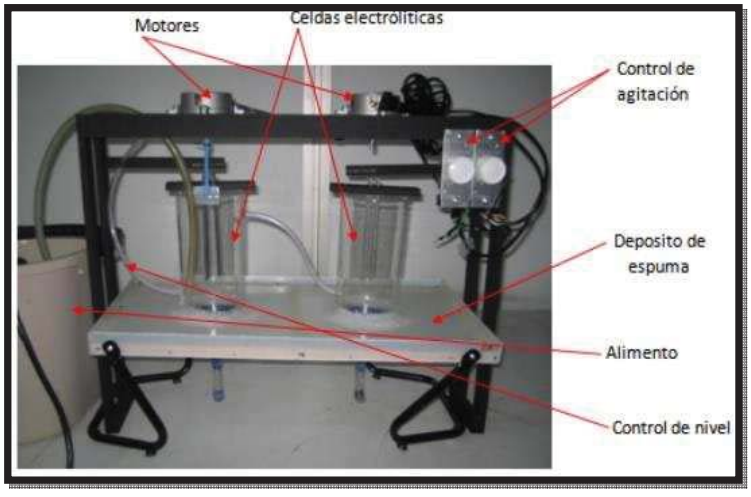


Figura 31: Dispositivo de electro-coagulación flotación.
Fte.: Agencia AUPEC (2009).

El proceso comienza con el paso de una corriente eléctrica de bajo amperaje por medio de electrodos de aluminio o de acero galvanizado; esto se realiza con el fin de generar complejos de hidróxidos metálicos que atrapan y aglomeran las partículas presentes en el efluente. De esta manera la materia orgánica se separa del agua y se deposita en el fondo por acción de la gravedad. Este proceso también permite la generación de burbujas de hidrógeno formando una espuma que arrastra material orgánico. Las condiciones alcalinas favorecen la remoción de sólidos totales y la disolución del aluminio en solución, por lo que se recomienda trabajar con pH mayores a 7 (Dávila Rincón et al., 2009).

A través de esta técnica, diseñada por Martínez y Cabrales (2009), se logra extraer el material orgánico de la vinaza, para su posterior compostaje, sin necesidad de calentarla y evaporarla, evitando así que se produzca el fenómeno de incrustación de sales. Este fenómeno obliga a realizar paradas en la operación, reduciendo así en un 25% la producción de alcohol, causando una disminución de ingresos por venta y mantenimiento del equipo.

Figura 32: Vinaza sin tratar (izq.) Vinaza tratada (der.)
Fte.: Agencia AUPEC (2009).

La técnica de electro-coagulación y flotación aplicada a las vinazas permite porcentajes de remoción de DQO de hasta un 61%, de contenido orgánico total de 57%, de un 95% de turbidez y un 58% de sólidos totales; produciendo un cambio notable en el aspecto y olor del efluente, como se observa en la figura 32. Esto permitiría facilitar la utilización de la vinaza como subproducto para generar biocombustibles; sin embargo es un proyecto que está en etapa de investigación y pruebas piloto, que permitan verificar su potencial de aplicación industrial; teniendo en cuenta consumos de energía, uso de materiales y valoración económica.

Amduni, Jessica
Antonelli, Carolina

3 Estudio Descriptivo y Exploratorio de Carácter Bibliográfico sobre otras Agroindustrias del país.

3.1 Análisis de los sistemas de tratamiento de vinaza que se realizan por otros ingenios dentro del país.

Situación actual de la producción sucro-alcoholera en Argentina

En Argentina existen 23 ingenios, 16 destilerías de alcohol y 9 plantas de deshidratado. Las principales provincias productoras son Tucumán, Salta y Jujuy, representando el 99% del total producido; el resto se reparte entre Misiones y Santa Fe.

Según Anino e Iturregui (2011), en la provincia de Tucumán existen alrededor de 5.364 establecimientos cañeros y 15 ingenios establecidos, responsables del 62% de la producción de azúcar del país. Dentro de estos ingenios encontramos:

- **Ingenios (con destilería)**
    1. Santa Bárbara (Azucarera J.M. Terán S.A.)
    2. La Corona (S.A. Azucarera Argentina C.e)
    3. La Trinidad (T.R.I.A.L. S.A.)
    4. La Florida (Cía. Azucarera Los Balcanes S.A.)
    5. La Fronterita (José Minetti y Cía. Ltda.)
    6. Bella Vista (José Minetti y Cía. Ltda.)
    7. Leales (ATANOR)
    8. Marapa (ATANOR)
    9. Concepción (ATANOR)
    10. Santa Rosa (Las Dulces del Norte S.A.)
    11. San Juan S.A.

- **Ingenios (sin destilería)**
    1. Aguilares (KONAVLE SA)
    2. Ñuñorco (SER S.A.)
    3. Cruz Alta (Arenal del Norte S.A.)
    4. La Providencia (ARCOR S.A.I.C.)

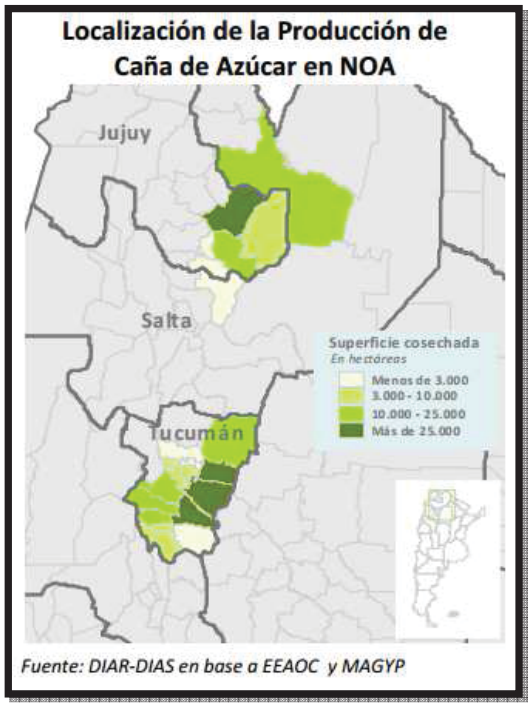


Figura 33: Localización de la Producción de la caña de azúcar en NOA. **Fte:** EEAOC (2013).

Sin embargo, como puede observarse en la figura 33, la provincia de Jujuy cobra mayor importancia por poseer la mayor cantidad de Ingenios establecidos. En total son 54 establecimientos; entre los cuales se destacan Ledesma SA, La Esperanza SA y La Mendieta SA por su infraestructura y producción. En Salta se destacan los Ingenios San Isidro, San Martín del Tabacal y Emaisa SA.

De esta manera, la provincia de Jujuy junto con Salta constituyen el 37% de la producción de azúcar de Argentina (Anino e Iturregui, 2011).

La estructura de productores cañeros difiere según la provincia: en Tucumán prevalecen los ingenios pequeños, menores a 50 Ha; mientras que en la provincia de Jujuy predominan aquellos ingenios grandes, de más de 50 Ha, Salta posee una situación similar a la de Jujuy; en cambio Misiones y Santa Fe presentan una situación similar a la de Tucumán (Anino e Iturregui, 2011).

En Salta y Jujuy los ingenios son propietarios de un 90% de la caña procesada; en cambio, en Tucumán los cañeros independientes proveen aproximadamente el 60% de dicha caña.

Como se muestra en la tabla 8, la actividad industrial se fue concentrando con el tiempo debido a la compra de ingenios por parte de algunos de los principales operadores del rubro; de esta manera, solo ocho grupos económicos tienen a su cargo el 85% de la producción azucarera; siendo ATANOR (Tucumán) y Ledesma (Jujuy) los principales productores, con un 17% aproximadamente cada uno (Anino e Iturregui, 2011).

Tabla 8: Producción Azucarera, según principales empresas 2010.

Principales Grupos Económicos	%
Atanor	17,4
Ledesma	17,3
Azucarera Juan. Terán	10,4
Cía. Azucarera Los Balcanes	10,0
San Martín de Tabacal	10.0
José Minetti y Cía.	8,7
La Trinidad	5,9
Arcor	5,7
Resto	14,6
TOTAL	100,0

Fte.: Anino e Iturregui (2011).

En cuanto a la producción de alcohol, la misma se concentra en los ingenios de Ledesma (Jujuy), el Tabacal (Salta), Atanor y Balcanes (Tucumán), los cuales proporcionan el 70% del total. Además, cabe destacar que todos los ingenios producen alcohol mediante el sistema de destilación, siendo solo unos pocos ingenios los que no producen alcohol anhidro e hidratado (Ver tabla 9) (Anino e Iturregui, 2011).

Tabla 9: Producción de Alcohol Zafra, en miles de litros 2010.

	Anhidro	Hidratado	Destilación
Atanor		45.000	45.000
Balcanes	30.000		30.900
La Trinidad	6.000	14.000	20.180
Colombres	13.100	4.000	20.180
Santa Rosa	13.500		13.905
La Corona	8.000	3.000	11.240
Minetti		7.000	7.000
Total Tucumán	70.600	73.000	145.718
Ledesma	30.000	25.000	55.900
Río Grande	6.000	2.000	9.100
Esperanza		8.000	7.140
Total Jujuy	36.000	35.000	72.140
Tabacal	42.000	8.000	51.200
San Isidro	3.000	1.800	4.890
Total Salta	45.000	9.800	56.090
Total General	151.600	117.800	273.948

Fte.: Anino e Iturregui (2011).

En relación a la producción de azúcar, en la figura 34 podemos observar que la misma tuvo un importante crecimiento durante los últimos 20 años. Esto podría explicarse por el fuerte incremento de cañaverales en la provincia de Tucumán debido a una mayor

inversión por parte de grupos empresarios, la cual ascendió casi el doble en diez años, siendo de 35 Tn/Ha las producidas en 1996 y llegando a 63,2 Tn/Ha en el año 2007.

En comparación con otras provincias, mientras la productividad en Tucumán creció de forma continua, en Salta retrocedió a lo largo de los años y en Jujuy aumentó solo en el período 2001-05 (Anino e Iturregui, 2011).

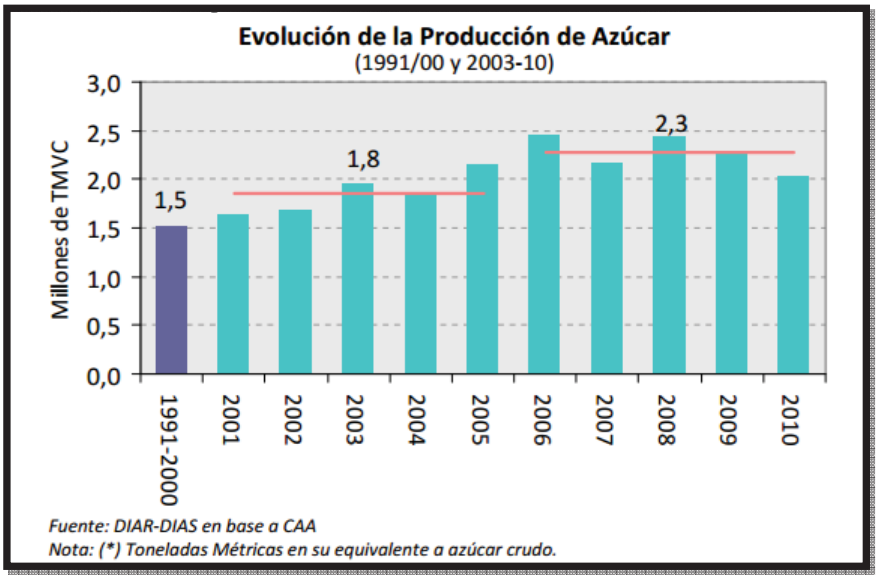


Figura 34: Evolución de la producción de azúcar (1991/00 y 2003/10).
Fte.: Anino e Iturregui (2011).

Sistemas desarrollados en los Ingenios de Argentina para el tratamiento de la vinaza

Hasta el momento, escaza es la información que existe sobre qué tipos de tratamiento son utilizados por la mayoría de los ingenios de Argentina para el efluente "vinaza". Esta falta de información es más notable para los ingenios tucumanos. Para la provincia de Jujuy, no se han encontrado datos o información suficiente sobre la producción o el estado de los ingenios La Esperanza y La Mendieta.

Amduni, Jessica
Antonelli, Carolina

3.1 A) Ingenios de Tucumán

La realidad agrícola e industrial de Tucumán ya no es la misma de años anteriores, ni son los mismos los paradigmas que rigen el obligado enfoque de la actualidad productiva. Los ingenios debieron adaptarse a las graduales transformaciones de la agroindustria, debido a ello cada vez más industrias tucumanas decidieron tomar medidas para la minimización de los impactos generados por sus actividades. Para esto, cuentan con el aporte de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), que se encarga de buscar el mejoramiento continuo de las condiciones de la producción agroindustrial de la región noroeste del país a través de aportes científicos, exploración en campo, trabajo de laboratorio y la suma de diferentes áreas especializadas (EEAOC, 2013).

Como los Ingenios sin destilería no fabrican alcohol, no generan gran cantidad de vinaza; por lo tanto no serán considerados en el presente trabajo.

Los sistemas de manejo de vinaza desarrollados por los ingenios tucumanos, de los cuales se obtuvo información, son los siguientes:

I) Ingenio Santa Bárbara

Está ubicado al sudeste de la ciudad Aguilares, departamento de Rio Chico.

Posee una producción diaria de 100.000 L de alcohol, y aproximadamente 1.200.000 L/día de vinaza.

En este ingenio, como alternativa para el uso del efluente se aplica la vinaza diluida en suelos no productivos, generalmente sódicos y/o salinos, donde se evapora el agua de la misma y se concentran los elementos constitutivos sólidos en la superficie del suelo. En este caso, la aplicación se realiza a suelos salinos (Morandini, miembro de la EEAOC com.pers.).

II) Ingenio La Corona

Ubicado en la localidad de Concepción, departamento Chicligasta.

Su producción diaria de alcohol es de 100.000 L. A través de informes del EEAOC, se conoce que el único tratamiento es la aplicación en caña de azúcar de vinaza sin diluir, a través de riego por aspersión. El efluente es vertido al lago de Río Hondo sin tratamiento previo, como se muestra en la figura 35 (Morandini, com. pers., 2012).

Figura 35: Foto de piletones de almacenaje de Vinaza, previo a ser vertida al lago de Río Hondo. **Fte:** El Liberal (2013).

III) Ingenio La Trinidad

Este ingenio se encuentra en la localidad Comuna Rural, situada en el departamento Chicligasta. Su producción diaria de alcohol es de 200.000 L, donde se generan 2.400.000 L/día de vinaza. Presentan sólo un tratamiento para el efluente: Aplicación en suelos salinos (Ybrahim, 2009).

IV) Ingenio La Florida

Este ingenio está establecido en la localidad de La Florida, departamento Cruz Alta. Con una producción de 30.000 Tn de azúcar anual y 350.000 L/día de alcohol, obtiene 4.200.000 L/día de vinaza aproximadamente. Actualmente se realizan dos tratamientos: por un lado la aplicación de vinaza en caminos y por otro, la concentración a través de la evaporación – mezcla con cachaza y ceniza. La aplicación al campo cañero se encuentra en desarrollo (Morandini com. pers.).

V) Ingenio La Fronterita

Este ingenio se encuentra a 45 km. de la ciudad de San Miguel de Tucumán.

Posee una producción diaria de 100.000 L de alcohol, y 1.200.000 L/día de vinaza. El único sistema de manejo del efluente es la aplicación en caña de azúcar de vinaza sin diluir con camiones.

VI) Ingenio Bella Vista (figura 36)

Este ingenio se encuentra a 25 km de la ciudad capital de Tucumán. Su capacidad de molienda es de 5.000 Tn diarias de caña, la producción anual de azúcar es de 55.000 Tn y 40.000 L de alcohol etílico; por lo tanto la producción de vinaza asciende a 560.000 L anuales (Gob Jujuy, Jefatura de Gabinete de Ministros y Sec Amb y DS, 2007).

Figura 36: Vista del Ingenio Bella Vista
Fte.: Panoramio (2010).

Según la Actuación Preliminar N° 89, realizada al Ingenio Bella Vista, propiedad de José Minneti y Cía., en relación a los efluentes contaminantes, como bagazo y vinaza, el análisis de las muestras líquidas provenientes del Ingenio arrojó valores que exceden los parámetros de DBO, ya que se detectaron valores de 1348 mg/L; es decir que se vuelcan a cuerpos de agua un 26,96 más de veces lo autorizado por la ley; la cual pone un límite de 50 mg/L de vertido permitido en un lapso de cinco días, en base a la temperatura del agua y la posibilidad de descomposición por parte de las bacterias presentes en el agua.

Con respecto a la DQO, los valores permitidos llegan a los 20 mg/L, mientras que en la muestra líquida se encontró una concentración de 1067 mg/l; excediendo en 53,35 veces los valores tolerados por la ley para efluentes contaminantes vertidos en cursos de agua.

Los valores de sólidos sedimentales detectados fueron 110 ml/L; según la ley para evitar una sedimentación por gravimetría dañosa solo pueden arrojarse 1 ml/L de sedimentos cada 2 horas; por lo cual se está superando el límite 110 veces más que los parámetros consentidos (Ministerio Público Fiscal, 2007).

En cuanto a tratamiento de vinaza, el ingenio solamente cuenta con la aplicación en caña de azúcar sin diluir con camiones (Mornadini, com. pers.).

Grupo Atanor

Atanor S.C.A. es una importante empresa multinacional dueña de tres ingenios tucumanos: Ing. Leales, Ing. Marapa e Ing. Concepción. Además sintetiza y produce herbicidas, fabrica polímeros y posee importantes negocios en la industria petroquímica.

VII) Ingenio Leales

El ingenio se encuentra ubicado en la localidad de La Encantada, departamento Leales. Posee una unidad elaboradora de alcohol etílico de 60.000 L de alcohol por día.

La generación total de vinaza por día es de 720.000 L., de los cuales por un lado y en su mayoría se aplica sin dilución en caña de azúcar a través de camiones y por el otro, (en menor proporción) se elabora compost. Además, utiliza la vinaza para aplicación en suelos salinos (Morandini, com. pers.).

VIII) Ingenio Marapa (figura 37)

Es el ingenio más pequeño del Grupo Atanor, ubicado en la localidad de Juan Bautista Alberdi, departamento J.B. Alberdi. Produce más de 60.000 Tn anuales de azúcar y 12.000.000 L de alcohol etílico por año. Su producción de vinaza es de 168.000.000 L. La misma se aplica a suelos salinos, siendo el único tratamiento existente en el ingenio.

Figura 37: Vista del Ingenio Marapa **Fte.:** El Liberal (2012).

En enero de 2012, se confirmó que la destilería del Ingenio Marapa arrojó bagazo en descomposición en el arroyo Matazambi, tributario de la Cuenca Salí-Dulce, hecho que elevó la temperatura del agua, lo que habría provocado la aparición de peces muertos en el embalse de las Termas de Río Hondo.

Por este hecho, el Gobierno de la provincia de Tucumán decidió clausurar preventivamente la destilería de alcohol del Marapa, y la planta de tratamiento Los Guayacanes, de la firma Saneamiento y Urbanismo, ubicada en Alberdi (El Liberal, 2013). Sin embargo, el hecho más destacable del mal procedimiento de este ingenio se centra en los daños provocados a la salud humana.

En este sentido, es de público conocimiento que en enero del 2012 un menor de 7 años, sufrió graves quemaduras provocadas por tierra colorada destilada en un predio de la planta industrial; estas heridas le afectaron el sistema circulatorio, por lo que el niño estuvo en riesgo de muerte.

IX) Ingenio Concepción

Se encuentra en la ciudad de Banda del Rio Salí, denominada la "Capital Nacional del Azúcar". Su planta de destilería genera 200.000 L/día de alcohol y alrededor de 2.400.000 L/día de vinaza.

El tratamiento para el efluente que utilizan es la aplicación en caña de vinaza diluida en agua, se desconoce las proporciones de dilución (Morandini, com. pers.).

X) Ingenio Santa Rosa

Se encuentra en la localidad de León Rouges, departamento Monteros. Su producción diaria de alcohol es de 100.000 L y por lo tanto, se generan 1.200.000 L/día de vinaza.

El único tratamiento desarrollado hasta el momento, es de vinaza en caña de azúcar sin diluir y a través de riego por aspersión (Morandini, com. pers.).

XI) Ingenio San Juan S.A. (figura 38)

Este ingenio está ubicado en la localidad de Banda del Rio Salí, departamento de Cruz Alta. La producción media anual se encuentra alrededor de las 40 Tn de azúcar y 6,5 millones de litros de alcohol. Se calcula que la vinaza generada anualmente es de 91 millones de litros.

Luego de diversas investigaciones por parte del ingenio San Juan, se contemplan distintas alternativas de reutilización del efluente (Ingenio San Juan, 2013):

- **Piletas de evaporación** donde se distribuye la vinaza, sin previo tratamiento, para su concentración y posterior uso.
- **Elaboración de compost** para ser utilizado como fertilizante, a través de una mezcla de vinaza seca (rastrillada de las piletas de evaporación) con cachaza y cenizas de combustión del bagazo para generar compost para terrenos con falta de potasio, transformándose en un subproducto rentable.
- **Fabricación de lozetones y ladrillos** de construcción para el armado de paneles divisorios, utilizando vinaza pura. (En proyecto)

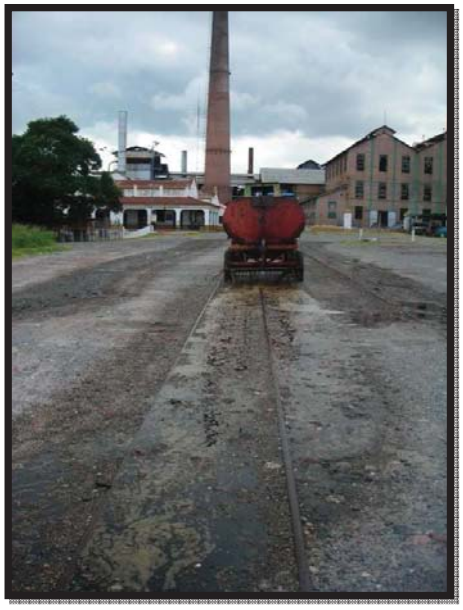


Figura 38: Foto de uso de vinaza para riego de caminerías en el Ing. San Juan.
Fte: Ingenio San Juan S.A. (2013).

Cabe destacar, que actualmente la empresa se encuentra investigando nuevos sistemas para tratar sus efluentes. Fue sede de la Jornada "Del Efluente al Subproducto" organizada por la Secretaría de Estado Innovación y Desarrollo Tecnológico (SIDETEC), cuyo objetivo es estimular el intercambio y la actualización de experiencias desarrolladas en centros de investigación y empresas tanto argentinas como extranjeras, en las diferentes tecnologías innovadoras para generar bioenergía, aprovechando distintos residuos agroindustriales vírgenes o procesados. SIDETEC decidió darle otro enfoque al problema, buscando que el proceso de tratamiento del temido derivado sea, en realidad, un proceso que avance hacia la generación de un derivado que represente un nuevo ingreso para la industria (Ingenio San Juan S.A., 2013).

Entre las propuestas innovadoras mencionadas se pueden destacar:

- ✓ **Neutralización de la vinaza**, derivándola en cloruro de potasio (elemento altamente demandado en suelos de baja fertilidad). La vinaza contiene elevados porcentajes de potasio, que se utiliza para enriquecer los suelos. Si bien Tucumán no tiene carencia de tal producto, en otras partes del país y del mundo es muy cotizado, generando una alta demanda que los ingenios tucumanos pueden satisfacer (Nofal, 2011). Sin embargo, la posibilidad de aplicar este sistema en la Argentina fue refutado ya que existe el riesgo de que se contamine el suelo por exceso de este mineral (SIDETEC, 2011).
- ✓ **Oxidación electrolítica**, la misma consiste en neutralizar el contaminante convirtiéndolo en agua "casi potable", y una sustancia casi sólida llamada "barro orgánico", capaz de proveer de potasio a los suelos pobres en dicho componente (SIDETEC, 2011).

Debido al estado desolador de los Ingenios tucumanos, la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación desarrolló junto con la Provincia de Tucumán un acuerdo marco con el objeto de formular y desarrollar un Plan de Reconversión Industrial (PRI) tendiente a disminuir principalmente el impacto ambiental negativo en la Cuenca Salí-Dulce. Esto lo hará a través del tratamiento de efluentes, la mejora de la tecnología, el consumo de agua, el reciclado, la reutilización, el manejo de residuos, la optimización de materias primas y materiales, así como la eficiencia energética, con miras a lograr la eliminación de los impactos negativos que las empresas producen en el ambiente y la comunidad, como así también la necesidad de alcanzar un desarrollo más sustentable (Gob Jujuy, Jefatura de Gabinete de Ministros y Sec Amb y DS, 2007).

Este acuerdo se establece para las industrias sucro-alcoholeras, industrias citrícolas, frigoríficos, papeleras, alimenticias, embotelladoras y textiles; quienes poseen la mayor incidencia de contaminación orgánica del Río Salí-Dulce.

Las metas generales del acuerdo son:

1. Adecuación a la normativa provincial vigente, de los parámetros de vertido, en especial DBO (medida como carga orgánica), Oxígeno Disuelto, Conductividad.
2. Incorporación y/o continuidad de tratamiento de efluentes líquidos.

3. Implementación de sistemas de gestión de residuos sólidos para la adecuación a la normativa vigente.
4. Optimización del uso del agua.
5. Implementación de planes de eficiencia energética.
6. Optimización de los laboratorios de control y monitoreo de efluentes.
7. Incorporación de sistemas de tratamiento de efluentes gaseosos.
8. Incorporación de programas de desarrollo social.
9. Evaluación de pasivos ambientales.

Otras acciones a tomar en cuenta para garantizar el desarrollo del PRI con éxito serían:

- Trabajar con la comunidad sobre Producción y Consumo Sustentables, sensibilizando a la población.
- Invitar a organismos como la estación experimental de Obispo Colombres, para que integren mesas de trabajo de especialistas.
- Hacer un procedimiento especial para la obtención más rápida del certificado de Evaluación de Impacto Ambiental por la provincia.

Para monitorear el desarrollo y cumplimiento del PRI se necesita tanto el control por parte de los inspectores y del ente provincial, como la voluntad y colaboración de las empresas afectadas. Dicho control incluirá: registros permanentes, por parte de las empresas, de sus residuos sólidos, gaseosos y líquidos; presentación anual de estudios de napas y suelos de la zona; diagramas o planos de todos los medios de conducción de efluentes; documentación certificada por escribano público que compruebe la aceptación de recepción del efluente; instalación de sistemas para medición y acciones de mejora continua, entre otras cosas.

De ser establecido y llevado a cabo como corresponde, este programa sería un gran avance para las industrias tucumanas en general, y para los ingenios azucareros en particular; además de sentar un precedente para el resto del país y para futuras acciones de gestión integrada y participativa (Gob Jujuy, Jefatura de Gabinete de Ministros y Sec Amb y DS, 2007).

Amduni, Jessica
Antonelli, Carolina

3.1 B) Ingenios de Salta

I) Ingenio el Tabacal

Este ingenio se encuentra en el departamento de San Ramón de la Nueva Orán. Produce 63 millones/L anuales de alcohol. Se calcula que se generan 819 millones L/año de vinaza (Tabacal Agroindustria, 2009/10).

Este complejo cuenta con un sistema que consiste en la distribución de la vinaza, sin previo tratamiento, en una sucesión de piletas, manteniendo una alta relación superficie/profundidad (18 cm aprox.) para maximizar la evaporación natural del agua contenida en el efluente. Estas piletas son excavaciones en un terreno dispuesto para tal fin (Gob Jujuy, Jefatura de Gabinete de Ministros y Sec Amb y DS, 2007).

El efluente sale de su producción con una concentración de 13°Brix promedio. Al término de un mes aproximadamente, se obtiene un concentrado de vinaza de 38°Bx (38% p/p de sacarosa) con alto contenido de nutrientes.

La superficie utilizada para el proceso de concentración de vinaza es de 20 Ha, aportándose un volumen de 1.200.000 L/diarios, durante 160 días de duración de la zafra. Luego de ello, las piletas no vuelven a utilizarse hasta el año siguiente (Gob Jujuy, Jefatura de Gabinete de Ministros y Sec Amb y DS, 2007).

Una vez que se evapora el agua, los sólidos se recolectan y se trasladan a la playa de compostaje, la cual junto con otros residuos (cachaza, cenizas) se mezclan para producir compost para terrenos con falta de potasio. Posteriormente, el mismo se traslada al campo para su distribución en los surcos, contribuyendo a la fertilización de los cultivos y sustituyendo, en parte, los fertilizantes sintéticos. Este compost también es vendido a invernaderos, por lo que constituye un subproducto rentable.

El Tabacal también cuenta con un programa para la recuperación y transformación de residuos y efluentes de la industria sucro-alcoholera en abonos orgánicos, a través del cual retornan al suelo los nutrientes y la materia orgánica. Para llevar a cabo el programa, se construyeron 40 piletas para la evaporación solar de vinaza (figura 39), que luego es transportada al campo para fertiriego del cañaveral (Tabacal Agroindustria, 2009/10).

La vinaza concentrada también se utiliza para regar las pilas para compostaje de cachaza y ceniza del lavado de humos de caldera; permitiendo la producción de bioabonos, mejoradores de la estructura y materia orgánica de los suelos.

Figura 39: Foto de la pileta de evaporación en el Ingenio El Tabacal.
Fte: Eco Sitio (2012).

II) Ingenio y Destilería San Isidro (figura 40)

El ingenio se encuentra en la localidad de Campo Santo, departamento Güemes. El complejo azucarero cuenta con 11.000 Ha de tierras, de las cuales 3.500 están destinadas a la producción de caña de azúcar, y el resto son tierras aptas para la cría de ganado.

La fábrica de azúcar tiene una capacidad instalada para procesar entre 3.400 a 3.700 Tn de caña por día, con una producción diaria de 340 a 370 Tn de azúcar. Además, posee una destilería de alcohol con una capacidad de producción de 60.000 L/día. Se calcula que se generan 780.000 L/día de vinaza (Ingenio y destilería San Isidro, 2012).

Figura 40: Vista del Ingenio San Isidro **Fte.:** Flores (2010).

Este ingenio cuenta con múltiples alternativas para el tratamiento de vinaza; entre las que se puede destacar (Angulo com. pers.):

- ✓ La producción de abono orgánico, es decir compost de alta calidad, utilizando principalmente vinaza líquida y barro de vinazas; y en menor medida insumos como bagazo, cachaza, minerales naturales y nitrógeno.
- ✓ En el ingenio se destaca mucho la utilización de microorganismos para la elaboración del compostaje el cual contiene vinaza entre otros insumos, ya que trae numerosas ventajas al proceso; entre ellas:
- Acelera el proceso de compostaje (reducción del tiempo de maduración entre un 35% en invierno y un 40% en verano).

- Aumenta la población microbiana en el compost, obteniéndose un producto final con elevado número de microorganismos benéficos, nutrientes estables y fácilmente asimilables. Aplicado al suelo, este tipo de compost genera mejores condiciones de crecimiento y desarrollo de los cultivos.
- Minimiza los malos olores y la presencia de insectos durante el proceso de compostaje.
- Reduce los costos de elaboración del compost, debido a que disminuye el tiempo, el consumo de agua, de combustible y la utilización de espacio físico.

En la actualidad, la producción de compost es de unos 40.000 m^3 y el porcentaje de nitrógeno que posee el mismo es de un 1,4% promedio.

En el ingenio también se lleva a cabo la fermentación aérobica del compost, denominado lombricompost. Este té de lompricompost aplicado al suelo mejora su calidad de vida, brindando condiciones favorables para el crecimiento vegetativo.

El lombricompost es procesado de acuerdo a las normas de bioseguridad. Esto es, alimentando a la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida)* con el compost sanitizado, cuyos parámetros de calidad y sanidad son verificados mediante análisis de laboratorio, para evitar la distribución de coliformes en el cultivo. Éste método sigue en estudio y evolución con el objeto de obtener la mayor cantidad de Unidades Formadoras de Colonias por mililitro (UFC/ml) de microorganismos benéficos (Angulo, com. pers).

En San Isidro también se lleva a cabo el manejo y tratamiento de vinazas a través de piletas de evaporación, que ocupan un área de 12 Ha. El barro proveniente de la sedimentación de las vinazas es utilizado como insumo para la elaboración del compost.

Un estudio realizado por el ingenio, en el cual se analizaron diferentes características de las piletas de evaporación, las cuales son tratadas con poblaciones microbianas, determinó que la presencia de los mismos era totalmente beneficiosa, permitiendo (Angulo, com.pers.):

- Crear competencia desplazando los microorganismos propios de las vinazas, responsables de la generación de malos olores.
- Reducir de manera eficaz la concentración de microorganismos patógenos, como coliformes, Salmonella, bacterias nocivas y sustancias como hormonas y sulfato reductores.

- Una digestión rápida de la materia orgánica, reduciendo consecuentemente la turbidez, equilibrando el pH y el oxígeno disuelto.
- Reducir los valores de DQO, DBO y la densidad de lodos.
- Ayudar a la clarificación de los efluentes, eliminando los sólidos en suspensión; lo que permite verter el líquido inoculado directamente a las acequias de riego.

El ingenio San Isidro continúa investigando para desarrollar la manera más eficiente y económica la inoculación de las piletas de evaporación de vinaza. Esto lo realiza a través de pruebas denominadas “ensayo y error”. El objetivo de dichas pruebas es eliminar los microorganismos patógenos que promueven la generación de gases nocivos, acelerar la descomposición natural de los compuestos orgánicos y promover la biotransformación de las vinazas como biofertilizante sólido y/o líquidos. Para ello cuenta con un laboratorio de Microbiología, que se construyó en el año 2010 en el Ingenio, donde se evalúan cada una de las etapas de producción para lograr abonos orgánicos y biofertilizantes de óptima calidad (Angulo, com.pers.).

Amduni, Jessica
Antonelli, Carolina

4 Propuesta de gestión para el tratamiento de efluentes de tipo vinaza en el Ingenio Ledesma.

4.1 Gestión ambiental para la vinaza

La Gestión Ambiental es el conjunto de actividades humanas que tiene por objeto el ordenamiento racional del ambiente, de manera tal que se consiga un desarrollo sustentable que cubra las necesidades de las generaciones presentes, preservando la posibilidad de que las generaciones futuras satisfagan las suyas (PNUMA, 2010). Esto implica inevitablemente la interrelación con múltiples ciencias, debiendo existir una inter y trans-disciplinariedad para poder abordar las problemáticas.

En lo referente a las vinazas, surge la necesidad de realizar un trabajo de gestión que se traduzca en una propuesta alternativa de su tratamiento, siendo la misma sustentable desde el punto de vista socio-económico y ambiental.

Para justificar dicha propuesta es necesario realizar un análisis de las condiciones y características de las diferentes dimensiones socio-económicas y ambientales que conforman la realidad a nivel nacional, provincial (Jujuy) y empresarial (Ledesma).

Esto lleva a la necesidad de tener en cuenta la promulgación de la Ley Nacional N°26.093/06 de Regulación y Promoción para la producción y uso sustentable de Biocombustibles (Anexo II, pág. 177). La misma establece en sus artículos 7 y 8 que todo combustible líquido caracterizado como gasoil, diésel oil o nafta que se comercialice dentro del territorio nacional, deberá ser mezclado por aquellas instalaciones que hayan sido aprobadas por la autoridad de aplicación para el fin específico de realizar esta mezcla, con la especie de biocombustible, en un porcentaje del 5% como mínimo, medido sobre la cantidad total del producto final.

Dicha Ley cobra vital importancia para el desarrollo de la propuesta; ya que debido a su promulgación, aumentó la demanda y fabricación de alcohol a nivel nacional originando, como consecuencia, un incremento del impacto ambiental asociado a dicha actividad; lo que obliga a contar con un tratamiento eficiente y de bajo costo para la vinaza debido al elevado volumen de generación. Además, abrió las puertas a la investigación de la posibilidad de fabricar biogás a través de este efluente, permitiendo no solo la disminución de su impacto en el ambiente, sino también el aprovechamiento productivo y económico de lo que hoy en día es considerado un residuo con escasa utilidad.

Debido a lo expuesto anteriormente, la propuesta de gestión del presente trabajo está centrada en la necesidad de garantizar el manejo integral del efluente de tipo vinaza, proveniente de la industria alcoholera del Ingenio Ledesma. De esta manera, se procura operar con mínimos impactos ambientales logrando la recuperación y transformación de un producto con potencial pasivo a uno con valor agregado, teniendo en cuenta la legislación vigente en materia ambiental.

Para ello, se evaluaron distintas alternativas tecnológicas e innovaciones puestas en prácticas en otros ingenios o que se encuentran en etapa de investigación, para seleccionar aquella que más se adecue a la zona de estudio, en base a los siguientes parámetros:

- Situación económica de la zona y del ingenio en particular.
- Legislación vigente.
- Superficie de terreno disponible.
- Condiciones edafo-climáticas de la zona.
- Viabilidad económica.
- Características físico-químicas y volumen del efluente.
- Periodo de destilación.

Al evaluar alternativas para el uso y disposición de vinaza producida en el Ingenio Ledesma, se tuvo en cuenta que las mismas:

1. No consideren obras civiles mayores, las cuales provoquen remoción, destrucción, excavación, traslado, deterioro o modificación de algún monumento nacional; ni generará modificación o deterioro en construcciones, lugares o sitios que posean un valor estético, paisajístico, cultural, histórico o científico.
2. No consideren la extracción, explotación, alteración o manejo de especies de flora y fauna que se encuentren en categoría de peligro de extinción, vulnerabilidad o de las cuales no se posean suficientes conocimientos.
3. No consideren el desplazamiento y reubicación de personas que habiten en el lugar de emplazamiento del proyecto; o afecten de manera negativa expresiones culturales de la comunidad.
4. No afecten negativamente la presencia de actividades asociadas al sistema productivo o el acceso de la población, comunidades o grupos humanos a recursos naturales y a los servicios o equipamientos básicos.

5. No generen efectos adversos significativos sobre la calidad de los recursos naturales renovables, considerando para efectos de la evaluación su capacidad de: dilución, dispersión, auto depuración, asimilación y regeneración.

6. No introduzcan al territorio nacional alguna especie de flora o fauna, u organismos modificados genéticamente o mediante otras técnicas, que representen un riesgo para la comunidad y/o el paisaje o los ecosistemas.

El proyecto que se propone consiste en tratar el efluente vinaza, proveniente de la producción de alcohol, mediante dos etapas. En la primera, se tratará el efluente mediante el proceso de digestión anaeróbica. El mismo se desarrollará a través de un bioreactor para uso industrial y comercial. Como efluentes de este proceso se obtiene biogás, CO_2 y vinaza en menor concentración. Es por ello que la propuesta continua en la segunda etapa, en la cual se propone realizar una fitoremediacion para el tratamiento del efluente residual (vinaza), utilizando la especie vetiver (*Chrysopogon zizanioides*).

4.1 A) Etapa 1: Digestión Anaeróbica - Producción de biogás

La digestión anaerobia es un proceso microbiológico complejo que se realiza en ausencia de oxígeno, donde la materia orgánica es transformada en biomasa y compuestos orgánicos, la mayoría de ellos volátiles (Bermúdez et al., 2012).

Para realizar esta etapa, se propone la utilización de un digestor a escala piloto a fin de estudiar la viabilidad de este tratamiento de vinaza mediante la digestión anaeróbica con generación de biogás, con el fin de simular lo que sucedería en un biodigestor a escala real.

Si bien existen varios tipos de reactores diferentes, el que se considera más apropiado para este procedimiento es el de clase UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket)*; el cual es un tipo de bioreactor tubular que opera en régimen continuo y en flujo ascendente, es decir el efluente entra por la parte inferior del reactor, atraviesa todo el perfil longitudinal y los productos resultantes (biogás y efluente residual) salen por la parte superior, como se observa en la figura 41 (Marchaim, 1992).

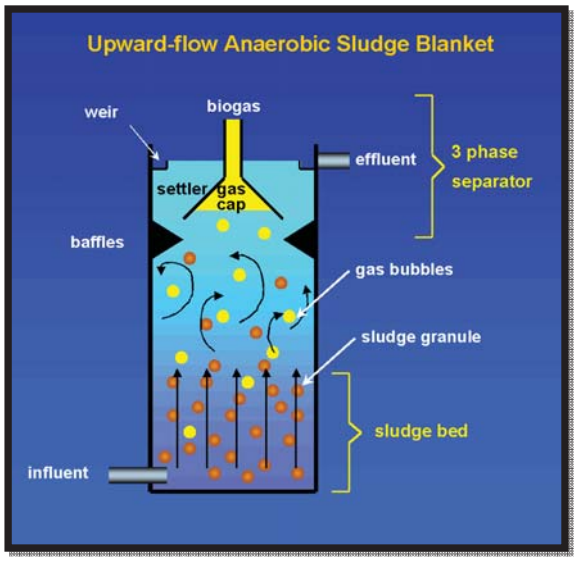


Figura 41: Reactor UASB.
Fte.: Anaerobic Granular Sludge Bed Technology Pages (2005).

El UASB es un sistema trifásico de alta carga que opera como un sistema de crecimiento en suspensión. La elevada concentración de biomasa en el UASB lo hace más tolerante a la presencia de tóxicos.

Consiste esencialmente en una columna abierta, a través de la cual el líquido residual se pasa a una baja velocidad ascensional. El manto de fangos se compone de gránulos o partículas además del agua residual. El fenómeno de granulación que rige la formación de los gránulos constituye la parte fundamental del proceso, ya que el tratamiento del efluente se realiza cuando éste toma contacto con los gránulos del fango (Marchaim, 1992).

En este tipo de sistemas anaerobios las bacterias se agregan de manera natural, formando flóculos y gránulos. Estos agregados densos poseen buenas cualidades de sedimentación, permitiendo la formación de fango activo, lo que hace posible un buen tratamiento, incluso a altas concentraciones de materia orgánica. Esto permite que los reactores UASB puedan soportar mayores cargas orgánicas, además de requerirse un menor volumen de reacción y espacio, y al mismo tiempo se produce una mayor cantidad de biogás y por lo tanto de energía; todo esto constituye una ventaja para el tratamiento de vinazas (Marchaim, 1992).

El gas formado durante el proceso anaeróbico provoca recirculación interna, lo que ayuda a la formación y mantenimiento de las partículas biológicas, sobre las que se adhieren algunas partículas de gas. Tanto este gas adherido, como el gas libre se retienen en el colector de gas que se encuentra en la parte alta del reactor (ver figura 38).

El líquido que ha pasado a través del manto contiene algunos sólidos residuales y gránulos biológicos, que pasan por el sedimentador para separar los sólidos del futuro efluente residual. Los sólidos retornaran a través del sistema de bafle en la parte alta del manto de fango.

Para el buen funcionamiento del bioreactor es necesario por un lado acondicionar previamente la vinaza, la cual es separada de aceites y grasas, es desarenada y se le corrige el pH. Por el otro lado, previa puesta en marcha del reactor, se inocula grandes cantidades de fango, ya que requiere de una alta formación de biomasa floculenta (Bermúdez et al., 2012). De respetarse las condiciones de este pre-tratamiento del efluente, el reactor UASB puede convertir entre un 70 a 95% de la materia orgánica biodegradable en una corriente de biogás valorizable (Marchaim, 1992).

Dentro del proceso de biodigestión anaeróbica podemos distinguir dos etapas fundamentales, según el Manual de Operaciones de Ledesma S.A.A.I.:

I) Fase 1:

El proceso se inicia con la recepción y acondicionamiento de la vinaza proveniente de la destilación de alcohol. La misma debe permanecer un día en el tanque de entrada del bioreactor para lograr su estabilización y enfriamiento, antes de ser bombeada por el digestor. El tiempo de permanencia permite la absorción de posibles variaciones de caudal y concentración de contaminantes orgánicos.

II) Fase 2:

Degradación anaeróbica. Una vez ecualizado y enfriado el efluente, se lo envía al digestor. En este proceso, la materia orgánica contenida en el efluente es transformada principalmente en los gases metano y dióxido de carbono, y en menor medida H_2S y trazas de otros gases.

Esta conversión biológica del sustrato complejo se realiza a través de una serie de reacciones bioquímicas, que transcurren tanto consecutiva como simultáneamente, y cuyo

proceso podemos dividir en tres fases: hidrolisis, fermentación acetogénica y metanogénesis.

- **Hidrólisis**

Las bacterias de esta primera etapa toman la materia orgánica virgen con sus largas cadenas de estructuras carbonadas, las van rompiendo y transformando en cadenas más cortas y simples (ácidos orgánicos) liberando así hidrógeno y dióxido de carbono. Este trabajo es llevado a cabo por un complejo de microorganismos de distinto tipo que son en su gran mayoría anaerobios facultativos.

- **Fermentación Acetogénica**

Esta etapa la llevan a cabo las bacterias acetogénicas, que realizan la degradación de los ácidos orgánicos llevándolos al grupo acético CH_3-COOH y liberando como productos hidrógeno y dióxido de carbono.

Esta reacción es endoenergética, ya que demanda energía para ser realizada. Esto es posible gracias a la estrecha relación simbiótica con las bacterias metanogénicas que substraen los productos finales del medio, minimizando la concentración de los mismos en la cercanía de las bacterias acetogénicas. Esta baja concentración de productos finales es la que activa la reacción y actividad de estas bacterias, haciendo posible la degradación manteniendo el equilibrio energético.

- **Metanogénesis**

Las bacterias intervinientes en esta etapa pertenecen al grupo de las archibacterias que poseen características únicas que las diferencian de todo el resto de las bacterias. Se cree que pertenecen a uno de los géneros más primitivos de vida colonizadoras de la superficie terrestre.

La transformación final cumplida en esta etapa tiene como principal substrato el acético junto a otros ácidos orgánicos de cadena corta. Los productos finales liberados están constituidos por el metano y el dióxido de carbono.

III) Parámetros de operación y control

Según el Manual de Operación de Planta Piloto para tratamiento de vinaza (Ledesma S.A.A.I., 2010) para un buen control, seguimiento y optimización de un proceso anaeróbico es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros de operación:

- **Temperatura**

El proceso anaeróbico se produce en la naturaleza en un amplio rango de temperaturas, que van desde 0º a 97ºC (Muñoz et al, 1987). Sin embargo, la eficiencia del proceso anaeróbico es muy diferente en función de la temperatura del medio. Se habla de tres rangos principales de temperatura: psicrofílico (menor a 35ºC), mesofílico (entre 35 y 45ºC) y termofílico (entre 45 y 65ºC), siendo la tasa máxima especifica de crecimiento mayor conforme la temperatura.

La digestión anaeróbica de la vinaza requiere temperaturas dentro del rango mesofílico, de entre 35 - 45ºC, para que la actividad de las bacterias sea óptima.

En términos generales, a altas temperaturas las tasas de reacción química y biológicas son más rápidas que a bajas temperaturas. La velocidad de reacción de los procesos biológicos depende de la velocidad de crecimiento de los microorganismos responsables, que a su vez dependen de la temperatura (Van Lier, 1995).

En cuanto a:

- Gases NH_3, H_2S y H_2: su solubilidad desciende al aumentar la temperatura, favoreciendo la transferencia líquido-gas, y desapareciendo más rápidamente del medio acuoso.
- Sales: su solubilidad aumenta con la temperatura. Las sales orgánicas son más solubles a altas temperaturas, de esta manera la materia orgánica es más accesible para los microorganismos, y aumenta la velocidad del proceso.
- Compuestos tóxicos: aumentan su solubilidad con la temperatura por lo que serán potencialmente más tóxicos.

- **Contenido de Nutrientes**

El proceso anaeróbico se caracteriza, frente a procesos aeróbicos, por los bajos requerimientos de nutrientes, debido fundamentalmente a los bajos índices de producción de biomasa.

Sin embargo, en la fase de arranque del reactor se debe agregar un aditivo de fango para favorecer la proliferación de bacterias.

- **Velocidad de carga orgánica y Tiempo de retención hidráulico**

El tiempo de retención hidráulico (TRH) es la duración media teórica que permanecen las partículas de un líquido en un proceso de tratamiento, y depende del tipo de reactor utilizado. La fracción de materia orgánica degradada aumenta al incrementar el TRH, sin embargo la producción volumétrica de metano disminuye una vez superado el óptimo.

La velocidad de carga orgánica es la relación de la cantidad de materia orgánica, expresada normalmente como DQO o de Sólidos Volátiles, por unidad de reactor y unidad de tiempo, siendo directamente dependiente de la concentración del sustrato y del TRH.

Altas cargas orgánicas, en ausencia de inhibidores, proporcionan altas producciones volumétricas de biogás.

- **Mezcla**

Según Fernández Rodríguez (2010), la agitación de los reactores anaeróbicos tiene diversos objetivos:

- Poner en contacto sustrato fresco con la población bacteriana y eliminar los metabolitos producidos por los metanogénicos al favorecer la salida de gases.
- Proporcionar densidad uniforme de población bacteriana.
- Prevenir la formación de capa superficial y de espumas, así como la sedimentación en el reactor.
- Prevenir la formación de espacios muertos que reducirán el volumen efectivo del reactor.
- Prevenir la formación de caminos preferenciales en función de la hidráulica del sistema.
- Eliminar la estratificación térmica manteniendo la temperatura uniforme en todo el reactor.

- **PH**

Los microorganismos anaeróbicos necesitan un pH en torno a la neutralidad para su correcto desarrollo, aunque permiten cierta oscilación, presentando problemas graves si el mismo baja por debajo de 6 o sube por encima de 8,3.

Puede requerirse un previo tratamiento del pH de la vinaza mediante la adición de Carbonato de Sodio ya que el efluente se caracteriza por tener un pH ligeramente ácido (entre 4 y 6).

- **Tóxicos e inhibidores**

Casi todos los compuestos en exceso pueden actuar como inhibidores del proceso de degradación anaeróbica, sin embargo en el caso de la vinaza esto no debería presentar problemas.

Un aspecto importante a destacar con respecto al tipo de reactor seleccionado, es que presenta una serie de ventajas sobre los sistemas aerobios convencionales, como por ejemplo, la inversión inicial es menor (costos de implantación y manutención), la producción pequeña de lodos excedentes es pequeña, el consumo de energía eléctrica es bajo ya que no requiere aireación, y por último, su simplicidad en el funcionamiento (Ramírez y Koetz, 1998). Además, son económicos energética y ecológicamente.

Cabe destacar, que si bien su funcionamiento es sencillo, el efluente remanente que se obtiene de los reactores UASB suele necesitar un tratamiento posterior para lograr degradar la materia orgánica restante, nutrientes y patógenos; para mejorar este aspecto es que la propuesta de gestión propone tratarlos mediante fitorremediación (Etapa 2).

4.1 B) Etapa 2: Fitorremediación con la especie *Chrysopogon zizanioides* (vetiver)

La propuesta continúa con el tratamiento de la vinaza residual, mediante fitorremediación con la gramínea vetiver, para disminuir la carga orgánica, conductividad eléctrica y metales pesados, entre otras variables.

Para analizar la capacidad del vetiver para disminuir carga orgánica, y eventualmente metales pesados, es necesario caracterizar y comparar los niveles de los parámetros de calidad en los afluentes y efluentes del sistema de tratamiento.

Para caracterizar la capacidad del vetiver, se plantea comenzar a escala de prueba. Para ello, se propone cultivar esta especie vegetal en 4 tambores plásticos de 100 litros de capacidad, en los cuales se colocará un macollo por cada tanque, podado hasta una altura del follaje de 30 cm. La edad de las plantas será de aproximadamente 9 meses de desarrollo. Se establecerán en cada tanque mediante un sistema sencillo de flotación, el cual consta de dos botellas plásticas de gaseosa 1,5 L, sujetas a una rejilla plástica. Igualmente se instalarán 4 tambores expuestos a las mismas condiciones, pero sin vetiver, que servirán de tratamiento testigo.

El tiempo promedio que una sustancia permanece en un medio se denomina tiempo de residencia equivalente (Tr), y para este caso dicho tiempo se determinó en 20, 15, 10 y 5 días, conformando así los tratamientos 1, 2, 3 y 4.

Cada tratamiento estará conformado por un tambor con vetiver y un tambor sin vetiver, y se realizarán las mediciones de los paramentos elegidos, respetando los tiempos de residencia establecidos.

Los parámetros a medir del efluente son: Conductividad Eléctrica (CE), DBO, DQO, Potasio total (KT), pH, Sólidos totales (ST) y Sólidos suspendidos, fijos y volátiles (550ºC) (SS), Nitrógeno Total (NT), Sulfato (SO_4) y Arsénico (As). Para la medición de cada parámetro se utilizarán las técnicas propuestas por el Laboratorio de DINAMA (1996):

- **CE:** Método conductimétrico: Consiste en la medida directa de la conductividad utilizando una celda de conductividad previamente estandarizada con una solución de KCL.
- **DBO:** Técnica de dilución: La muestra es incubada por 5 días a 20°C en la oscuridad. Se mide la concentración de oxígeno disuelto antes y después de la incubación, y la diferencia corresponde a la DBO.
- **DQO:** Método espectrofotométrico, reflujo cerrado: La muestra se oxida con una cantidad conocida de dicromato de potasio en exceso, en medio ácido y con catalizadores. El $K_2Cr_2O_7$ remanente es determinado espectrofotométricamente a 600 nm.
- **KT:** Método de Espectrofotometría de absorción atómica por llama: La muestra es digerida para reducir la interferencia por materia orgánica. El KT se determina mediante una curva de calibración.
- **pH:** Método electrométrico: Consiste en la determinación de la actividad de los iones hidrógeno por medidas potenciométricas usando un

electrodo combinado o un electrodo estándar de hidrógeno de vidrio con un electrodo de referencia.

- **ST:** Método gravimétrico: consiste en la evaporación repetida de la muestra, su enfriado en desecador y su pesaje hasta que se obtenga peso constante o que la pérdida de peso sea menor al 4% que el peso previo.
- **SS, Volátiles y Fijos:** Método gravimétrico.
- **NT:** Método de Kjeldahl: Consta de tres etapas Digestión, Destilación y Valoración que permite la suma de amonio libre y compuestos orgánicos nitrogenados (FAO, 1997).
- **SO_4:** Método turbidimétrico: El ión sulfato es precipitado en medio acético con cloruro de bario para formar cristales de sulfato de bario. La absorción de luz producida por los cristales se mide con un fotómetro y la concentración de sulfato es determinada por comparación con una curva estándar.
- **As:** Método de espectrofotometría de absorción atómica por generación de hidruros: La muestra es digerida para reducir la interferencia por materia orgánica. El As es medido previa conversión del mismo al hidruro volátil, por reducción con borohidruro de sodio en solución acida. Este hidruro es transportado a una celda de cuarzo caliente donde es atomizado. El contenido de As se determina mediante una curva de calibración.

Posteriormente, a la toma de estos datos, se realizará un análisis estadístico descriptivo a los valores obtenidos de los parámetros evaluados, en cada uno de los tanques con vetiver y sin vetiver. En el mismo, se calculará promedio, desviación estándar, valor máximo y mínimo, coeficiente de variación y rango.

Para calcular la eficiencia de remoción en DBO, DQO, CE, KT, ST, SS, Volátiles y Fijos, NT, AS y SO_4 se utilizará el indicador (Scavo et. al, 2004):

Eficiencia de Remoción (%) = [contaminante de entrada-contaminante de salida] / [contaminante de entrada] *100.

Y para los valores obtenidos de pH, es posible utilizar una variante del indicador anterior:

Eficiencia de Remoción (%) = [contaminante de entrada] / [contaminante de salida] *100

Los resultados que se esperan obtener son: una eficiencia de remoción del 96% en DBO, 98% en DQO, del 78% en ST, 85% en SS, 94% en NT, 83% en pH, una disminución de 460 µScm-1 de CE (Scavo, 2004). Por otro lado, se espera una remoción total del As ya que el nivel umbral de tolerancia de vetiver para este metal se encuentra entre 21 y 72 mg/kg (Red Latinoamericana del Vetiver, 2001). Con respecto a la eficiencia en eliminar potasio y sulfatos, no se encontraron estudios que hayan tomado muestras de los mismos.

Usando una plataforma flotante, el vetiver puede crecer hidropónicamente en el agua con sus raíces sumergidas como se muestra en la figura 42 y 43. El Sistema Hidropónico puede utilizarse para remover contaminantes de lixiviados o efluentes, que son drenados hacia una laguna. Las ventajas de este sistema es que los brotes aéreos del vetiver pueden ser cosechados fácilmente para su uso como forraje, mantillo, substrato para hongos, entre otros; mientras que las raíces pueden ser utilizadas para la extracción de aceites esenciales, utilizados en aromaterapia (Red Latinoamericana de vetiver, 2003).

Figura 42: Sistema hidropónico de Vetiver en lagunas.
Fte.: Red Vetiver Bolivia (2012).

Figura 43: Vetiver en bandeja flotante de telgopor para evitar eutrofización en estanque de cría de peces.
Fte.: Neumann (2011).

Es necesario tener en cuenta que el vetiver es una planta de reproducción asexual, por lo tanto su preparación debe hacerse separando los esquejes de las macollas, podándose las raíces a 5 cm de la base y unos 10-20 cm del follaje, para evitar la deshidratación (Gomis, 1997; Juliard, 1999; Noya, 2002; Rodríguez, 2002). También se recomienda sumergir los esquejes por unos 3 o 4 días en agua después de la poda para inducir la formación de nuevas raíces, siendo un método muy eficiente al inicio de lluvias, (Chalothorn, 1998). Lo óptimo para un buen crecimiento del vetiver es la temporada estival.

Según los resultados que se obtengan en la prueba piloto de fitorremediación, se podría realizar el procedimiento a gran escala. En un sector destinado dentro el Complejo agroindustrial Ledesma, se desarrollaría un cultivo hidropónico de vetiver sobre balsas de caña de bambú flotando en lagunas de vinaza, proveniente de la digestión anaeróbica. Se escogió el bambú como medio de soporte, debido a la gran presencia y disponibilidad de esta planta en el ingenio (figura 44).

Figura 44: Cañas de bambú. **Fte.:** Florpedia (2013)

A través de la combinación de ambas técnicas, se lograría un manejo integral de la vinaza; por un lado con la digestión anaeróbica se aprovecharían las características físico-químicas del efluente para producir biogás, energía renovable que posibilitaría abastecer al Ingenio Ledesma, y a su vez ser comercializado en el mercado. Por otro lado, a través de la fitorremediación con vetiver se minimizaría la agresividad de la misma, lo cual permitiría cumplir con los niveles guía de calidad de agua, establecidos por la legislación vigente. De esta manera, podría ser dispuesta en cuerpos de agua, en suelos o inclusive utilizarse para riego de diversos cultivos.

Finalmente y, considerando que, el objeto del Derecho Ambiental es la regulación de la conducta humana “en relación y función del sistema ambiental” con la finalidad que el mismo sea útil para conciliar la calidad de vida con el desarrollo sustentable del ambiente, se elaboró un resumen de las principales leyes ambientales a nivel nacional (ver tabla 9), para que sean consideradas por el Ingenio Ledesma; sin perjuicio del cumplimiento de las leyes propias de legislación provincial y local.

Tabla 9: Marco legal ambiental vigente en la Constitución Nacional a tener en cuenta por industrias sucro-alcoholeras.

Legislación	Normativa	Descripción
Artículo 41	Ambiente en general	Preservación del Medio Ambiente: Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano
Artículo 42	Preservación del Consumidor y del Usuario	Establece que los consumidores y usuarios de bienes y servicios tienen derecho, en la relación de consumo, a la protección de su salud, seguridad e intereses económicos; a una información adecuada y veraz; a la libertad de elección, y a condiciones de trato equitativo y digno, entre otros.
Articulo 43	Acción de Amparo	Toda persona puede interponer acción expedita y rápida de amparo, siempre que no exista otro medio judicial más idóneo, contra todo acto u omisión de autoridades públicas o de particulares, que en forma actual o inminente lesione, restrinja, altere o amenace, con arbitrariedad o ilegalidad manifiesta, derechos y garantías reconocidos por esta Constitución, un tratado o una ley
Ley 25.675	Ley general del Ambiente	Ley General del Ambiente
Articulo 11 (Ley 25.675)	Evaluación de Impacto Ambiental	Establece que toda obra o actividad que, en el territorio de la Nación, sea susceptible de degradar el ambiente estará sujeta a una evaluación de impacto previa a su ejecución
Articulo 12 (Ley 25.675)	Ley general del Ambiente	Indica que las personas físicas o jurídicas darán inicio al procedimiento con la presentación de una declaración jurada, en lo que se manifieste si la obra o actividades afectarán el ambiente.
Ley 25.831	Acceso a la información ambiental. Presupuestos Mínimos	Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para garantizar el derecho de acceso a la información ambiental que se encontrare en poder del Estado, en el ámbito nacional como provincial, municipal y de entes autárquicos y empresas prestadoras de servicios públicos, sean públicas, privadas o mixtas
Ley N° 25.612	Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicios	Esta ley comprende entre los residuos industriales a cualquier elemento, sustancia u objeto en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, obtenido como resultado de un proceso industrial, por la realización de una actividad de servicio, o por estar relacionado directa o indirectamente con la actividad, incluyendo eventuales emergencias o accidentes, del cual su poseedor, productor o generador no pueda utilizarlo, se desprenda o tenga la

		obligación legal de hacerlo.
Ley 24.295	Cambio Climático	Se aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
Ley 25.438	Cambio Climático	Se aprueba el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
Decreto 822/1998	Cambio Climático	Se crea, en el ámbito de la Secretaría de recursos naturales y desarrollo sustentable de la presidencia de la nación, la Oficina Argentina de Implementación Conjunta
Ley 23.778	Calidad de aire	Se aprueba el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono.
Decreto 2.213/02	Cambio Climático	Se designa a la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable Autoridad de Aplicación de la Ley N° 24.295
Ley 24.051	Residuos Peligrosos	Será considerado peligroso a los efectos de esta ley, todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general. Se establece las normas para su generación, manipulación, transporte y tratamiento
Decreto 831/93	Residuos Peligrosos	Decreto Reglamentario de la Ley 24.051 sobre régimen de desechos peligrosos
Ley 24.449	Tránsito	Se regula el uso de la vía pública, y a la circulación de personas, animales y vehículos terrestres en la vía pública, y a las actividades vinculadas con el transporte, los vehículos, las personas, las concesiones viales, la estructura vial y el medio ambiente, en cuanto fueren con causa del tránsito.
Ley 2.797	Vertido de efluentes	Las aguas cloacales y los residuos nocivos de los establecimientos industriales, no podrán ser arrojados a los ríos de la República sin ser previamente purificados
Res 1076/01	Biocombustibles	Se crea el Programa Nacional de Biocombustibles, relacionado con la problemática del cambio climático. Se establece funciones.

Fte.: Elaboración propia.

Amduni, Jessica
Antonelli, Carolina

CONCLUSIÓN

El Ingenio Ledesma se ha posicionado a través de la historia como uno de los ingenios más importantes del país, en cuanto a producción y desarrollo económico. Actualmente, en el país es el ingenio que cuenta con los tratamientos más eficientes para la disposición de vinaza, ya que posee un manejo integrado de sus procesos productivos.

Debido a las características del efluente de tipo vinaza, este ingenio cuenta con una serie de tratamientos que permiten reducir su volumen y agresividad. Entre ellos, un proceso natural que permite la evaporación de la vinaza a través de piletas para la concentración de la misma y posterior elaboración de compost orgánico; el fertiriego, que consiste en aprovechar los nutrientes del efluente para abonar los cañaverales.

Se observó, a través de la información recopilada en el Ingenio San Isidro, que la adición de poblaciones microbianas al tratamiento evaporativo de vinazas en piletas y a la elaboración de compost trae aparejados numerosos beneficios. Por ello, se recomienda su utilización al Ingenio Ledesma y a los demás ingenios descriptos en este trabajo que utilicen estas alternativas de manejo de vinaza.

Cabe señalar que, si bien la implementación de cualquiera de los tratamientos descriptos de disposición de vinaza, es de uso independiente, la combinación entre algunos de ellos aumentaría el potencial individual. Además, se debe tener en cuenta que las alternativas propuestas en el trabajo se deben implementar en función de las características agroecológicas de las áreas próximas a las destilerías y a la situación económica del ingenio que desee implementarlo.

Es importante destacar que en el presente estudio se realizó un exhaustivo relevamiento de los ingenios sucro–alcoholeros del país, encontrándose que para la mayoría de ellos es escasa o nula la información disponible. Por lo tanto, sería muy importante que dichos ingenios actualizaran sus sitios web o fueran más accesibles a ceder información, lo cual facilitaría la implementación de nuevas propuestas en los mismos, como las que surgen del presente trabajo.

Por otra parte, se pudo detectar un amplio grado de incumplimiento de las normativas ambientales vigentes por parte de algunos de los ingenios sucro-alcoholeros del

país, por lo que sería recomendable que consideraran las leyes nacionales, además de la legislación propia, tanto provincial y municipal.

Cabe destacar, además, que es deber de las autoridades exigir el cumplimiento legal; y es deber de los ingenios tomar conciencia e interiorizar en su política interna el manejo integral y el desarrollo sustentable de sus procesos productivos, para contribuir en la preservación de un ambiente sano.

Mediante el desarrollo de esta propuesta de gestión, se concluye que una de las alternativas más eficientes para el aprovechamiento de vinaza es la generación de biogás, ya que constituye un potencial económico y sustentable para aquellos países ricos en recursos naturales que se encuentran en vías de desarrollo, como sería el caso de nuestro país, además de ser un sustituto de las energías no renovables utilizadas actualmente. Sin dejar de mencionar que la utilización de los reactores tipo UASB resultó una alternativa económica tanta energética como ecológicamente.

La propuesta de fitorremediación con la especie *Chrysopogon zizanioides* ("vetiver"), debido al rango de adaptabilidad que demostró, se considera viable como un tratamiento complementario para reducir la carga contaminante de la vinaza, antes de realizar su disposición final en los cuerpos receptores, por lo que se podría hacer extensible a otros ingenios descriptos en el trabajo.

Amduni, Jessica
Antonelli, Carolina

BIBLIOGRAFIA

ACADEMIC. (2010) http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/116030 (Fecha de consulta: 06 de Octubre de 2012)

Agencia AUPEC. (2009) http://aupec.univalle.edu.co/informes/2009/junio/vinaza.html (Fecha de consulta: 18 de octubre de 2012)

Alessandro José María. (2006) "Producción de Biocombustibles". Tesis de grado. Facultad de Ciencias Económicas, UNLP. Argentina.

Anaerobic Granular Sludge Bed Technology Pages (2005). http://www.uasb.org/ (Fecha de consulta: 05 de abril de 2013)

Anino Pablo e Iturregui María Eugenia. (2011) "Complejo azucarero" Serie: Producción Regional por Complejos Productivos. Secretaría de Política Económica - Subsecretaría de Programación Económica. Dirección Nacional de Programación Económica Regional - Direcciones de Información y Análisis Regional y Sectoria. Ministerio de Economía y Finanza Públicas, Argentina. http://cdi.mecon.gov.ar/docelec/fc1209.pdf (Fecha de consulta: 07 de febrero de 2013)

Barbalho Y. (2006) "Simpósio Colombiano sobre Alcohol Carburante, Destilación de alcohol" Edit. Investigaciones Científicas, Colombia. pp. 38, 49.

Bermúdez Rosa C., Rodríguez Suyén, Martínez Mirna de la C., Terry Adis I. (2012) **"**Ventajas del empleo de reactores UASB en el tratamiento de residuales líquidos para la obtención de biogás". Centro de Estudios de Biotecnología Industrial, Universidad de Oriente, Apartado Postal 4011, Santiago de Cuba, Cuba.

Boso Miguel Angel (1994). "Estratigrafía y sedimentología de las formaciones zapla y lipeon y los depósitos ferriferos asociados en las Sierras Subandinas centrales de Noroeste Argentino" Tesis de Geología. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Argentina.

Buitargo Luis (2011). "El viento norte domina las jornadas de invierno jujeñas", El Tribuno Jujuy, San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina. www.eltribuno.info/jujuy/48094-El-viento-norte-domina-las-jornadas-de-invierno-jujenas.note.aspx (Fecha de consulta: 12 de Julio de 2011)

Buitrago Luis, Larrán Mabel, Hurtado Rafael, Romano Rafael, Savio Ana Magdalena, González Mónica, Portal María y Valdiviezo Mónica (2012). "Cátedra de

Climatología de la Facultad de Ciencias Agraria" Universidad Nacional de Jujuy, Argentina.
http://www.diccionariojujuy.gov.ar/index.php?title=JUJUY,_Climas_de_(caracter%C3%ADsticas) (Fecha de consulta: 20 de Mayo del 2012)

CafePrensa. (2011) Blog de noticias (en línea).
http://cafeprensa.blogspot.com.ar/2011/11/sin-vinaza-en-el-2012.html (Fecha de consulta: 02 de octubre de 2012)

Castellano Edgardo y Borsellino Marcelo (2000). "Aprovechamiento Integral de la Cuenca del Río Bermejo - Argentina" Comisión Regional del Río Bermejo (COREBE).

Castro Mercedes y Lapp Marlene. (2011) "Anatomía de la raíz en Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty (Panicoideae-Poaceae), creciendo en diferentes condiciones de aireación". Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Botánica Agrícola. Edo. Aragua. 2101. Apartado 4579.

Carvalho Paulo Ernani. (2013)
http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies_arboreas_brasileiras/arvore/CONT000fu1i7dcf02wyiv807nyi6s0ner6mz.html (Fecha de consulta: 03 de febrero de 2013)

Central azucarera Tempisque, S.A. (2012) "La cachaza y su empleo como abono orgánico en plantaciones de caña de azúcar". Guanacaste, Costa Rica.
http://www.catsa.net/documentos/La_Cachaza_como_abono.pdf (Fecha de consulta: 07 de febrero de 2013)

Chamy Rolando y Aroca Germán. (2012) "Tratamiento de Vinazas por Digestión Anaerobia". Escuela de Ingeniería Bioquímica. Ediciones universitarias de Valparaíso. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Chile

Chalothorn C. (1998) "Planting vetiver using the bare root soaking technique. In: Proc. ICV-1, ORDPB. Bangkok.

Chiruchi Juan Antonio, Zoboli Juan Gabito, Usher Silvia, Serrentino Carlos, Aguinaga Silvia, Lucas Rosario, Castro Scarone Sandra, Huertas Raquel, Medina Gabriela y Simone Patricia. (1996) "Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes" Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiental. Dirección Nacional de Medio Ambiente. Laboratorio. Edición 1996.

Conil Philippe. (2012) "Manejo de Vinazas: Metanización y Compostaje, Aplicaciones Industriales". Nota técnica - Tecnicaña.

Constitución Nacional Argentina. (1994)

Copersucar. (1978) "Efeitos de aplicação de vinhaça como fertilizante em cana de açúcar". Boletín Técnico N°6. Brasil. 9-14.

Costales Puchaicela Raul F. (2009) **"**Utilización de subproductos de destilería de alcohol (vinaza) como suplemento en la dieta de gallinas ponedoras White Leghorn L33**"** Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Rio Bamba, Ecuador.

Cuenca Antonio (2011). "Filtrado y Tratamiento de productos efluentes de vinaza (aguas de lavados)". Proyecto Amatic. Almería, España.

Dávila Rincón Javier, Machuca Martínez Fiderman y Marrianga Cabrales Nilson. (2009) "Remoción de sólidos totales de vinazas poro electrocoagulación - electroflotación". Escuela de Ingenieria Quimica, Universidad del Valle. Bogotá. Dyna, Vol. 76, N°158. pp 41-47.

Dávila Rincón Javier, Machuca Martínez Fiderman y Marrianga Cabrales Nilson. (2009) "Reducción de demanda química de oxígeno, carbono orgánico total y solidos totales en vinazas mediantes electro-flotaciones/oxidación". Ingeniería e Investigación. Bogotá. Vol.29 N°1. pp 35-38.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092009000100004&script=sci_arttext (Fecha de consulta: 20 de octubre de 2012)

Decloux, M., Bories, A., Lewandowski, R., Fargues, C., Mersad, A., Lameloisea, M. L., Bonnet, F., Dherbecourt, B., Nieto, L. (2002) "Interest of electrodialysis to reduce potassium level in vinasses" Preliminary experiments, Desalination 146. pp. 393 – 398.

Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. (1991) "Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica" Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.

Echeverría María y Capuz Silvia. (2009) "Geografía social y económica de la Argentina" Serie Plata. Ed. A-Z, Buenos Aires.

Eco Sitio (2012). "El Tabacal como ejemplo para Tucumán" http://noticias-ambientales-argentina.blogspot.com.ar/2012/10/el-tabacal-como-ejemplo-para-tucuman.html (Fecha de consulta: 12 de diciembre de 2012)

EEAOC (Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres) (2013) http://www.eeaoc.org.ar/pagina/1 (Fecha de consulta: 18 de abril de 2013)

Editorial El Antillano. (2013) "El azúcar promueve la esclavitud y el capital" http://www.pr1898.com/1898/fichas/azucar/esclavitudcapital_fichas.php (Fecha de consulta: 03 de febrero de 2013)

El Liberal. (2012) "Denuncian que, pese a la clausura, el ingenio Marapa sigue trabajando".http://www.elliberal.com.ar/ampliada.php?ID=26220 (Fecha de consulta: 08 de mayo de 2012)

El Liberal. (2013) "Finalizó investigación por el caso de Braian Maidana y esperan elevación a juicio" http://www.elliberal.com.ar/ampliada.php?ID=81570 (Fecha de consulta: 11 de marzo de 2013)

Espinoza Saavedra Alejandro Jesús. (2010) "Aptitud de Guadua angustifolia Kunth en la elaboración de tableros aglomerados con cemento" Tesis de grado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Estevez R. (1999) "Manual de operaciones de las plantas de levadura de vinazas" 2a ed. La Habana, Cuba. Edit. Martí.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (1997) "Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición" Capitulo 15. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos. Universidad de Chile.

Fernández Rodríguez Juana. (2010) "Optimización de la digestión anaerobia seca de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU) en reactores en fases de temperatura" Tesis doctoral. Universidad de Cádiz, España.

Ferreira S. y Montenegro O. (1987). "Efeitos da aplicacao da vinhaça nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo". Boletín Técnico -COPERSUCAR Vol. 36, pp 1-7. Brasil.

Fitzgibbon F., Nigam P., Singh D. y Marchant R. (1995) "Biological treatment of distillery waste for pollution-remediation". J. Basic Microbiol 35.

Flores Sergio. (2010) "Crónicas e Historias ferroviarias".

http://cronicasehistoriasferroviarias.blogspot.com.ar/2010/11/recorriendo-el-valle-de-sianca_10.html (Fecha de consulta: 12 de abril de 2012)

Florpedia. (2013) Plantas exóticas. http://plantas-exoticas.florpedia.com/-bambu.html (Fecha de consulta: 03 de julio de 2012)

Galvéz, L. (2005) "Etanol. Producción y tendencias de desarrollo". Conferencia: Polo Científico del Oeste. Editorial Polar. La Habana, Cuba.

García Alvaro y Rojas Carlos (2006). "Posibilidades de uso de la vinaza en la agricultura, de acuerdo con su modo de acción en los suelos". Nota Técnica - Tecnicaña. p. 6 - 13.

Gloria, N.A. DA y Orlando Filho, J. (1983) "Aplicacao da vinhaça como fertilizante" Boletín Técnico PLANALSUCAR Vol. 5 N°1, p.5-38, Brasil.

Gobernación de Jujuy, Jefatura de Gabinete de Ministros y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2007) Principios del Acuerdo Marco entre la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación y la Provincia de Tucumán.

Gomis C. (1997) "Estudio comparativo del Vetiver (Vetiveria zizanioides,L) en diferentes condiciones Agroclimáticas y de manejo". Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay. Venezuela.

González Rodríguez MSc. Damarys, Junco Horta Dra Juana Zoila, Soares Fernandes y Denise Antonieta. (2012) "Aprovechamiento de los residuales líquidos procedentes de destilerías en la producción de biogás". Tesis de grado. Centro de Estudios de Medio Ambiente de Matanzas (CEMAM). Facultad de Ingenierías Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Cuba

Google Earth. (2009) Fecha de consulta: 02 de enero de 2013.

Greco María Gabriela (2001). "Nuevos espacios, nuevos trabajadores. Notas en torno al proceso de surgimiento de un ingenio azucarero". Universidad de Buenos Aires. Tercer Encuentro Internacional Humboldt. Salta http://www.cyta.com.ar/suplementos/gecon/articulos/articulos_archivos/geo_v6_n1_a5.pdf (Fecha de consulta: 28 de Mayo de 2012)

Guardo Mario L., Fossati Julio C., Coronel Abel, Rodgers Kirk P., Cordeiro Newton V., Hansen Evald, Pérez Herminio, Serrentino Conrado, Correa Martín, Medina Lázaro, Battiones Juan A., Lessman Helmut, Nan de Picchetti Irma, Da Franca Nelson, Oelsner Jueguen, Heredia Tomás, Marquéz Gerardo, Trigo Daniel, Scartascini Guillermo, Porterfield George y Kleiman Pablo. (1973) "Estudios de

los recursos hídricos de la Alta Cuenca del Río Bermejo y programación para su desarrollo". República Argentina – República de Bolivia (Organización de los Estados Americanos).

Guardo Mario L., Fossati Julio C., Coronel Abel, Rodgers Kirk P., Cordeiro Newton V., Hansen Evald, Pérez Herminio, Serrentino Conrado, Ferrer José, Sánchez Roberto, Macías Marcial, Braun Eitel G., Rocca Enrique, Movia Clara, Parada Efraín, Bazán Flavio, Vallejos Alfredo, Flannery Robert, Benner Tulio, Correa Martín y Arellano Marco. (1973) "Estudios de los recursos de la tierra de la Alta Cuenca del Río Bermejo y programación para su desarrollo". República Argentina – República de Bolivia (Organización de los Estados Americanos).

Hernández Roberto y Echavarría Leandro (2009). "Faja plegada y corrida subandina del noroeste argentino: estratigrafía, geometría y cronología de la deformación" Rev. Asoc. Geol. Argent. Vol. 65, N°1. Buenos Aires, Argentina.

INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) (2010) Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas.

INESCO (Instituto de Estudios Comerciales) (1979) "Estudio de factibilidad para la concentración de vinaza y producción de levadura seca". Ltda Cali, Colombia y PROQUIP SA. (Proyectos e engenharia industrial) Sao Paulo, Brasil.

Ingenio El Viejo. (2013) www.ingenioelviejo.com (Fecha de consulta: 12 de enero de 2013)

Ingenio La Fronterita. (2013) Sitio web oficial. Tucumán, Argentina. http://www.joseminetti.com.ar/actividades_fronterita.htm (Fecha de consulta: 08 de marzo de 2013)

Ingenio San Isidro. (2012) Sitio web oficial. Salta, Argentina. http://www.ingsanisidro.com.ar (Fecha de consulta: 14 de octubre de 2012)

Ingenio San Juan. (2013) Sitio web oficial. Tucumán, Argentina. http://www.ingeniosanjuansa.com.ar/nota.php?id=137 (Fecha de consulta: 01 de febrero de 2013)

Janusz, A., Milewski P. y Lewicki, P. (1988) "Demineralisation of vinasse by electrodialysis". Journal of Food Engineering. Vol. 7 – N°3.

Juliar C. (1999) "Prácticas óptimas recomendadas en la siembre y multiplicación del pasto Vetiver para la prevención de caminos, obras de concreto y muros de

contención". Taller de Bioingeniería para la Construcción Post Mitch. San Salvador. El Salvador. Anexo 3.

Kannan, N., Karthikeyan, G. y Tamilselvan, N. (2006) "Comparison of treatment potential of electrocoagulation of distillery effluent with and without activated areca catechu nut carbón". Journal of Hazardous Materials, Vol. 137, N° 3.

Korndörfer G.H., Nolla Antonio y Gama Ailton J.M. (1994) "Manejo, aplicación y valor fertilizante de la vinaza para caña de azúcar y otros cultivos" Tecnicaña. N°24. Pp 23-30.

Laboratorio de DINAMA. (1996) "Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes". Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Dirección Nacional de Medio Ambiente.

LAMATUR (2012).
http://lamatur.blogspot.com.ar/2012/09/artesania-vetiver-la-marroquina.html (Fecha de consulta: 12 de diciembre de 2012)

Leal G. Iván, Chirinos Elisabeth, Leal Mayra, Morán Héctor y Barrera Wilmer. (2003) "Caracterización físico-química de la vinaza del *Agave Cocui* y su posible uso agroindustrial". Laboratorio de Análisis Químico, Centro de Investigaciones de Ciencias Básicas y Departamento de Química de la Universidad Nacional Experimental de Miranda. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Multiciencias, Vol. 3 N°2.
http://www.redalyc.org/pdf/904/90430202.pdf (Fecha de consulta: 08 de febrero de 2013)

Ledesma S.A.A.I. (2007) Informe: "Estudio de Situación Ambiental Simplificado" Gerencia de Fábrica de Azúcar y Alcohol.

Ledesma S.A.A.I. (2007) Proyectos Federales de Innovación Productiva – Eslabonamientos Productivos. (PFIP – ESPRO).

Ledesma S.A.A.I. (2010) Informe de Actualización de Impactos Ambientales.
http://www.ledesma.com.ar/ (Fecha de consulta: 02 de junio de 2012)

Ledesma S.A.A.I. (2009-10) Informe de Sostenibilidad. Ledesma, Jujuy.
http://www.ledesma.com.ar/ (Fecha de consulta: 02 de junio de 2012)

Ledesma S.A.A.I. (2010-11) Informe de Sostenibilidad. Ledesma, Jujuy.
http://www.ledesma.com.ar/ (Fecha de consulta: 04 de junio de 2012)

Ledesma S.A.A.I. (2010) "Manual de operaciones – Planta Piloto Digestión Anaeróbica de Vinaza".

Ledesma S.A.A.I. Sección Historia. http://www.ledesma.com.ar/nuestra-compania/historia/ (Fecha de consulta: 03 de enero de 2013)

Lumelli Mónica Florentina. (2010) "Fitorremediación. Alcances y aplicación en el agroecosistema argentino. Parte I" Boletín N°0738. Estructplan Consultora S.A., Morón Buenos Aires, Argentina. http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=2371 (Fecha de consulta: 04 de marzo de 2013)

Marchaim Uri (1992) "Biogas Processes for Sustainable Development". Issue 95 of FAO agricultural services bulletin. MIGAL Galilee Technological Centre Kiryat Shmona, Israel.

Marcuzzi Jorge y Bolli María (2007). "Geología y Riesgos Asociados a la Traza de la Ruta Nacional Nº 34 Salta-Jujuy". Cuadernos de la Facultad N° 2, Cátedra de Geología y Mineralogía Facultad de Ingeniería e Informática. Universidad Católica de Salta, Argentina.

Ministerio Público Fiscal. (2007) Actuación Preliminar N° 89. José Minetti y Cía Ltda. Ingenio Bella Vista, Tucumán.

Morandini Miguel. (2011) "Alternativa de manejo de la vinaza en la provincia de Tucumán – Aplicación de vinaza en suelos no productivos" Resolución N° 047. SEMA, Tucumán.

Municipalidad de San Salvador de Jujuy (2011). http://www.sansalvadordejujuy.gov.ar/www_la_ciudad/mapas/jujuy_division_departamental.html (Fecha de consulta: 02 de enero de 2013)

Muñoz R. Marcelo. (1987) "Reactor anaerobio de flujo ascendente en manto de lodo tratando aguas servidas en condiciones de la Sierra" Revista Politécnica, Vol. 12 N°3.

Neumann Roberto. (2011) "Vetiver (*Chrysopogon zizanioides, Poáceas*) para purificar efluentes animales" Salta.

Nofal Mariana. (2011) Jornada "Del efluente al Subproducto" en San Miguel de Tucumán. Organizado por SIDETEC (Secretaría de Estado Innovación y Desarrollo Tecnológico). Tucumán, Argentina.

Noya P.M.J. (2002) "Evaluación de diferentes métodos de propagación, establecimiento y mantenimiento de barreras vivas de vetiver (Chrysopogum zizaniodes), como práctica de conservación de suelos y aguas". Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay. Venezuela.

Ochoa Vásconez Diego Iván. (2009) "Utilización de mostos de destilerías en la alimentación de hembras lecheras". Tesis de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Rio Bamba, Ecuador.

Olivares, M., C. Galán y J. Roa. (2003) "Los composites: Características y aplicaciones en la edificación". Informes de la construcción, Vol. 54, Nº484. Editorial CSIC - Edición electrónica. Sevilla, España.

Olivarez Yachimba Hector Raúl. (2009) "Utilización de subproductos de destilería de alcohol (vinaza) en la alimentación de cerdos de preceba". Tesis de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Rio Bamba, Ecuador.

Orihuela Julio Alegre. (2007) "Manual sobre el uso y manejo del gras Vetiver (Chrsopogon zizanioides)" Organización Panamericana de la Salud – Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Editor del Manual: Julio A. Orihuela. Lima, Perú.

Orlando Filho J. (1991) "Manejo de suelos y uso de fertilizantes para la caña de azúcar en Brasil". Boletín GEPLACEA, Vol. 8 N°3, pp.1-6.

Ortíz Laura. (2011) "La Fermentación alcohólica. Cómo se produce y aplicaciones" Archivos de blogs de Ciencia y Tecnología de Fundación Telefónica. http://blogs.creamoselfuturo.com/bio-tecnologia/2011/03/14/la-fermentacion-alcoholica-como-se-produce-y-aplicaciones/ (Fecha de consulta: 16 de enero de 2013)

Panoramio (2010). http://www.panoramio.com/photo/36307795 (Fecha de consulta: 06 de septiembre de 2012)

Pellini Claudio Arnaldo (2013). "El azúcar: Historia, cultivo y procesamiento de azúcar Claudio". Sitio web: Portal Planeta SEDNA. http://www.portalplanetasedna.com.ar/azucar.htm (Fecha de consulta: 03 de febrero de 2013)

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (2010) Quinto Programa Regional de Capacitación en Derecho y Políticas Ambientales.

Pérez Bermúdez I. y Garrido Carralero N. (2006) "Aprovechamiento integral de vinazas de destilería" Ed. Ingeniería Química. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) http://www.infoambiental.es/html/files/pdf/amb/iq/435/09ARTICULOAB.pdf (Fecha de consulta: 21 de enero de 2013)

Pernalete Zoycris, Piña Francibell, Suárez Madeleine, Ferrer Alexis y Aiello Cateryna. (2008) "Fraccionamiento del bagazo de caña de azúcar mediante tratamiento amoniacal: efecto de la humedad del bagazo y la carga de amoniaco". Bioagro 20, N°1.

Quintero Rafael, Cadena Silvio, O. Briceño Carlos (2008). "Proyectos de investigación sobre uso y manejo de vinaza" (en línea) CENICAÑA. Colombia.

Ramírez, O.; Koetz, P. (1998). "Evaluación de un reactor UASB para el tratamiento de efluentes de la industria de aceite de arroz". V taller y Seminario Latinoamericano de Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales. Viña del Mar, Chile.

Rapoport Mario. (2005) "Historia económica, política y social de la Argentina (1880-2003)" Ediciones Macchi. Buenos Aires.

Red latinoamericana de Vetiver. (2001) Boletín Vetiver N°9. Maracay, Venezuela.

Red latinoamericana de Vetiver. (2003) Boletín Vetiver N°11. Maracay, Venezuela.

Red latinoamericana de Vetiver. (2010) Boletín Vetiver N°15. Maracay, Venezuela.

Red Vetiver Bolivia (2012). http://www.vetiverbolivia.org/art06_tratamientoAguas.php (Fecha de consulta: 05 de julio de 2012).

Red Yaguareté. (2013) http://www.redyaguarete.org.ar/ (Fecha de consulta: 03 de enero de 2013)

Roca Alarcón Guillermo, Glauco Sánchez Caio, Olivares Gómez Edgardo y Barbosa Cortéz Luis Augusto. (2006) "Caracterización del bagazo de la caña de azúcar. Parte I: Características Físicas". 6. Encuentro de Energía en Zonas Rurales, Brasil. http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100036&script=sci_arttext (Fecha de consulta: 07 de febrero de 2013)

Rodríguez Mesina Pablo (2009). "Proyecto: Ruta Provincial Nº 7 Tramo Santa Victoria Oeste – Lipeo "Puente sobre Río Santa Victoria, Accesos y Defensas". Salta, Argentina.

Rodríguez O. (2002) "Establecimiento exitoso de barreras de vetiver en el terreno". Boletín Vetiver Nº10.

Rojas Sariol Lixis, Lorenzo Acosta Yaniris y Domenech López Fidel (2011). "Estudio del consumo de ácidos en el ajuste de pH en diferentes medios de fermentación alcohólica". Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. La Habana, Cuba. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Vol.45 N°2. p. 57–62.

Sánchez Óscar y Cardona Carlos (2005). "Producción biotecnológica de alcohol carburante I: obtención a partir de diferentes materias primas." Interciencia (en línea) Caracas, Venezuela. Vol. 30, N°11.

Sarria Patricia y Preston Thomas (2002) "Reemplazo parcial del jugo de caña con vinaza y uso del grano de soya a cambio de torta en dietas de cerdos de engorde" Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Cali, Colombia. Vol.4 N°1.

Scavo Mónica, Rodríguez Oscar y Luque Oswaldo. (2004) "Estudio de un sistema de tratamientos de aguas residuales complementario, con pasto Vetiver (*Vetiveria Zizanioides L.*), provenientes de una planta de producción de gaseosas, en Villa de Cura, Estado Aragua". Tesis de Maestría en Ingeniería Agrícola. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.

SEMA. (2012) Resolución Nº 047. San Miguel de Tucumán.

SIDETEC (Secretaría de Estado de Innovación y Desarrollo Tecnológico de Tucumán). (2011) "Jornada del Efluente al Subproducto". Tucumán, Argentina. http://www.sidetec.gov.ar/?p=1726 (Fecha de consulta: 06 de junio de 2011)

Siñeriz F. (2009) "Otro combustible para la matriz energética". Simposio: Energías alternativas. Desafíos globales y demandas sociales. UNT – CONICET. Comité de Energía – AUGM.

Tabacal Agroindustria. (2009/10) Reporte de Sostenibilidad, Salta.

Truong Paul. (2000) "The Global Impact of Vetiver Grass Technology on the Environment" Presentación para el Segundo Congreso Internacional de Vetiver en Tailandia. Centro de Ciencias de los Recursos, Departamento de Recursos Naturales Queensland. Brisbane, Australia.

Valdés A. (2007) "Los residuales de la producción de alcohol". Centro de Gerencia de Programas y Proyectos. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Cuba. Presentación de Powerpoint.

Valsechi Octavio. (2011) "La salida al problema de la vinaza estaría en su desecho como fuente rentable" http://www.eldiario24.com/notas.php?id=222929 (Fecha de consulta: 07 de marzo de 2013)

Van Lier J. (1995). "Temperature optima of thermophilic methanogenic sludge: implications for reactor start-up and operation", en Thermophilic anaerobic wastewater treatmewnt; temperature aspects and process stability. Tesis doctoral. Universidad de Wageningen.

Vázquez Héctor y Dacosta Ophélia (2007). "Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas" Artículo arbitrado. Ingeniería Investigación y tecnología, México. Vol.8 N°4.

Villadiego Laura y Nazaret Castro. (2013) "Amarga Dulzura. Una historia sobre el origen del azúcar". Formato electrónico en Carro de Combate. http://periodismohumano.com/economia/la-amarga-historia-del-azucar.html (23 de abril de 2013)

Villafañe Juan Pablo. (2009) Evaluación de Impacto Ambiental: "Manejo y transformaciones de efluente del Ingenio Ledesma" Ledesma, Jujuy.

Villalobos Castillejos Fidel. (2009) "Disminución de la materia orgánica biodegradable presente en vinazas mezcaleras mediante digestión anaeróbica" Tesis de Ingeniería en alimentos. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapan de León, Oaxaca, México.

Ybrahim Patricia. (2009) "Historia de la trinidad" Blog en línea. http://trinidadymedinas.blogspot.com.ar/ (Fecha de consulta: 12 de marzo de 2013)

Zayas T., Rómero, V., Salgado L., Meraz, M., Morales, U. (2007) "Applicability of coagulation/flocculation and electrochemical processes to the purification of biologically treated vinasse effluent". Separation and Purification Technology. Vol.57, N°2.

Zérega Luis M. (1993) "Manejo y uso agronómico de la cachaza en suelos cañameleros". Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Venezuela. Vol. 11 N°2

ANEXOS

ANEXO I

Decreto Reglamentario 5980/06 – Provincia de Jujuy

VISTO :

Las disposiciones de la Ley N° 5063 "General del Medio Ambiente", publicada en el Boletín Oficial del 4 de Septiembre de 1998, la que en los artículos 41 a 50 de la Sección TU, Capítulo IV, Título 1, establece la obligatoriedad de la Evaluación de Impacto Ambiental en la planificación de obras o actividades públicas o privadas susceptibles de producir deterioro ambiental en todo el territorio provincial; y en las Secciones 1, U y IR del Capítulo U del Título U determina que corresponde al Poder Ejecutivo dictar las normas técnicas de calidad ambiental para la protección de la atmósfera, de las aguas y del suelo, y

CONSIDERANDO:

Que la evaluación del impacto ambiental es un instrumento de política ambiental de fundamental importancia, caracterizado como un procedimiento administrativo destinado a identificar, interpretar y prevenir los efectos que proyectos de obras y/o actividades públicas o privadas puedan tener sobre el ambiente;

Que hasta la sanción de la Ley N° 5063, la Provincia de Jujuy no contaba con normas que impusieran obligatoriamente la evaluación previa del impacto ambiental, lo que se puede traducir en conflictos por la realización de importantes obras de desarrollo que pudieran ejecutarse en la Provincia; Que prevenir y controlar el impacto ambiental de obras y/o actividades públicas o privadas es indispensable para proteger el ambiente, preservar los recursos naturales y promover una mejor calidad de vida de las generaciones presentes y futuras; Que la letra y el espíritu de la Ley N° 5063 es el de promover un desarrollo ambientalmente sustentable, buscando armonizar la necesidad de proteger el ambiente con la necesidad de promover el desarrollo económico ya que ambos factores hacen al progresivo mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la provincia de Jujuy; Que el principio enunciado en el párrafo precedente se encuentra consagrado tanto en el artículo 41 de la Constitución Nacional como en el artículo 22 de la Constitución de la Provincia de Jujuy;Que resulta aconsejable diferenciar los proyectos de obras o actividades de mayor o menor impacto ambiental, para someterlos, según ello, a procedimientos de mayor o menor rigurosidad; Que, es necesario incluir en estos procedimientos de evaluación de impacto ambiental, la participación de la comunidad involucrada, mediante la debida publicidad y el moderno mecanismo de las Audiencias Públicas;

Que asimismo es indispensable la consulta y el informe técnico y científico, proveniente tanto de personas fisicas o jurídicas, públicas o privadas, calificadas por sus conocimientos y experiencias, cuanto de organismos administrativos competentes en las distintas áreas de la protección ambiental; Que es imprescindible brindar seguridad jurídica para los proyectos en etapa de ejecución o desarrollo en el ámbito de la Provincia de Jujuy; Que en consecuencia, surge la necesidad de establecer en forma explícita la competencia de la Autoridad de Aplicación Ambiental así como los procedimientos necesarios para adecuar proyectos, actividades, programas o emprendimientos a las exigencias de la sostenibilidad impuestas por la Constitución Provincial y la Ley N° 5063;Que, por todo lo anteriormente expuesto resulta necesario reglamentar Nacional se establecen los valores guías y estándares de calidad; Que resulta necesario garantizar la preservación ambiental, la protección de los

recursos naturales, la calidad de vida de la población, la conservación de la biodiversidad, y el equilibrio de los; Que, de igual modo resulta imperioso para la autoridad administrativa de contralor ambiental, contar con herramientas metodológicas que permitan un eficaz control y gestión del medio ambiente y de los recursos naturales.

Por ello:

EL GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DECRETA:

Artículo 1°) Apruébanse el Cuerpo de Disposiciones que a partir del Artículo 2° del presente Decreto, constituye la "REGLAMENTACIÓN DE LA LEY GENERAL DE MEDIO AMBIENTE - ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL", como Régimen de la Ley N° 5063; y los Anexos I, II, III, IV y V que forman parte integrante del presente)

Autoridad y Ámbito de Aplicación.

Artículo 2°) Entiéndese por Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) al procedimiento técnico-administrativo al que se refiere el Art. 41 de la Ley N° 5063 General del Ambiente, procedimiento destinado a identificar, interpretar, prevenir, evitar o disminuir las los elementos que integran al ambiente natural y humano, los proyectos de obras o actividades públicas o privadas.

Se entiende por Impacto Ambiental a cualquier cambio neto, positivo o negativo, que se provoca sobre el ambiente como consecuencia, directa o indirecta, de acciones antrópicas que puedan producir alteraciones susceptibles de afectar la salud y la calidad de vida, la capacidad productiva de los recursos naturales y los procesos ecológicos esenciales.

Para la ejecución de obras y/o actividades públicas o privadas a realizarse dentro del territorio provincial, y susceptibles de producir efectos o alteraciones sobre el medio ambiente, deberán realizarse estudios previos de impacto ambiental, que serán sometidos al procedimiento de evaluación de impacto ambiental por la autoridad de aplicación de la Ley N° 5063, conforme lo establecido en los artículos 40 a 51de esa Ley y en el presente Decreto Reglamentario.

Quedan expresamente comprendidos los proyectos o acciones que desarrollen el Estado Nacional, Provincial y Municipal.

Artículo 3º) De acuerdo a lo dispuesto en el segundo párrafo del artículo 42 de la Ley 5063, los proyectos de obras o actividades incluidos en los Anexos I y II del presente Decreto, quedan sometidos obligatoriamente al procedimiento de evaluación de impacto ambiental que se reglamenta en el presente.

La enumeración de los Anexos es meramente enunciativa., pudiendo la Autoridad de Aplicación ampliar o reducir las obras o actividades comprendidas mediante el dictado de una resolución fundada, cuando razones de índole científica o técnica así lo aconsejen. Para el caso de otros proyectos de obras o actividades que no se encuentren comprendidos en los Anexos I y II, la autoridad de aplicación determinará particularmente el procedimiento a seguir, debiendo los responsables presentar ante la misma, la solicitud de factibilidad ambiental antes del inicio de la actividad u obra y de cualquier otro trámite destinado a obtener permisos, licencias o autorizaciones de la administración provincial o municipal.

A los efectos del presente Decreto se entiende por proyecto a la propuesta debidamente documentada de obras y/o actividades a desarrollar en determinado tiempo y lugar. Puede estar referido tanto a construcciones o instalaciones, como a otras intervenciones sobre el medio ambiente natural o modificado. Sus etapas son:

1. Idea, prefactibilidad, factibilidad y diseño

2. Construcción, ejecución o materialización
3. Operación o funcionamiento de las obras o instalaciones
4. Clausura o desmantelamiento
5. Post clausura
6. Distribución de competencias - municipios

Artículo 4º) Tanto los proyectos de obra o actividades comprendidos en el Anexo I, como los del Anexo I, deberán someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, que se reglamenta por éste Decreto, ante la autoridad de aplicación provincial. Esta última deberá adoptar las medidas necesarias para coordinar el procedimiento con los municipios involucrados, haciendo cumplir toda la normativa vigente, tanto provincial como municipal.

Los municipios de la provincia, como así también los organismos públicos provinciales competentes, estarán obligados a comunicar en el plazo de 10 (diez) días hábiles a la autoridad de aplicación provincial, las solicitudes de autorización, radicación o habilitación de proyectos de obras o actividades comprendidos en los Anexos I y II de este Decreto, presentadas en el ámbito de su jurisdicción.

Los municipios de la provincia podrán determinar si fuera necesario, procedimientos complementarios para las obras o actividades que puedan alterar el ambiente dentro del territorio bajo su jurisdicción mediante normas Municipales homogéneas y coherentes con los principios y normas consagrados en la Ley N° 5063 y éste Decreto Reglamentario. La autoridad de aplicación provincial, dentro de sus posibilidades, deberá prestar asistencia legal y técnica a los municipios que lo soliciten.

Solicitud de Factibilidad Ambiental.

Artículo 5°) Previamente a cualquier otro trámite, los responsables de los proyectos de obras o actividades incluidos en los Anexos I y II, deberán presentar ante la autoridad de aplicación la "Solicitud de Factibilidad Ambiental" abonando el arancel mínimo que ésta fije en concepto de tasa retributiva de servicios ambientales, la que será integrada conforme lo establece el Art. 30° del presente reglamento. El Estado Provincial estará exento del pago de la mencionada tasa, únicamente cuando presente proyectos a ejecutar directamente por entes públicos provinciales. La "Solicitud de Factibilidad Ambiental" tiene carácter de declaración jurada y debe estar firmada por los responsables legales y técnico del proyecto)

Si se trata de proyectos de obras o actividades incluidos en el Anexo I, se acompañará la solicitud con la presentación del "Estudio de Impacto Ambiental Detallado" de acuerdo a lo establecido por los artículos 8° a 15°.

En el caso de proyectos incluidos en el Anexo II, los responsables junto con la "Solicitud de Factibilidad Ambiental", deberán presentar un "Estudio Simplificado de Impacto Ambiental" de acuerdo a lo pautado por el artículo 16° de este Decreto.

En todos los casos, los Estudios de Impacto Ambiental deberán ser elaborados conforme a los requisitos exigidos por el artículo 19º) de este Decreto Reglamentario.

La autoridad de aplicación podrá requerir la cantidad de copias que resulten necesarias.

Los proponentes de obras o actividades comprendidas en los Anexos I y II del presente podrán presentar a la Autoridad de Aplicación con carácter previo al Estudio de Impacto Ambiental Detallado o del Estudio Simplificado de Impacto Ambiental, según correspondiere, un Aviso de Proyecto solicitando de la Autoridad de Aplicación una declaración en la cual, previa evaluación sumaria del posible impacto, magnitud y/o

carácter interjurisdiccional del proyecto, se pueda exceptuar al mismo de cumplir con el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental previsto en este Decreto o su recalificación.

Recibido el Aviso de Proyecto, la Autoridad de Aplicación deberá recabar el correspondiente informe técnico en la forma que establece el artículo 7. El proponente deberá pagar el arancel mínimo de la tasa retributiva correspondiente. Dentro del plazo de diez días, la Autoridad de Aplicación se expedirá emitiendo un acto administrativo por medio del cual: a). Acepte la solicitud emitiendo una declaración de ausencia de impactos ambientales significativos; en este caso la decisión administrativa será publicada en el Boletín Oficial de la Provincia; o b) Rechace la solicitud, disponiendo la necesidad de que el proyecto u obra en cuestión cumpla con el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental, reglamentado por este Decreto.

Artículo 6°) Para evaluar los Estudios de Impacto Ambiental, la autoridad de aplicación y los otros organismos que eventualmente intervengan, deberán tener en cuenta los siguientes factores:

1. Las características de la obra o actividad.
2. La localización del proyecto.
3. Los insumos del proceso.
4. La magnitud previsible del impacto sobre los recursos naturales (aire, agua, suelo, paisaje, flora y fauna, etc.).
5. El riesgo de accidentes que pudiesen afectar o dañar al ambiente y la salud e integridad fisica o psíquica) de la población.
6. La calidad y cantidad de efluentes y residuos que se pudieran generar.
7. La dimensión del establecimiento.
8. El uso de los servicios públicos.
9. El impacto sobre la salud de la población.
10. El impacto sobre el patrimonio cultural (arqueológico, histórico, etnográfico) y paleontológico.
11. El impacto sobre el medio socioeconómico
12. Los principios de ordenamiento territorial contemplados en la Ley 5063 y su reglamentación
13. La ocupación del suelo rural o urbano.
14. Los estándares y valores fijados en los Anexos III, IV y V de éste Decreto, para las emisiones de contaminantes de aire, agua y suelo. Informes Técnicos.

Artículo 7º) Para la evaluación del impacto ambiental de los proyectos de obras y actividades, la autoridad de aplicación podrá, en los casos en que lo estime necesario, solicitar informes técnicos a otros organismos dependientes de la administración pública provincial con competencia en las áreas o sectores afectados por el proyecto, remitiendo la documentación pertinente. El o los organismos competentes deberán emitir los informes técnicos requeridos dentro de los veinte (20) días corridos de solicitados por la autoridad de aplicación, los que serán incorporados a los antecedentes del proyecto y notificados al proponente. Si dichos organismos no emitieran el informe técnico en el plazo establecido se considerará que no tienen ninguna observación que realizar al proyecto.

En caso que fuera necesario por las características del proyecto de obra o actividad, la autoridad de aplicación podrá realizar consultas o pedir informes técnicos o asesoramiento especializado a profesionales o expertos en las materias de que se trate; a consultoras especializadas; a Universidades Nacionales o privadas y a otros organismos científicamente calificados, públicos o privados, provinciales, nacionales o internacionales. En especial se procurará la colaboración permanente de la Universidad Nacional de Jujuy.

Estudio de Impacto Ambiental Detallado

Artículo 8°) El contenido del Estudio de Impacto Ambiental Detallado es el siguiente :

1. Nombre, domicilio real y legal del responsable legal y del responsable técnico del proyecto de obra o actividad. Tratándose de personas jurídicas se acompañará copia certificada del instrumento constitutivo y de su inscripción en el Registro correspondiente.

2. Descripción de las características del proyecto, con las especificaciones previstas en el artículo 9°. Se deberá incluir un examen de las alternativas técnicamente viables y fundamentación de la opción adoptada.

3. Marco legal aplicable según las orientaciones del artículo 10°.

4. Inventario ambiental, descripción y valoración de las condiciones y características del sistema natural y sociocultural completo del territorio afectado directa e indirectamente, con las especificaciones previstas en el artículo 11°.

5. Identificación, descripción y valoración de los impactos, tanto en la opción adoptada como en sus alternativas, con las especificaciones previstas en el artículo 12°.

6. Medidas de prevención, mitigación y recomposición del impacto ambiental, con las especificaciones previstas en el artículo 13°.

7. Programa de vigilancia ambiental, con las especificaciones previstas en el artículo 14°.

8. Documento de síntesis, con las especificaciones previstas en el artículo 15°. Estos contenidos tiene un carácter orientativo y, en cada caso, los estudios se deberán adaptar a las características de cada proyecto de obra o actividad a evaluar, a la magnitud del emprendimiento y al estado particular del medio ambiente afectado.

Artículo 9°) La descripción de las características del proyecto debe incluir :

1. Objetivos del proyecto y lugar donde se desarrollará el mismo, indicando sus zonas de influencia directa e indirecta y localización de obras auxiliares. Se deberá individualizar la jurisdicción municipal comprendida.

2. Descripción física del proyecto y tecnología. Relación detallada de todas las acciones susceptibles de producir un impacto sobre el medio ambiente. Se deberá analizar tanto la etapa de construcción o ejecución, de funcionamiento u operación normal como de clausura y post clausura.

3. Descripción de los materiales e insumos a utilizar, suelo a ocupar y otros usos y aprovechamientos de recursos naturales en todas las etapas del proyecto.

4. Descripción de los tipos, cantidades y composición de residuos, efluentes, vertidos y emisiones sólidas, líquidas y gaseosas generados por el proyecto tanto en la etapa de construcción o ejecución, como de funcionamiento u operación y de clausura o post clausura, que puedan contaminar la atmósfera, los cuerpos hídricos o el suelo o afectar la flora y la fauna. Se deberán incluir los ruidos, vibraciones, olores y emisiones luminosas o de energías.

5. Lugar, medio de disposición y/o clase de vertido de efluentes contaminantes. Descripción de la forma y lugar de disposición de residuos.

6. Examen de las alternativas técnicamente viables y fundamentación de la opción adoptada.

Artículo 10°) El Marco Legal deberá contener un análisis de la legislación vigente aplicable.

Artículo 11°) El inventario ambiental con la descripción de las condiciones y características del sistema natural y socioeconómico completo del territorio afectado, debe incluir:

1. Estudio del estado de los recursos naturales (atmósfera, geología, geomorfología, aguas, suelo, fauna, flora, paisaje, etc.) y las características ecológicas y ambientales del lugar donde se desarrollará el proyecto y sus zonas de influencia, definiendo la Línea de Base Ambiental. Se deberán especificar las actividades ya existentes.

2. Identificación, censo, inventario, clasificación, cuantificación, valoración y, en su caso, cartografía de todos los aspectos ambientales (población humana, aire, geología, geomorfología, aguas, suelo, fauna, flora, cultivos, clima, paisaje, etc.) que pueden ser afectados por el proyecto en sus distintas etapas.

3. Patrimonio cultural: descripción y valoración de las características socioeconómicas, culturales, arqueológicas y paleontológicas

4. Descripción de las interacciones ecológicas claves y su justificación.

5. Delimitación y descripción cartográfica del territorio afectado directa e indirectamente por el proyecto para cada uno de los aspectos ambientales definidos.

6. Estudio comparativo de la situación ambiental actual y futura, con y sin la actuación derivada del proyecto, para cada alternativa examinada.

Artículo 12°) El capítulo correspondiente a los impactos ambientales, deberá contener la identificación, descripción, localización y valoración de los efectos previsibles de las actividades proyectadas sobre los aspectos ambientales descriptos en el artículo 11°, para cada alternativa examinada.

La identificación de los impactos debe surgir del estudio de las interacciones entre las acciones derivadas del proyecto y las características específicas de los aspectos ambientales afectados en cada caso concreto.

Se deben distinguir los impactos positivos de los negativos; los temporales de los permanentes; los simples de los acumulativos y sinérgicos; los directos de los indirectos; los reversibles de los irreversibles; los recuperables de los irrecuperables; los periódicos, de los de aparición irregular; los continuos de los discontinuos.

Se identificarán los impactos ambientales compatibles, moderados, severos y críticos que se prevean como consecuencia de la ejecución del proyecto y su probabilidad de ocurrencia.

La valoración de estos impactos o efectos, cuantitativa si fuese posible, o cualitativa, expresará los indicadores o parámetros utilizados, empleándose siempre que sea factible normas o estudios técnicos de general aceptación, que establezcan valores límites o guía, según los diferentes tipos de impacto. Cuando el impacto ambiental supere los límites admisibles, deberán adoptarse las medidas de prevención o mitigación que reduzcan el impacto a niveles aceptables o eventualmente, las medidas de compensación necesarias.

Se explicarán las metodologías y procesos de cálculo utilizados en la medición o evaluación de los distintos impactos ambientales registrados, así como la fundamentación científica de los mismos.

Se jerarquizarán los impactos ambientales identificados y valorados, para conocer su importancia relativa.. Asimismo

se efectuará una evaluación global que permita adquirir una visión integrada y sintética del impacto ambiental del proyecto.

Artículo 13°) El estudio previo de impacto ambiental debe incluir una completa y detallada descripción de las medidas que se adoptarán en las distintas etapas del proyecto, con el objeto de prevenir, evitar, eliminar, reducir, mitigar o, en su caso, recomponer los efectos o impactos ambientales negativos. Se deberán prever también planes y medidas para casos de accidentes o contingencias. Se deben describir las

medidas adoptadas para evitar, eliminar o reducir los impactos ambientales en lo referente a su diseño, ubicación, funcionamiento y responsabilidades; procedimientos anticontaminantes, descontaminantes o de depuración y dispositivos de protección del ambiente. Deberá incluir expresamente un compromiso de adecuación a los estándares y valores fijados en los Anexos III, IV y V de éste Decreto, para las emisiones de contaminantes de aire, agua y suelo.

En su caso, se describirán aquellas medidas destinadas a compensar los efectos ambientales negativos, las que pueden consistir en acciones de restauración o recomposición ambiental.

Se debe incluir también el modelo de gestión ambiental del proyecto con los niveles de responsabilidad y los planes de capacitación ambiental para el personal.

Artículo 14º) El programa de vigilancia y monitoreo ambiental establecerá un sistema que garantice el cumplimiento de las medidas descriptas en el artículo anterior así como el control de impactos residuales, incidencias y demás objetivos ambientales contenidos en el estudio previo de impacto ambiental. El Programa de monitoreo deberá evaluar en que medida se cumplieron las previsiones del Estudio y eventualmente adoptar nuevas medidas correctivas. Claramente deberá informar sobre los aspectos del medio y del proyecto que deben ser objeto de vigilancia, frecuencias, niveles máximos permitidos, medidas complementarias y responsabilidades..

Artículo 15°) El documento de síntesis debe incluir sumariamente:

1. Las conclusiones relativas a la viabilidad ambiental del proyecto.
2. Las conclusiones relativas a la justificación de la opción adoptada entre las distintas alternativas técnicamente viables.
3. Resumen de las principales características ambientales y relevancias del entorno en donde se desarrolla el proyecto.
4. Resumen de los impactos ambientales identificados
5. Resumen de las medidas de prevención y mitigación del impacto ambiental y del programa de vigilancia ambiental; tanto para la etapa de ejecución, de funcionamiento, clausura y post clausura.

El documento de síntesis deberá ser breve, redactado con términos claros, concisos, y en la medida de lo posible, comprensibles para un ciudadano común.

Estudio de Impacto Ambiental Simplificado

Artículo 16°) El Estudio de Impacto Ambiental Simplificado contendrá al menos los siguientes contenidos:

1. Nombre, domicilio real y legal del responsable legal y del responsable técnico del proyecto de obra o actividad. Tratándose de personas jurídicas se acompañará copia certificada del instrumento constitutivo y de su inscripción en el Registro correspondiente.
2. Mareo Legal aplicable
3. Denominación y descripción general del proyecto.
4. Objetivos y beneficios socioeconómicos del proyecto.
5. Localización del proyecto con indicación de la jurisdicción municipal correspondiente.
6. Poblaciones más cercanas. Población afectada directa e indirectamente.
7. Superficie del terreno. Superficie cubierta existente y proyectada. Superficies afectadas.
8. Etapas del proyecto y cronogramas.

9. Consumo y otros usos del agua. Fuente, calidad y cantidad.

10. Detalle exhaustivos de materias primas e insumos del proyecto.

11. Tecnología a utilizar y detalle de los procesos.

12. Ensayos, determinaciones, estudios de campo y/o laboratorios realizados.

13. Descripción de los efluentes líquidos y gaseosos, en su cantidad y calidad u otro tipo de emisiones o vertidos, ruidos, vibraciones, olores, energía, emisiones luminosas, partículas, etc.

14. Descripción de los residuos sólidos generados, en su cantidad y calidad.

15. Descripción de la forma de tratamiento y/o lugar de disposición de residuos.

16. Identificación, descripción y valoración de los principales impactos ambientales del proyecto.

17. Medidas adoptadas para prevenir, evitar, eliminar, reducir o mitigar los efectos contaminantes y el impacto ambiental en general.

18. Compromiso de adecuación a los estándares y valores fijados en los Anexos III, IV y V de éste Decreto, para las emisiones de contaminantes de aire, agua y suelo.

Ampliaciones. Plazo.

Artículo 17°) Dentro de los veinte (20) días hábiles de presentado el Estudio de Impacto Ambiental, la autoridad de aplicación podrá solicitar ampliaciones o estudios complementarios, debiendo especificar las informaciones o datos que se deben precisar o ampliar. Esta solicitud de ampliación suspende los plazos previstos en este reglamento y deberá ser justificada técnica o legalmente. Carácter.

Artículo 18°) La Solicitud de Factibilidad Ambiental y el Estudio Previo de Impacto Ambiental tienen carácter de declaración jurada y deben estar firmados por el o los responsables legales del proyecto y por el o los expertos que realizaron el estudio de impacto ambiental.

Requisitos de los Estudios Previos de Impacto Ambiental.

Artículo 19°) Los Estudios Previos de Impacto Ambiental deberán ser efectuados por personas físicas o jurídicas, públicas o privadas, que no tengan relación de dependencia con los propietarios de los proyectos de obra. Los autores de los estudios deberán ser profesionales o técnicos idóneos en las materias que comprendan, inscriptos en el Registro previsto en el artículo 20° y suscribirán el estudio pertinente haciéndose responsables de la veracidad de su contenido. Los autores de los estudios no podrán tener relación laboral vigente con la autoridad de aplicación.

El costo de los estudios estará a cargo del proponente del proyecto. Registro.

Artículo 20°) A los efectos del artículo anterior, la autoridad de aplicación organizará un Registro de Consultores de Estudio de Impacto Ambiental y llamará públicamente a inscribirse en el mismo a personas físicas o jurídicas que estén técnicamente calificadas para actuar individualmente o en equipo, en una o mas áreas relacionadas con las evaluaciones de impacto ambiental.

La autoridad de aplicación fijará los requisitos para inscribirse en el Registro de Consultores. También fijará un arancel administrativo a ser pagado por los interesados por única vez.

La autoridad de aplicación, podrá firmar convenios con organismos de otras provincias o de la Nación a los efectos de reconocer recíprocamente la validez de la inscripción de consultores inscriptos en otras jurisdicciones.

Sanciones.

Artículo 21°) El técnico o profesional inscripto en el Registro que consignare datos falsos en un Estudio de Impacto Ambiental podrá ser suspendido por hasta dos (2) años como consultor. En caso de

reincidencia se dispondrá la baja definitiva del Registro. Ello sin perjuicio de las responsabilidades civil y penal en las que pudiera incurrir.

Publicidad y Participación Ciudadana.

Artículo 22°) Dentro de los veinte (20) días hábiles de presentado el estudio de impacto ambiental de un proyecto o sus ampliaciones, la autoridad de aplicación deberá convocar a Audiencia Pública previa a la emisión del Dictamen de Factibilidad Ambiental con el fin de consultar a la comunidad interesada sobre el proyecto de obra sometido a evaluación de impacto ambiental.

La convocatoria deberá hacerse a través de los medios de comunicación en la forma prevista en el artículo 23º y la Audiencia Pública deberá tener lugar no antes de los quince (15) días corridos contados a partir de la última publicación de dicho artículo.

La Audiencia estará presidida por un representante de la autoridad de aplicación y podrán participar funcionarios, asociaciones intermedias, organismos ambientales no gubernamentales, representantes de los proponentes del proyecto y cualquier habitante de la provincia con interés justificado.

El o los municipios directamente involucrados, si los hubiere, serán notificados especialmente para que participen en la audiencia pública. La autoridad de aplicación establecerá un reglamento para el funcionamiento de las audiencias públicas, dentro de los sesenta (60) días de entrada en vigencia del presente Decreto.

En el día y a la hora para la que fue convocada, se realizará la Audiencia Pública con los presentes. En la misma se dará lectura a las conclusiones de los dictámenes técnicos de los organismos provinciales competentes con respecto a la factibilidad del proyecto. Todos los asistentes podrán emitir su opinión relativa a las características del proyecto *y* sus efectos. Las ponencias y observaciones no serán sometidas a votación y si hubiere conclusiones las mismas no serán vinculantes. Se labrará acta con la síntesis de las exposiciones que formará parte de los antecedentes del proyecto y aquellas objeciones fundadas deberán ser debidamente analizadas en el Dictamen de Factibilidad Ambiental que se dicte.

Artículo 23°) Dentro de los cinco días hábiles de convocada la audiencia pública, el responsable del proyecto deberá publicar, a su cargo, por lo menos durante tres (3) días en un diario de difusión provincial y en el Boletín Oficial de la Provincia una declaración que contenga la descripción sucinta de las características principales del proyecto *y* la fecha, hora *y* lugar donde se realizará la audiencia pública prevista en el artículo 22°.

En dicha publicación se deberá indicar que el Estudio Previo de Impacto Ambiental se encuentra a disposición del público en los lugares que fije la autoridad de aplicación, para que puedan dirigirse los interesados.

Confidencialidad de la Información.

Artículo 24°) Cuando en el procedimiento de ETA se pudieran afectar derechos de propiedad intelectual o industrial se deberá respetar la confidencialidad de esos datos. En consecuencia, los interesados podrán solicitar que se mantenga en reserva la información que haya sido integrada al expediente y que de hacerse pública afectaría derechos de propiedad industrial o intereses lícitos de naturaleza mercantil. En estos casos, la autoridad de aplicación deberá emitir una resolución fundada precisando los alcances de la documentación reservada.

Pautas Orientadoras.

Artículo 25°) Durante la Evaluación de Impacto Ambiental las autoridades intervinientes deberán observar los criterios señalados en el artículo 47° de la Ley N° 5063.

Dictamen de Factibilidad Ambiental.

Artículo 26°) La autoridad de aplicación, una vez emitidos los informes técnicos del artículo 7% escuchados el/los municipio/s interesado/s, y realizada la audiencia pública, analizará todos los antecedentes y dictaminará sobre la Factibilidad Ambiental del proyecto en los sucesivos treinta (30) días a partir del día que tuvo lugar la audiencia pública.

Artículo 27°) De acuerdo a lo dispuesto por el artículo 48° de la Ley N° 5063, el Dictamen de Factibilidad Ambiental deberá pronunciarse :

a) Otorgando la autorización del proyecto para la ejecución de la obra o la realización de la actividad de que se trate en los términos señalados en la solicitud de Factibilidad Ambiental y el Estudio Previo de Impacto Ambiental presentado.

b) Otorgando la autorización del proyecto para la ejecución de la obra o la realización de la actividad proyectada, condicionada a la modificación del proyecto de obra o actividad. En este caso se deberán señalar cuales son las modificaciones que deberán cumplirse para que la realización del proyecto queda autorizada.

c) Negando la autorización del proyecto de obra o actividad, por las razones que se desarrollarán suficientemente en la resolución.

En caso que el Dictamen de Factibilidad Ambiental se aparte de lo recomendado en uno o más de los informes técnicos mencionados, deberá fundar debidamente su decisión.

Artículo 28°) La resolución que contenga el "Dictamen de Factibilidad Ambiental" agota la vía administrativa.. La parte resolutiva de la misma deberá ser publicada, a cargo del proponente, por una vez en el Boletín Oficial y en el mismo medio en el que se hizo la publicación del artículo 23°.

Artículo 29°) Cuando la complejidad de los estudios o la envergadura del impacto ambiental a analizar lo justifique, la autoridad de aplicación podrá ampliar el plazo para emitir el Dictamen de Factibilidad Ambiental hasta treinta (30) días corridos más.

Esta decisión deberá ser notificada al interesado.

Certificado de Aptitud Ambiental.

Artículo 30°) Cuando la autoridad de aplicación se expida por la autorización del proyecto en los términos previstos en el artículo 27% inciso a); o en el caso del inciso b), una vez cumplidas las modificaciones solicitadas; se extenderá a favor del interesado un "Certificado de Aptitud Ambiental', el que acreditará el cumplimiento de las normas de Evaluación de Impacto Ambiental. Previamente a la emisión del certificado el interesado deberá integrar la tasa retributiva de servicios ambientales establecida por el art. 53 de la ley 5063 cuyo monto será fijado por la autoridad de aplicación en base a las pautas de dicha norma.

Artículo 31°) El Certificado de Aptitud Ambiental debe contener:

1. Datos completos del titular.

2. Ubicación del proyecto de obra o actividad.

1. El rubro de la actividad.
2. Plazo o duración temporal de la actividad.
3. Fecha de vencimiento del certificado.

Artículo 32°) El Certificado de Aptitud Ambiental debe renovarse, mediante declaración jurada, cada dos años a partir de la entrada en funcionamiento del proyecto de obra o actividad mediante la presentación de los informes que le solicite la autoridad de aplicación, y el pago de la tasa que la misma fije. De las Reformas o Modificaciones en Proyectos.

Artículo 33°) Para efectuar reformas o modificaciones en los proyectos de obras o actividades originados durante el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental, se debe requerir la autorización de la autoridad de aplicación. A tal efecto la autoridad de aplicación puede requerir precisiones sobre las características de las reformas y, si fuera necesario, una ampliación del estudio previo de impacto ambiental. Luego de ello deberá dictaminar autorizando las reformas propuestas, rechazando las mismas o solicitando adecuaciones que considere procedentes.

De las Reformas o Modificaciones en Establecimientos, Obras o Actividades Existentes.

Artículo 34°) El procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental se aplicará a las reformas o modificaciones sobre establecimientos, obras o actividades ya existentes que no estén comprendidas en el Anexo I, cuando de dichos trabajos resulte una obra que sí esté comprendida en las categorías del Anexo mencionado. Se aplicará también a las obras ya existentes, cuando se realicen trabajos o intervenciones de los que resulte una obra de características sustancialmente distintas de las anteriores.

Artículo 35°) A los efectos del cumplimiento del artículo anterior, las reformas, modificaciones o ampliaciones que se proyecten realizar en un establecimiento, obra o actividad en funcionamiento y que quede encuadrado en las categorías previstas en este Decreto, deben, previo a su efectivización, ser comunicados a la autoridad de aplicación, la que en un plazo de diez (10) días hábiles deberá dictaminar si las modificaciones o reformas que se prevén quedan o no sometidas al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental.

Artículo 36°) Las reformas o modificaciones sobre obras o actividades ya existentes que estén comprendidas en el Anexo II y que podrían alterar el impacto ambiental de las mismas deberán ser comunicadas a la autoridad de aplicación a los efectos que la misma efectúe una nueva calificación sobre el impacto ambiental de las mismas, de acuerdo a lo dispuesto en los artículos 5° a 9° del presente Decreto.

Del Informe de Situación Ambiental de los Establecimientos, Obras o Actividades en Funcionamiento.

Artículo 37°) Los establecimientos industriales, obras o actividades que a la fecha de la entrada en vigencia de esta reglamentación, se encuentren en funcionamiento, concluidas o en desarrollo, y que queden comprendidos en la enumeración de los Anexos I y/o II, deberán presentar ante la autoridad de aplicación en el plazo que esta fije, un "Informe de Situación Ambiental" cuyo contenido será el establecido en el artículo 5° y concordantes, excluyendo todo lo relativo a la etapa de ejecución de la obra y adaptando esas disposiciones a las circunstancias del caso, con el objeto de solicitar la correspondiente Factibilidad Ambiental. Se deberá verificar la adecuación a las normas de protección ambiental vigentes, en especial a los estándares y valores fijados en los Anexos III, IV y V de éste Decreto, para las emisiones de contaminantes de aire, agua y suelo.

Al presentar el Informe, se deberá abonar el arancel mínimo que fije la autoridad de aplicación en concepto de tasa retributiva de servicios ambientales.

Estos Informes serán de libre acceso al público, con excepción de lo previsto en el artículo 24° de éste Decreto Reglamentario.

Artículo 38°) Cumplido lo dispuesto en el artículo anterior, y dentro de los 90 días de presentados los respectivos Informes o ampliaciones, en su caso, la autoridad de aplicación emitirá un Dictamen de Factibilidad Ambiental.

Artículo 39°) El "Dictamen de Factibilidad Ambiental" para los establecimientos, obras o actividades en funcionamiento, deberá pronunciarse:

1. Otorgando el "Certificado de Aptitud Ambiental" a los establecimientos, obras y actividades que se adecuen íntegramente a la normativa de protección ambiental vigente. Al mismo le serán aplicables lo dispuesto en los artículos 30, 31 y 32 del presente Decreto.

2. Otorgando un "Certificado Provisorio de Aptitud Ambiental" para aquellos establecimientos, obras o actividades que se adecuen sólo parcialmente a la normativa vigente de protección ambiental. En estos casos el Dictamen debe incluir las Recomendaciones Técnicas tendientes a evitar, corregir, morigerar o disminuir el impacto ambiental negativo de las actividades evaluadas, adecuándolo progresivamente a las normas vigentes, en especial a los estándares y valores fijados en los Anexos III, IV y V de éste Decreto. Estas recomendaciones técnicas serán obligatorias para los evaluados, quienes podrán concertar con las autoridades competentes un plan de progresivas mejoras con plazos prudenciales que serán fijados por la autoridad de aplicación en base a las circunstancias del caso. Para la determinación del plazo de adecuación se deberá tener en cuenta la magnitud e importancia del impacto ambiental en cuestión y lo dispuesto en el artículo 9° de la Ley N° 5063. Cumplidos dichos plazos serán aplicables las sanciones previstas por la Ley N° 5063 y sus Decretos Reglamentarios. Este Certificado provisorio deberá ser renovado anualmente, para lo cual se deberá acreditar el cumplimiento del plan de mejoras fijado.

3. Disponiendo la suspensión o clausura, provisoria o definitiva., del establecimiento, obra o actividad que se encuentre en infracción a la normativa vigente y que cause graves perjuicios actuales o inminentes al ambiente y/o a la salud de la población afectada.

Previamente a la emisión de los certificados y constancias previstos en los literales a) y b), los interesados deberán integrar la tasa retributiva que fije la autoridad de aplicación.

La resolución que contenga el Dictamen de Factibilidad Ambiental agota la vía administrativa.. El mismo debe ser publicado por una vez en el Boletín Oficial de la Provincia.

De la Vigilancia y Control.

Artículo 40°) La autoridad de aplicación podrá realizar las tareas de seguimiento, vigilancia, fiscalización y control del cumplimiento de lo establecido en los Dictámenes de Factibilidad Ambiental; del cumplimiento de las condiciones declaradas en el Estudio Previo de Impacto Ambiental y otros informes técnicos; de la eficacia de las medidas de protección ambiental adoptadas y de toda otra acción que le corresponda en el ejercicio del poder de policía para el cumplimiento de los objetivos de la Ley N° 5063 y este Decreto Reglamentario. Estas tareas de vigilancia y control las podrá cumplir en forma directa o indirecta a través de terceros especialmente designados a tal efecto. Con ese fin la autoridad de aplicación podrá instrumentar auditorias ambientales.

De los Costos.

Artículo 41°) Sin perjuicio de las cargas ya impuestas en el resto del articulado, los costos y expensas de los procedimientos y demás actos previstos en este Decreto Reglamentario, estarán a cargo del proponente del proyecto de obra o actividad o del titular del establecimiento, obra o actividad ya en funcionamiento, sea

directamente o indirectamente, a través del pago de las tasas y demás contraprestaciones que fije la autoridad de aplicación. Estas deberán ser razonables y proporcionales al servicio prestado o actividad desarrollada.

De las Infracciones.

Artículo 42°) Sin perjuicio de las previsiones contenidas en el capítulo II del Título V de la Ley N° 5063 y su Decreto Reglamentario N° .5606/02 "de las Infracciones y Sanciones" en los casos en que durante la ejecución de obras cuyo proyecto fuera autorizado por el Dictamen de Factibilidad Ambiental, la autoridad de aplicación constate en forma fehaciente incumplimientos del proyecto autorizado y que los mismos sean aptos para comprometer fundamentales exigencias de calidad ambiental, se deberá ordenar, como medida cautelar, la suspensión de los trabajos en cursos de ejecución hasta tanto se garantice el efectivo cumplimiento de las pautas establecidas y que fueron tenidas en cuenta para pronunciar el dictamen favorable. Además de la suspensión se podrán iniciar el procedimiento de sumario ambiental previsto en el mencionado Decreto Reglamentario, con todas las sanciones que pudieran derivarse de acuerdo a la gravedad del incumplimiento.

Artículo 43°) Las mismas sanciones previstas en el artículo anterior se aplicarán en los casos de encubrimiento, ocultamiento o adulteración de datos o información relevante en los estudios o informes presentados o en la ejecución de la obra.

Artículo 44°) Las obras o actividades o reformas o modificaciones de las mismas que se inicien o se efectúen sin cumplir con las normas y procedimientos previstos en este Decreto, serán suspendidas o clausuradas de inmediato, sin perjuicio de las responsabilidades que le pudieran corresponder a sus titulares. La autoridad de aplicación podrá disponer la demolición de las obras construidas en infracción a estas normas, con cargo al infractor.

De las Disposiciones Complementarias.

Artículo 45°) Podrán eximirse del procedimiento completo de evaluación de impacto ambiental aquellos proyectos de obras o actividades que hubieran sido sometidos a un procedimiento similar a nivel nacional, provincial o municipal. En todos los casos, la autoridad de aplicación revisará el procedimiento cumplido pudiendo dictaminar que el mismo es suficiente o requerir estudios complementarios. También se podrán realizar, cuando resulte aconsejable, evaluaciones de impacto ambiental en forma conjunta con organismos competentes de otra provincia o con un organismo regional o nacional.

Artículo 46°) Cuando un proyecto de obra o actividad que por su naturaleza o magnitud halla sido sometido a evaluación de impacto ambiental en virtud de una ley nacional, la autoridad de aplicación podrá requerir copias de todos los antecedentes, y una vez analizados, dictaminará sobre su suficiencia o podrá pedir una ampliación de los estudios sobre aspectos relevantes para la protección del ambiente en el territorio provincial. En ambos casos, la resolución deberá ser fundada y en la misma se podrá requerir medidas correctivas, de mitigación u otros cambios en el proyecto. Se procurará coordinar las acciones con la autoridad de aplicación nacional para unificar los procedimientos y las evaluaciones.

Artículo 47°) El presente Decreto, incluyendo sus anexos, es reglamentario de la Ley N° 5063.

La autoridad de aplicación podrá ampliar o modificar mediante resolución fundada, los Anexos III, IV y V cuando razones de índole científica o técnica así lo aconsejen.

Artículo 48°) La Ley Procesal Administrativa. N° 1886, será de aplicación supletoria al régimen previsto por esta Ley.

Artículo 49°) Previa Toma de Razón por Fiscalía de Estado, vuelva al Ministerio de Producción y Medio Ambiente. Dése al Boletín Oficial para su publicación. Pase a la Dirección Provincial de Políticas

Ambientales y Recursos Naturales. Por Secretaría General de la Gobernación dése cuenta a la Legislatura de la Provincia y remítase copia al Tribunal de Cuentas de la Provincia. Cumplido, ARCHIVESE:

DR. EDUARDO ALFREDO FELLNER

GOBERNADOR

ANEXOS DEL DECRETO 5980/06

ANEXO I: Proyectos sometidos al procedimiento de evaluación de impacto ambiental detallado

a) Plantas industriales siderúrgicas y metalúrgicas o de concentración de minerales.
b) Industria de material eléctrico: incluida la fabricación de pilas, baterías y otros acumuladores
c) Industria del azúcar
d) Industria química, incluyendo: fabricación de pesticidas y productos farmacéuticos, de pinturas y barnices, de elastómeros y peróxidos; almacenamiento de petróleo, productos petroquímicos y químicos; comprendiendo las instalaciones complementarias de otras industrias; almacenamiento y transporte de pesticidas y otros productos tóxicos y peligrosos.
e) Industria del papel y la celulosa
f) Localización de parques y complejos industriales y los proyectos de su correspondiente infraestructura.
g) Fábricas de cemento
h) Instalaciones destinadas a la eliminación, tratamiento, disposición o depósito definitivo de residuos sólidos urbanos, industriales, tóxicos, patológicos, peligrosos o radiactivos.
i) Obras de generación, conducción y/o transformación de energía hidroeléctrica, térmica y nuclear de mas de 300 MW.
j) Planes de desarrollo urbano, esquemas directores y de ordenamiento territorial, códigos de usos de suelo, planes integrales o sectoriales de desarrollo, obras de infraestructuras que excedan los límites de un municipio
k) Plantas de tratamiento de aguas servidas urbanas y suburbanas.
l) Exploración, extracción e industrialización de hidrocarburos y sus derivados.
m) Construcción de oleoductos, gasoductos, acueductos y otros conductores de energías osustancias de alto impacto ambiental.
n) Construcción de represas, diques y embalses con capacidad superior a la que determine la Autoridad de Aplicación.
o) Canalización, regulación y/o trasvasamiento de cuencas hídricas y obras de saneamiento hídrico
p) Construcciones de líneas ferroviarias, rutas y autopistas.
q) Instalación de trenes, tranvías o subterráneos inter urbanos
r) Aeropuertos comerciales con pistas de despegue y aterrizaje de mas de dos (2) kms. de extensión total.
s) Extracción y fabricación de elementos de amianto.
t) Todas aquellas obras o actividades que puedan causar modificación del medio ambiente, de los recursos naturales o de sus procesos fundamentales de funcionamiento que produzca o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables en los mismos.

ANEXO II: Proyectos sometidos al procedimiento de evaluación de impacto ambiental simplificado

1. Agricultura, ganadería y aprovechamientos forestales e instalaciones complementarias.

1.1. Colonización rural.

1.2. Colonización de tierras incultas o semi naturales para explotación agrícola intensiva.

1.3. Hidráulica agrícola.

1.4. Primeras repoblaciones para convertir el tipo de explotación del suelo (cuando entrañen riesgos de transformaciones ecológicas negativas, deforestaciones o desmontes).

1.5. Explotaciones intensivas de aves y de ganado.

1.6. Acuacultura.

1.7. Desmontes.

1.8. Aserraderos

1.9. Campañas de aplicación de pesticidas.

1.10. Campañas de aplicación de fertilizantes.

1.11. Silos y sus instalaciones complementarias.

1.12. Huertas de cultivos alimenticios intensivos.

1.13. Establecimientos de zoocría intensivos.

1.14. Utilización de efluentes líquidos tratados para riego, sean éstos cloacales, industriales, mineros o agrícolas

1.15. Utilización como abonos de los lodos provenientes de sistemas de depuración de líquidos residuales

2. Industrias Extractivas.

2.1. Extracción de rocas y de minerales de 1º, 2º y 3º categorías.

2.2. Prospección petrolera y gasífera.

3. Industrias energéticas.

3.1. Instalaciones destinadas a la producción, conducción y transformación de energía eléctrica, menores de 300 MW.

3.2. Instalaciones destinadas al aprovechamiento de energía geotérmica.

3.3. Instalaciones industriales destinadas al transporte de gas, vapor y agua caliente, energía eléctrica.

3.4. Almacenamiento de gas tanto en instalaciones aéreas como subterráneas.

3.5. Almacenamiento de combustibles fósiles u otros combustibles especiales.

4. Industria Metálica y Trabajos de Metales.

4.1. Montaje de automóviles y construcción relativas a motores. Plantas de desguace.

4.2. Construcción y reparación de aeronaves.

4.3. Fabricación de material ferroviario.

4.4. Carga de fondo para explosivos.

4.5. Trituración y briquetado de minerales metálicos.

4.6. Fabricación de maquinaria, utensillos, piezas o accesorios con o sin tratamiento térmico o desuperficie

4.7. Galvanoplastía

5. Industria de material eléctrico, electrónico y comunicaciones.

5.1. Fabricación de material eléctrico, electrónico y equipamiento para informática y telecomunicaciones

5.2. Fabricación de aparatos eléctricos y electrodomésticos

6. Fabricación de Vidrio.

7. Industrias de Productos Alimenticios.

7.1. Fábricas de cuerpos grasos vegetales y animales.

7.2. Fábricas de conservas de productos vegetales y animales.

7.3. Fábricas de productos lácteos.

7.4. Industria de la cerveza y de la malta.

7.5. Fábricas de caramelos, jarabes, concentrados y bebidas gaseosas.

7.6. Industria para la producción de féculas.

7.7. Industrias para la producción de harina.

7.8. Mataderos y frigoríficos.

7.9. Industrias aceiteras

7.10. Fabricación de vinos y vinagres

7.11. Fabricación de bebidas alcohólicas

8. Industria Textil, del Cuero, de la Madera

8.1. Tratamiento de fibras textiles: Establecimientos de teñidos de fibras, Instalaciones para el lavado, desengrasado y blanqueado de la lana, etc

8.2. Curtiembres.

8.3. Tratamiento de maderas

8.4. Fabricación de tableros de fibras, partículas y contrachapados.

8.5. Fábricas de carbón y de otros combustibles vegetales.

9. Industria del Plástico y la Goma.

10. Industria Tabacalera

10.1. Procesamiento industrial del tabaco

11. Proyectos de Infraestructura.

10.1. Nuevas urbanizaciones

10.2. Ocupación de perilagos, entendiéndose por perilago la zona comprendida entre el cuerpo de agua y la línea de expropiación.

11. Otros Proyectos.

11.1. Producción de asfalto

11.2. Todas aquellas perforaciones, obras, instalaciones, acciones o campañas que pudiesen afectar cursos o cuerpos de agua, tanto superficiales como subterráneas y que no queden comprendidas en el Anexo I o en otro apartado del Anexo II.

11.3. Edificios e instalaciones tanto fijas como móviles, permanentes y/o temporarias, a ubicarse en embalses o cursos o cuerpos de agua destinados a usos múltiples o a provisión de agua potable.

11.4. Actividades comerciales (deportivas, recreacionales, turísticas) en embalses y cursos de agua que incluyen entre sus usos actuales o futuros, la provisión de agua potable.

11.5. Edificaciones, instalaciones y actividades a ejecutar dentro o en áreas contiguas a áreas protegidas provinciales o nacionales.

11.6. Idem anterior con respecto a bienes arqueológicos, paleontológicos o del patrimonio histórico cultural.

11.7. Fabricación, acondicionamiento, carga o encartuchado de pólvora u otros explosivos.

11.8. Depósito de lodos.

11.9. Fabricación de fibras minerales artificiales.

11.10. Cementerios parques

11.11. Instalaciones crematorias

11.12. Ampliación o modificación de los proyecto enunciados en la presente norma.

ANEXO III

CONTAMINACION ATMOSFÉRICA

DEFINICIONES

Normas de calidad de aire:

Son límites legales correspondientes a niveles de contaminantes en el aire, durante un período de tiempo dado.

Nivel guía de emisión:

Concentración de contaminantes o caudales másicos a emitir, tomados como referencia en la selección de la tecnología apropiada para el control de los efluentes gaseosos.

Contaminación de aire:

Presencia en la atmósfera exterior de cualquier agente físico, químico o biológico o sus combinaciones, en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, seguridad o impidan el uso y goce de las propiedades y lugares de recreación.

Efluentes gaseosos:

Toda aquella sustancia en estado aeriforme, sean gases, aerosoles (líquidos y sólidos), material sedimentable, humos negros, químicos, nieblas, que constituyan sistemas homogéneos o heterogéneos y que tengan como cuerpo receptor a la atmósfera.

Contaminante:

Agente químico, físico, biológico o energía que tiene la potencialidad de contaminar.

Caudal másico:

Masa por unidad de tiempo de un contaminante emitido por la fuente.

PROCEDIMIENTO

La Autoridad de Aplicación requerirá a los emisores en primer término, el cumplimiento de los estándares de calidad del aire en entorno (CAPC, en momentos de máxima emisión); en caso de que estas mediciones indicaran que los valores están fuera de las normas indicadas en este **Anexo**, se exigirá a los

responsables la toma de muestras de emisiones, con igual fin. La realización de los muestreos se hará en presencia de personal de la Autoridad de Aplicación, en los lugares y condiciones establecidas por ésta.

Plazo

En aquellos casos en los que los valores de las emisiones de actividades, establecimientos u obras existentes a la entrada en vigencia de este Decreto, superen definidamente lo establecido en el Anexo, deberán convenir con la Autoridad de Aplicación, un programa de reducción de las emisiones, de acuerdo a lo previsto en el artículo 40 de este Decreto Reglamentario.

NORMAS DE CALIDAD DE AIRE AMBIENTE

A. CONTAMINANTES BASICOS

CONTAMINANTE	$\mu g/m^3$	PERÍODO DE TIEMPO
CO	40 10	1 hora 8 horas
SO_2	850 400 80	1 hora 24 horas 1 año
NOx (como NO_2)	400 180 100	1 hora 24 horas 1 año
Plomo	1.5	3 meses
Ozono (Oxidantes Fotoquímicos)	235 120	1 hora 8 horas
SH_2	8	30 minutos
Material Particulado	150	24 horas
(Fracción respirable)	50	1 año
Partículas Sedimentables (mg/cm^2)	1	1 mes
Partículas en suspensión	150	promedio mensual

Amduni, Jessica
Antonelli, Carolina

B. CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

CONSTITUYENTE PELIGROSO	C A S	CONCENTRACIÓN	PERIODO DE PROMEDIO (MINUTOS)
Acetaldehido	75-07-0	0.01	30
Acetato de vinilo	108-05-4	0.15	30
Amoniaco	7664-41-7	1.5	30
Anilina	62-53-3	0.05	30
Arsénico	7440-38-2	0.01	20
Benceno	71-43-2	0.2	20
Cadmio	7440-43-9	0.01	30
Cianuro de hidrogeno	74-90-8	0.015	30
Ciclohexano	110-82-7	1.4	30
Cloro	7782-50-5	0.01	20
Clorobenceno	108-90-7	0.1	30
Cloruro de hidrogeno	7647-01-0	0.05	30
Cresoles	1319-77-3	0.6	30
Cromo	7440-47-3	0.0015	30
Dicloroetano (1,2-)	107-06-2	3	30
Di-isocianato de tolueno	584-84-9	0.05	30
Estireno	100-42-5	0.01	30
Fenol	108-95-2	0.01	20
Fluoruros	16984-48-8	0.02	30
Formaldehido	50-00-0	0.035	30
Hidrocarb. ar. Polinucleares		5	30
Manganeso	7439-96-5	0.03	30
Metil paration	298-00-0	0.008	30
Naftaleno	91-20-3	0.003	30
Niebla acida (h2s04)	7664-93-9	0.006	30
Plomo	7439-92-1	0.002	30
Sulfuro de carbono	75-15-0	0.03	30
Tetracloruro de carbono	56-23-5	4	30
Tolueno	108-88-3	0.6	30
Tricloroetileno	79-01-6	0.2	30
Xilenos	1330-20-7	0.2	30

Estos niveles guía de calidad del aire representan el mejor criterio científico actual, pero los mismos podrán ser modificados por la autoridad de aplicación adecuándolos a los nuevos conocimientos científicos sobre contaminantes.

C. ESTÁNDARES DE EMISIONES GASEOSAS

CONSTITUYENTE PELIGROSO	C A S	DESDE SUPERFICIE (mg/s)	ALTURA CHIMENEA: 30M (mg/s)
Acetaldehído	75-07-0	3.50 E00	1.20 E03
Acetato de vinilo	108-05-4	5.20 E01	1.85 E04
Amoniaco	7664-41-7	5.20 E02	1.85 E05
Anilina	62-53-3	1.80 E01	6.10 E03
Arsénico	7440-38-2	3.20 E00	1.18 E03
Benceno	71-43-2	6.40 E01	2.20 E04
cadmio	7440-43-9	3.50 E00	1.20 E03
cianuro de hidrogeno	74-90-8	5.20 E00	1.85 E03
ciclorexano	110-82-7	4.90 E02	1.70 E05
cloro	7782-50-5	3.20 E00	1.10 E03
clorobenceno	108-90-7	3.50 E01	1.20 E04

cloruro de hidrogeno	7647-01-0	1.80 E01	6.10 E03
cresoles	1319-77-3	210 E02	7.40 E04
cromo	7440-47-3	0.50 E00	1.80 E02
dicloroetano (1,2-)	107-06-2	1.00 E03	3.70 E05
di-isocianato de tolueno	584-84-9	1.80 E01	6.10 E03
dióxido de azufre			5.00 E05
estireno	100-42-5	3.50 E00	1.20 E03
fenol	108-95-2	3.20 E00	1.10 E03
fluoruros	16984-48-8	7.00 E00	2.40 E03
formaldehido	50-00-0	1.20 E01	4.30 E03
hidrocarb. ar. polinucleares		1.70 E03	6.10 E05
manganeso	7439-96-5	1.00 E01	3.70 E03
metil paration	298-00-0	3.00 E00	9.80 E02
naftaleno	91-20-3	1.00 E00	3.70 E02
niebla acida (h2s04)	7664-93-9	2.00 E00	7.40 E02
óxidos de nitrógeno		4.40 E02	1.20 E05
ozono-oxidantes fotoquímicos		1.40 E02	4.20 E04
plomo	7439-92-1	0.70 E00	2.40 E02
sulfuro de carbono	75-15-0	1.00 E01	3.70 E03
sulfuro de hidrogeno	7783-06-4	3.00 E00	9.80 E02
tetracloruro de carbono	56-23-5	1.40 E03	4.90 E05
tolueno	108-88-3	2.10 E02	7.40 E04
tricloroetileno	79-01-6	7.00 E01	2.40 E04
trióxido de azufre			1.00 E05
xilenos	1330-20-7	7.00 E01	2.40 E04

De caracter general:

La Autoridad de Aplicación propondrá la actualización periódica de la Nómina de Constituyentes, sus estándares de emisión, niveles guía de calidad ambiental y período de promedio.

Los Estándares de Emisión son válidas para las siguientes condiciones:

1.- Altura de chimenea 30 metros.

• Temperatura del efluente : 130°C.

• Caudal de gases: 144 m3 / seg.

• Característica del entorno: Llanura uniforme.

• Distancia mínima entre dos chimeneas

ANEXO IV : NIVELES GUÍA DE CALIDAD DE AGUA

A. Niveles guía de calidad de agua para fuentes de agua de bebida humana con tratamiento convencional

CONSTITUYENTE	C A S	NIVEL GUIA (UG/ L)	REFERENCIAS	
pH		6.5-8.5		
DBO_5		20000		
Sólidos Totales Disueltos		1×10^5		
Oxigeno Disuelto (ug/ L O_2)		5000		
Acido nitrico - triacetico	137-13-9	50	B	
Acroleina	107-02-8	542	D	2
Aldicarb	116-06-3	3	D	1
Aldrin	309-00-2	0.03	A	
Aluminio (total)	7429-90-5	200	A	
Amonio (ug/ l ..nh4)	7664-41-7	50	C	1
Antimonio (total)	7440-36-0	10	C	2
Arsenico (total)	7440-38-2	50	A	
Atrazina	1912-24-9	3	D	1
Bario (total)	7440-39-3	1000	B	
Benceno	71-43-2	10	A	
Bencidina	92-87-5	0.0015	D	2
Bendiocarb	22781-23-3	40	B	
Benzo(a) pireno	50-32-8	0.01	A	
Berilio (total)	7440-41-7	0.039	D	2
Bhc-alfa	319-84-6	0.131	D	2
Bhc-beta	319-85-7	0.232	D	2

Bhc-gama (lindano)	58-89-9	3	A	
Bis (2-cloroetil) eter	111-44-4	3.85	D	2
Bis (clorometil) eter	542-88-1	0.000038	D	2
Bis (2-cloroisopropil) eter	108-60-1	5	D	2
Bis (etilhexil) ftalato	117-81-7	21400	D	2
Boro (total)	7440-42-8	1000	C	1
Bromometano	74-83-9	2	D	2
Bromoximil	1689-84-5	5	B	
Cadmio (total)	7440-43-9	5	A	
Carbaril	63-25-2	90	B	
Carbofurano	1563-66-2	40	D	1
Cianazina	21725-46-2	10	B	1
Cianuro (total)	57-12-5	100	A	
Cinc (total)	7440-66-6	5000	B	
Clordano	57-74-9	0.3	A	
Clorobenceno	108-90-7	100	D	1
Clorofenol (2-)	95-57-8	0.1	D	2
Cloroformo	67-66-3	30	A	
Clorometano	74-87-3	1.9	D	2
Clorpirifos	2991-88-2	90	B	
Cloruro de vinilo	75-01-4	20	D	2
Cobre (total)	7440-50-8	1000	B	
Cromo (total)	7440-47-3	50	A	
Cromo (+6)	18540-29-9	50	D	2
D (2,4-)	94-75-7	100	A	
Ddt	50-29-3	1	A	
Diazinon	333-41-5	20	B	
Dibromocloropropano (dbcp)	96-12-8	0.2	D	1
Dibromoetileno	106-93-4	0.05	D	1
Dicamba	1918-00-9	120	B	2
Diclofop-metil	51338-27-3	9	B	1
Diclorobenceno (1,2-)	95-50-1	200	B	
Diclorobenceno (1,4-)	106-46-7	5	B	
Dicloroetano (1,2-)	107-06-2	10	A	1
Dicloroetileno (1,1-)	75-35-4	0.3	A	2
Dicloroetileno (1,2-sis)	540-59-0	70	D	1
Dicloroetileno (1,2-trans)	156-60-5	100	D	1
Diclorofenol (2,4-)	120-83-2	0.3	D	2
Diclorometano	75-09-2	50	B	
Dicloropropano (1,2-)	78-87-5	5	D	1
Dicloropropileno (1,2-)	563-54-2	87	D	2
Dieldrin	60-57-1	0.03	A	
Dimetilfenol (2,4-)	105-67-9	400	D	2
Dimetoato	60-51-5	20	B	1
Dinitrofenol (2,4-)	51-28-5	70	D	2
Dinitrotolueno (2,4-)	121-14-2	1.1	D	2
Diquat	85-00-7	70	B	2
Diuron	330-54-1	150	B	2
Endosulfan	108-60-1	138	D	2
Endrin	72-20-8	0.2	B	2
Estireno	100-42-5	100	D	1
Etilbenceno	100-41-4	700	D	1
Fenol	108-95-2	2	B	
Fluoranteno	206-44-0	190	D	2
Fluoruro (total)	16984-48-8	1500	A	
Forato	298-02-2	2	B	1
Glifosato	1071-83-6	280	B	1
Heptacloro	76-44-8	0.1	A	
Heptacloro epoxido	1024-57-3	0.1	A	
Hexaclorobenceno	118-74-1	0.01	A	
Hexaclorobutadieno	87-68-3	4.5	D	2
Hexaclorociclopentadieno	77-47-4	1	D	2
Hexacloroetano	67-72-1	24	D	2
Hidrocarb. ar. polinucleares	74-87-3	0.03	D	2
Hierro (total)	7439-89-6	300	A	
Isoforone	78-59-1	5	D	2
Malation	121-75-5	190	B	
Manganeso (total)	7439-96-5	100	A	
Mercurio (total)	7439-97-6	1	A	2
Metil-paration	298-00-0	7	B	

Metil-azinfos (gution)	86-50-0	20	B	
Metolaclor	51218-45-2	50	B	1
Metoxicloro	72--43-5	30	A	1
Metribuzina	21087-64-9	80	B	1
Niquel (total)	7440-02-0	25	E	1
Nitrato	1918-00-9	10000	A	2
Nitrito	51338-27-3	50	B	1
Nitrobenceno	98-95-3	30	D	2
Organoclorados totales	106-46-7	10	F	
Organoclorados (no plag.)	107-06-2	1	C	1
Paraquat	1910-42-5	10	B	1
Paration	56-38-2	50	B	1
Pcb (total)	1336-36-3	0.00079	D	2
Pcb-1016 (arochlor 1016)	12674-11-2	2	D	1
Pcb-1221 (arochlor 1221)	11104-28-2	2	D	1
Pcb-1232 (arochlor 1232)	11141-16-5	2	D	1
Pcb-1242 (arochlor 1242)	53469-21-9	2	D	1
Pcb-1248 (arochlor 1248)	12672-29-6	2	D	1
Pcb-1254 (arochlor 1254)	11097-69-1	2	D	1
Pcb 1260 (arochlor 1260)	11096-82-5	2	D	1
Pentaclorobenceno	608-93-5	572	D	2
Pentaclorofenol	87-86-5	10	A	2
Plaguicidas totales	85-00-7	100	B	2
Plata (total)	7440-22-4	50	B	2
Plomo (total)	7439-92-1	50	A	2
Selenio (total)	7782-49-2	10	A	2
Simazine	122-34-9	10	B	1
t (2,4,5-)	93-76-5	280	B	1
Talio (total)	7440-28-0	18	D	2
Temefos	3383-96-8	280	B	1
Terbufos	13071-79-9	1	B	1
Tetracloroetano (1,1,2,2-)	79-34-5	1.7	D	2
Tetracloroetileno	127-18-4	10	A	
Tetraclorofenol (2,3,4,6-)	58-90-2	1	D	1
Tetracloruro de carbono	56-23-5	3	A	
Tolueno	108-88-3	1000	D	1
Toxafeno	8001-35-2	5	B	2
Tp (2,4,5-)	93-72-1	10	B	2
Trialato	2303-17-5	230	B	2
Tribromometano	75-25-2	2	D	2
Tricloroetano (1,1,1-)	71-55-6	200	G	
Tricloroetano (1,1,2-)	79-00-5	6	D	2
Tricloroetileno	79-01-6	30	A	
Triclorofenol (2,3,4-)	15950-66-0	10	H	
Triclorofenol (2,4,6-)	88-06-2	10	A	2
Triclorofluormetano	75-69-4	2	D	2
Trihalometanos	86-50-0	100	G	
Uranio total	51218-45-2	100	B	1
Xilenos (totales)	1330-20-7	10000	D	1

B) Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Agua dulce superficial.

CONSTITUYENTE PELIGROSO	C A S	NIVEL GUIA (UG/ L)	REFERENCIAS		OBSERVACIONES
pH		6.5-9.0			
DBO_5		50000			
Sòlidos Totales Disueltos		$1x10^5$			
Oxígeno Disuelto (µg/L O_2)		5000			
acenaftileno	208-96-8	2	D	2	
acrilonitrilo	107-13-1	26	D	2	
acroleina	107-02-8	0.2	D	2	
aldrin	309-00-2	0.004	B		
aluminio (total)	7429-90-5	5	B		2
amonio (total)	7664-41-7	1370	B		1
antimonio (total)	7440-36-0	16	D	2	
arsenico (total)	7440-38-2	50	B		
benceno	71-43-2	300	B		3
bencidina	92-87-5	2.5	D	2	
berilio (total)	7440-41-7	0.05	D	2	
bhc-alfa	319-84-6	0.01	B		
bhc-beta	319-85-7	0.01	B		
bhc-delta	319-86-8	0.01	B		
bhc-gama (lindano)	58-89-9	0.01	B		
boro (total)	7440-42-8	750	E		
cadmio (total)	7440-43-9	0.2	B		4
carbaril	63-25-2	0.02	E		
cianuro (total)	57-12-5	5	B		5
cinc (total)	7440-66-6	30	B		3
clordano	57-74-9	0.006	B		
clorobenceno	108-90-7	15	B		3
clorofenol (2-)	95-57-8	7	B		
cloroformo	67-66-3	12	D	2	
cobre (total)	7440-50-8	2	B		6

clorofenol (2-)	95-57-8	7	B		
cloroformo	67-66-3	12	D	2	
cobre (total)	7440-50-8	2	B		6
cromo (total)	7440-47-3	2	B		7
ddt	50-29-3	0.001	B		
diclorobenceno (1,2-)	95-50-1	2.5	B		3
diclorobenceno (1,3-)	541-73-1	2.5	B		3
diclorobenceno (1,4-)	106-46-7	4	B		3
dicloroetano (1,2-)	107-06-2	200	D	2	
dicloroetilenos	25323-30-2	12	D	2	
diclorofenol (2,4-)	120-83-2	4	D	2	
dicloropropanos	26638-19-7	57	D	2	
dicloropropenos	26952-23-8	2	D	2	
dieldrin	60-57-1	0.004	B		
difenil hidrazina (1,2)	122-66-7	0.3	D	2	
dimetilfenol (2,4-)	105-67-9	2	D	2	
dinitrotolueno	25321-14-6	2	D	2	
endosulfan-alfa	959-98-8	0.02	B		
endosulfan-beta	33213-65-9	0.02	B		
endrin	72-20-8	0.0023	B		
esteres ftalicos (dbp)		4	B		
esteres ftalicos (dehp)		0.6	B		
esteres ftalicos (otros)		0.2	B		
etilbenceno	100-41-4	700	B		3
fenoles totales	108-95-2	1	B		
fenoxiherbicidas (2,4-d)	94-75-7	4	E		
fluoranteno	206-44-0	4	D	2	
heptacloro epoxido+heptacloro	1024-57-3	0.01	B		
heptacloro+heptacloro epoxido	76-44-8	0.01	B		
hexaclorobenceno	118-74-1	0.0065	B		3
hexaclorobutadieno	87-68-3	0.1	B		
hexaclorociclohexano (isomeros)	608-73-1	0.01	B		
hexaclorociclopentadieno	77-47-4	0.05	D	2	
hexacloroetano	67-72-1	5	D	2	
isoforone	78-59-1	117	D	2	
malation	121-75-5	0.1	E		
manganeso (total)	7439-96-5	100	E		
mercurio (total)	7439-97-6	0.1	B		
metil-azinfos (gution)	86-50-0	0.005	E		
metoxicloro	72-43-5	0.03	E		
naftaleno	91-20-3	6	D	2	
niquel (total)	7440-02-0	25	B		8
nitrito		60	B		
nitrobenceno	98-95-3	27	D	2	
nitrofenoles		0.2	D	2	
paration	56-38-2	0.04	E		

pcb (total)	1336-36-3	0.001	B		
pentaclorobenceno	608-93-5	0.03	B		3
pentacloroetano	76-01-7	4	D	2	
pentaclorofenoles	87-86-5	0.5	B		3
plata (total)	7440-22-4	0.1	B		
plomo (total)	7439-92-1	1	B		9
p-clorometacresol	59-50-7	0.03	D	2	
selenio (total)	7782-49-2	1	B		
t (2,4,5-)	93-76-5	2	B		
talio (total)	7440-28-0	0.4	D	2	
tde	72-54-8	0.006	D	2	
tetraclorobenceno (1,2,3,4-)	634-66-2	0.1	B		3
tetraclorobenceno (1,2,3,5-)	634-90-2	0.1	B		3
tetraclorobenceno (1,2,4,5-)	95-94-3	0.15	B		3
tetracloroetano (1,1,2,2-)	79-34-5	24	D	2	
tetracloroetileno	127-18-4	260	B		3
tetraclorofenoles	25167-83-3	1	B		
tetracloruro de carbono	56-23-5	35	D	2	
tolueno	108-88-3	300	B		
toxafeno	8001-35-2	0.008	B		
tp (2,4,5-)	93-72-1	10	E		
trialato	2303-17-5	10	E		
tribromometano	75-25-2	11	D	2	
triclorobenceno (1,2,3-)	87-61-6	0.9	B		3
triclorobenceno (1,2,4-)	120-82-1	0.5	B		3
triclorobenceno (1,3,5-)	108-70-3	0.65	B		3
tricloroetano (1,1,1-)	71-55-6	18	D	2	
tricloroetano (1,1,2-)	79-00-5	94	D	2	
tricloroetileno	79-01-6	45	D	2	
triclorofenoles	88-06-2	18	B		
uranio (total)	51218-45-2	20	E		
vanadio (total)	7440-62-2	100	E		

OBSERVACIONES:

1- (AMONIO TOTAL) 2.20 mg/ l ..... pH 6.5; Temp. 10°C
.... 1.37 mg/ l..... pH 8.0; Temp. 10°C
2- (ALUMINIO).....5.00 ug/ l .....pH <6.5; [Ca2+] <4.0 mg/ l; COD <2.0 mg/ l
..... 100.00 ug/ l ... .pH <6.5; [Ca2+] <4.0 mg/ l; COD <2.0 mg/ l
3- CRITERIO TENTATIVO. (Benceno-Cinc-Clorobencenos-Etilben-ceno- Etilenos Clorados)
4- (CADMIO).....0.2 ug/ l..... Dureza.....0 - ..60 mg/ l.....(CaC03)
....0.8 ug/ l..... Dureza.. 60 - 120 mg/ l.....(CaC03)
....1.3 ug/ l..... Dureza 120 - 180 mg/ l.....(CaC03)
....1.8 ug/ l..... Dureza .....>180 mg/ l.....(CaC03)
5- (CIANURO) Como cianuro libre.
6- (COBRE).....2.0 ug/ l..... Dureza.....0 - .60 mg/ l.....(CaC03)
.....2.0 ug/ l..... Dureza.. 60 - 120 mg/ l.....(CaC03)
.....3.0 ug/ l..... Dureza 120 - 180 mg/ l.....(CaC03)
.....4.0 ug/ l..... Dureza .....>180 mg/ l.....(CaC03)
7- (CROMO) .....20.0 ug/ l ..Para protección de peces.
.....2.0 ug/ l . Para protección de vida acuática incluyendo fito y zooplancton.
8- (NIQUEL).....25.0 ug/ l.....Dureza.....0 - ..60 mg/ l.....(CaC03)
.....65.0 ug/ l.... Dureza.. 60 - 120 mg/ l.....(CaC03)
....110.0 ug/ l.... Dureza 120 - 180 mg/ l.....(CaC03)
.....150.0 ug/ l.... Dureza .....> 180 mg/ l.....(CaC03)
9- (PLOMO)..... 1.0 ug/ l.... Dureza. ...0 - .60 mg/ l.....(CaC03)
....2.0 ug/ l.... Dureza.. 60 - 120 mg/ l.....(CaC03)
....4.0 ug/ l.... Dureza 120 - 180 mg/ l.....(CaC03)
....7.0 ug/ l.... Dureza .....>180 mg/ l.....(CaC03)

C. Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Aguas saladas superficiales.

CONSTITUYENTE	C.A.S.	NIVEL GUÍA (UG/L)	REFERENCIAS	
pH		6.5 – 8.5		
DBO_5		50000		
Sólidos Totales Disueltos		1×10^5		
Oxigeno Disuelto		5000		
Acenaftileno	208-96-8	7	D	2
Acroleina	107-02-8	0.05	D	2
Aldrin	309-00-2	0.003	E	
Aluminio (total)	7429-90-5	1500	E	
Amonio no ionizable		400	E	
Arsenico (total)	7440-38-2	0.5	D	2
Bario (total)	7440-39-3	1000	B	
Benceno	71-43-2	7	D	2
Bencenos clorados		1	D	2
Berilio (total)	7440-41-7	1500	E	
Bhc-gama (lindano)	58-89-9	0.004	E	
Boro (total)	7440-42-8	500	E	
Cadmio (total)	7440-43-9	5	E	
Cianuro (total)	57-12-5	5	E	
Cinc (total)	7440-66-6	0.2	D	2
Clordano	57-74-9	0.004	E	
Clorofenol (4-)	106-48-9	30	D	2
Cobre (total)	7440-50-8	4	D	2
Cromo (+6)	18540-29-9	18	D	2
Demeton	298-03-3	0.1	E	
Diclorobenceno	25321-22-6	2	D	2
Dicloroetano (1,2-)	107-06-2	113	D	2
Dicloroetilenos	25323-30-2	224	D	2
Dicloropropanos	26638-19-7	31	D	2
Dicloropropenos	26952-23-8	0.8	D	2
Dieldrin	60-57-1	0.003	E	
Dinitrotolueno	25321-14-6	0.6	D	2
Endosulfan	115-29-7	0.087	D	2
Endrin	72-20-8	0.004	E	
Esteres ftalicos		3	D	2
Esteres ftalicos (dbp)		0.001	D	2
Etilbenceno	100-41-4	0.4	D	2
Fenol	108-95-2	1	E	
Fenoxiacidos (2,4-d)	94-75-7	10	E	
Fluoranteno	206-44-0	0.16	D	2
Fluoruro (total)	16984-48-8	1400	E	
Halometanos		64	D	2
Heptacloro	76-44-8	0.0036	D	2
Hexaclorobutadieno	87-68-3	0.03	D	2
Hexaclorociclopentadieno	77-47-4	0.007	D	2
Hexacloroetano	67-72-1	0.9	D	2
Hidrocarb. ar. Polinucleares	74-87-3	0.3	D	2
Malation	121-75-5	0.1	E	

Metoxicloro	72-43-5	0.03	E	
Naftaleno	91-20-3	2	D	2
Naftalenos clorados	90-13-1	0.007	D	2
Niquel (total)	7440-02-0	7.1	D	2
Nitrito		1000	E	
Nitrobenceno	98-95-3	7	D	2
Nitrofenoles		5	D	2
pcb (total)	1336-36-3	0.03	D	2
Pentacloroetano	76-01-7	3	D	2
Pentaclorofenol	87-86-5	0.3	D	2
Plata (total)	7440-22-4	5	E	
Plomo (total)	7439-92-1	10	E	
Selenio (total)	7782-49-2	10	E	
Sulfitos		2	E	
t (2,4,5-)	93-76-5	10	E	
Talio (total)	7440-28-0	2	D	2
Tetracloroetano (1,1,2,2-)	79-34-5	9	D	2
Tetracloroetileno	127-18-4	5	D	2
Tetraclorofenol (2,3,5,6-)	25167-83-3	0.5	D	2
Tetracloruro de carbono	56-23-5	50	D	2
Tolueno	108-88-3	50	D	2
Toxafeno	8001-35-2	0.005	E	
tp (2,4,5-)	93-72-1	10	E	
Tricloroetano (1,1,1-)	71-55-6	31	D	2
Tricloroetileno	79-01-6	2	D	2
Uranio (total)	51218-95-2	500	E	

D. Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Aguas salobres superficiales.

CONSTITUYENTE	C A S	NIVEL GUIA (UG/ L)	REFERENCIAS	
pH		6.5-8.5		
DBO_5		50000		
Sólidos Totales Disueltos		1x10 6		
Oxígeno Disuelto		5000		
Aldrin	309-00-2	0.003	E	
Amonio no ionizable		400	E	
Arsenico (total)	7440-38-2	50	E	
Bhc-gama (lindano)	58-89-9	0.004	E	
Cadmio (total)	7440-43-9	5	E	
Cianuro (total)	57-12-5	5	E	
Cinc (total)	7440-66-6	170	E	
Clordano	57-74-9	0.004	E	
Cobre (total)	7440-50-8	50	E	
Cromo (+6)	18540-29-9	50	E	
D (2,4-)	94-75-7	10	E	
Ddt	50-29-3	0.001	E	
Demeton		0.1	E	
Dieldrin	60-57-1	0.003	E	
Dodecacloro + nonacloro		0.001	E	
Endosulfan	115-29-7	0.034	E	
Endrin	72-20-8	0.004	E	
Fenoles	108-95-2	1	E	
Fluoruro(total)	16984-48-8	1400	E	
Heptacloro	76-44-8	0.001	E	
Heptacloro epoxido	1024-57-3	0.001	E	
Malation	121-75-5	0.1	E	
Mercurio (total)	7439-97-6	0.1	E	
Metil-azinfos (gution)	86-50-0	0.01	E	
Metoxicloro	72-43-5	0.03	E	
Niquel (total)	7440-02-0	100	E	
o. fosf. y carbamatos tot.		10	E	
Paration	56-38-2	0.04	E	
Plomo (total)	7439-92-1	10	E	
T (2,4,5-)	96-76-5	10	E	
Toxafeno	8001-35-2	0.005	E	
Tp (2,4,5-)	93-72-1	10	E	

E. Niveles guía de calidad de agua para irrigación

F. Niveles guía de calidad de agua para bebida de ganado.

CONSTITUYENTE	C A S	NIVEL GUIA (UG/ L)	REFERENCIAS	
PH		6.5-8.5		
DBO_5		50000		
Sólidos Totales Disueltos		1×10^5		
Oxígeno Disuelto		5000		
Aluminio	7429-90-5	5000	B	
Arsénico (total)	7440-38-2	500	B	
Berilo	7440-41-7	100	B	
Boro	7440-42-8	5000	B	
Cadmio	7440-43-9	20	B	
Cinc	7440-66-6	50	B	
Cobalto	7440-48-4	1000	B	
Cobre (total)	7440-50-8	1000	B	
Cromo (total)	7440-47-3	1000	B	
Fluor	7782-41-4	1000	B	
Mercurio	7439-97-6	2	B	
Molibdeno	7439-98-7	500	B	
Niquel	7440-02-0	1000	B	
Plomo	7439-92-1	100	B	
Selenio	7782-49-2	50	B	
Uranio	51218-45-2	200	B	
Vanadio	7440-62-2	100	B	

G. Niveles guía de calidad de agua para recreación

CONSTITUYENTE	C.A.S.	NIVEL GUÍA (UG/L)	REFERENCIAS	
Fenoles Totales		5	K	
Hidrocarburos Totales		300	B	

H. Niveles guía de calidad de agua para pesca industrial.

CONSTITUYENTE	C A S	NIVEL GUÍA (UG/ L)	REFERENCIAS	
Amonio (N –NHh3)		4	K	
Cobre (total)	7440-50-8	40	K	
Nitrito (N - NOg2)		9	K	

ANEXO V : NIVELES GUÍA DE CALIDAD SUELOS

CONSTITUYENTE	C A S	USO AGRÍCOLA	USO RESIDENCIAL	USO INDUSTRIAL	REF.
ácido ftalico, esteres		30			J
alifaticos clorados		0.1	5	50	J
alifaticos no clorados		0.3			J
antimonio (total)	7440-36-0	20	20	40	J
arsénico (total)	7440-38-2	20	30	50	J
bario (total)	7440-39-3	750	500	2000	J
Benceno	71-43-2	0.05		5	J
benzo(a) antraceno	56-55-3	0.1	1	10	J
benzo(a) pireno	50-32-8	0.1	1	10	J
benzo(b) fluoranteno	205-99-2	0.1	1	10	J
benzo(k) fluorantano	207-08-9	0.1	1	10	J
berilo (total)	7440-41-7	4	4	8	J
Boro	7440-42-8	2			J
cadmio (total)	7440-43-9	3	5	20	J
cianuro (libre)		0.5	10	100	J
cianuro (total)	57-12-5	5	50	500	J
cinc (total)	7440-66-6	600	500	1500	J
Clorobenceno	108-90-7	0.1	1		J
Clorobencenos		0.05	2	10	J
Clorofenoles	95-57-8	0.05	0.5	5	J
Cobalto	7440-48-4	40	50	300	J
cobre (total)	7440-50-8	150	100	500	J
comp. fen. no clorados		0.1	1	10	J
cromo (total)	7440-47-3	750	250	800	J
cromo (+6)	18540-29-9	8	8		J
dibenzo(a,h) antraceno	53-70-3	0.1	1	10	J
diclorobenceno (1,2-)	95-50-1	0.1	1	10	J
diclorobenceno (1,3-)	541-73-1	0.1	1	10	J
diclorobenceno (1,4-)	106-46-7	0.1	1	10	J
Estaño	7440-31-5	5	50	300	J
Estireno	100-42-5	0.1	5	50	J
Etilbenceno	100-41-4	0.1	5	50	J
Fenantreno	85-01-8	0.1	5	50	J
fluoruro (total)	16984-48-8	200	400	2000	J
hexaclorobenceno	118-74-1	0.05	2	10	J
hexaclorociclohexano	608731	0.01			J
indeno(1,2,3-cd) pireno	193-39-5	0.1	1	10	J
mercurio (total)	7439-97-6	0.8	2	20	J
Molibdeno	7439-98-7	5	10	40	J
Naftaleno	91-20-3	0.1	5	50	J
niquel (total)	7440-02-0	150	100	500	J
pcb's	1336-36-3	0.5	5	50	J
podd's y podf's		0.00001	0.001		J
Pireno	129-00-0	0.1	10	100	J
plata (total)	7440-22-4	20	20	40	J
plomo (total)	7439-92-1	375	500	1000	J
Quinoleina	91-22-5	0.1			J
selenio (total)	7782-49-2	2	3	10	J
sulfuro (elemental)	18496-25-8	500			J
talio (total)	7440-28-0	1			J
Tiofeno	110-02-1	0.1			J
Tolueno	108-88-3	0.1	3	30	J
Vanadio	7440-62-2	200	200		J
xilenos (totales)	1330-20-7	0.1	5	50	J

Amduni, Jessica
Antonelli, Carolina

Lineamientos para la fijación de los estándares de calidad de agua para constituyentes peligrosos

a) Vertidos en ríos, arroyos, canales.

Deberá cumplirse:

Cd - 10 Cr

Qd - 0,1 Qr

Donde:

Cd: Estándar de calidad de agua para un constituyente peligroso determinado.

Cr: Objetivo de calidad de agua para el uso más restrictivo en el cuerpo receptor.

Qd: Estándar para el caudal diario del vertido.

Qr: Caudal diario mínimo anual promedio de los últimos 10 años que interviene en la dilución del vertido.

b) Vertidos en lagos, lagunas, embalses.

Deberá cumplirse:

Cd - 10 Cr

Qd - 0,1 H / to

Donde:

H: profundidad efectiva de mezcla del volumen de cuerpo receptor que interviene en la dilución.

to: tiempo de residencia hidráulica para el volumen y el caudal de cuerpo receptor que intervienen en la dilución.

c) Vertidos en estuarios (sin influencia de vientos).

Deberá cumplirse:

Cd - 10 Cr

Qd - 0,1 Qr exp - ÚX/E

Donde:

U: velocidad de corriente en dirección de la marea.

X: distancia del punto de vertido a la costa en la dirección de la marea.

E: coeficiente de dispersión en la dirección de la marea.

NOTAS:

Se podrán establecer estándares de vertidos que satisfagan los lineamientos en términos de caudales másicos aunque no lo hagan en forma separada en términos de concentración o caudal volumétrico.

Estos lineamientos simplificados corresponden a condiciones de vertido y cuerpos receptores no universales. En caso de no ser aplicables, la autoridad de aplicación deberá contemplar su adaptación o desarrollos pertinentes.

La AUTORIDAD DE APLICACION ESTABLECERA LOS ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL, LOS OBJETIVOS DE CALIDAD AMBIENTAL Y LOS LIMITES DEL PERMISO DE VERTIDO / EMISION:

a) otorgando plazos razonables y suficientes a los sujetos que realizan el vertido, para que adapten sus instalaciones a los nuevos requerimientos;

b) realizando de manera previa una evaluación de costo económico - beneficio ambiental respecto de las medidas a ser adoptadas, teniendo en consideración las tecnologías disponibles; y

c) procurando no establecer estándares u objetivos diferenciales para industrias en competencia, de manera tal de afectar su capacidad de ofrecer sus bienes y servicios al mercado en condiciones de similitud en sus estructuras de costos ambientales.

Referencias de Tablas 1 a 9

A	Guías para la Calidad del Agua Potable.	
	2	Environmental Protection Agency. Part V. Water Quality Criteria Documents. Availability. Federal Register 45 (231), 79318 - 79379, noviembre, 1980.
		Agua Potable: Los valores fueron calculados teniendo en cuenta la máxima protección para la salud humana a partir del riesgo de incremento de cáncer sobre un período de vida estimado en 10 -5. Agua Dulce (Protección de vida acuática): Idem agua dulce. Los Niveles Guía fueron seleccionados a aprtir de datos de toxicidad aguda y crónica y aplicando factores de seguridad adicionales para compensar la incertidumbre involucrada. Agua Salada (Protección de vida acuática): Idem agua dulce.
E	Legislación Federal de Brasil. Res. CONAMA (Consejo Nacional de Medio Ambiente). Junio, 1986. Tomado de Coletánea de Legislación Ambiental Federal - Estadual, Goberno do Estado Paraná. Secretaría de Estado de Desenvolvimiento Urbano e do Medio Ambiente, 1991.	
	Clase 1	Aguas destinadas a: * abastecimiento doméstico luego de tratamiento simplificado. * protección de comunidades acuáticas. * recreación con contacto directo. * irrigación de hortalizas y frutas que son consumidas crudas. * crianza natural y / o intensiva (acuicultura) de especies comestibles.
	Clase 5	Aguas salobres destinadas a: * recreación con contacto directo. * protección de comunidades acuáticas. * crianza natural y / o intensiva (acuicultura) de especies comestibles.
	Clase 7	Aguas salobres destinadas a: * recreación con contacto directo. * protección de comunidades acuáticas. * crianza natural y / o intensiva (acuicultura) de especies comestibles.
F	Analyse des Trinkwassers im Versorgungsgebieter Stadtwerke Düsseldorf AG, 1991.	
G	Obras Sanitarias de la Nación. Normas mínimas de Calidad de Agua Producida y Liberada al Servicio. Metas Futuras (1993 - 198 - 20001).	
H	Selección de los niveles guía de calidad de agua en función de los diferentes usos del recurso. Cuenca del Plata, República Argentina, 1987.	
I	FAO, 1985 - Máximas concentraciones de elementos trazas en agua de irrigación. Tomado de: Kandiah, A. 1987. - Water Quality in Food Production - Water Quality Bulletin. - Warer for Agriculture - Part. 1, Vol. 12, pp 3 - 8.	

ANEXO II

Ley Nacional 26.093/06

El Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina reunidos en Congreso, etc. sancionan con fuerza de Ley:

CAPITULO I

ARTICULO 1. — Dispónese el siguiente Régimen de Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles en el territorio de la Nación Argentina, actividades que se regirán por la presente ley.

El régimen mencionado en el párrafo precedente tendrá una vigencia de quince (15) años a partir de su aprobación.

El Poder Ejecutivo nacional podrá extender el plazo precedente computando los quince (15) años de vigencia a partir de los términos establecidos en los artículos 7º y 8º de la presente ley.

Autoridad de Aplicación

ARTICULO 2. — La autoridad de aplicación de la presente ley será determinada por el Poder Ejecutivo nacional, conforme a las respectivas competencias dispuestas por la Ley Nº 22.520 de Ministerios y sus normas reglamentarias y complementarias.

Comisión Nacional Asesora

ARTICULO 3. — Créase la Comisión Nacional Asesora para la Promoción de la Producción y Uso Sustentables de los Biocombustibles, cuya función será la de asistir y asesorar a la autoridad de aplicación. Dicha Comisión estará integrada por un representante de cada uno de los siguientes organismos nacionales: Secretaría de Energía, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Secretaría de Hacienda, Secretaría de Política Económica, Secretaría de Comercio, Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, y Administración Federal de Ingresos Públicos y todo otro organismo o instituciones públicas o privadas — incluidos los Consejos Federales con competencia en las áreas señaladas— que pueda asegurar el mejor cumplimiento de las funciones asignadas a la autoridad de aplicación y que se determine en la reglamentación de la presente ley.

Funciones de la Autoridad de Aplicación

ARTICULO 4. — Serán funciones de la autoridad de aplicación:

a) Promover y controlar la producción y uso sustentables de biocombustibles.

b) Establecer las normas de calidad a las que deben ajustarse los biocombustibles.

c) Establecer los requisitos y condiciones necesarios para la habilitación de las plantas de producción y mezcla de biocombustibles, resolver sobre su calificación y aprobación, y certificar la fecha de su puesta en marcha.

d) Establecer los requisitos y criterios de selección para la presentación de los proyectos que tengan por objeto acogerse a los beneficios establecidos por la presente ley, resolver sobre su aprobación y fijar su duración.

e) Realizar auditorías e inspecciones a las plantas habilitadas para la producción de biocombustibles

a fin de controlar su correcto funcionamiento y su ajuste a la normativa vigente.

f) Realizar auditorías e inspecciones a los beneficiarios del régimen de promoción establecido en esta ley, a fin de controlar su correcto funcionamiento, su ajuste a la normativa vigente y la permanencia de las condiciones establecidas para mantener los beneficios que se les haya otorgado.

g) También ejercitará las atribuciones que la Ley Nº 17.319 especifica en su Título V, artículos 76 al 78.

h) Aplicar las sanciones que correspondan de acuerdo a la gravedad de las acciones penadas.

i) Solicitar con carácter de declaración jurada, las estimaciones de demanda de biocombustible previstas por las compañías que posean destilerías o refinerías de petróleo, fraccionadores y distribuidores mayoristas o minoristas de combustibles, obligados a utilizar los mismos, según lo previsto en los artículos 7º y 8º.

j) Administrar los subsidios que eventualmente otorgue el Honorable Congreso de la Nación.

k) Determinar y modificar los porcentajes de participación de los biocombustibles en cortes con gasoil o nafta, en los términos de los artículos 7º y 8º.

l) En su caso, determinar las cuotas de distribución de la oferta de biocombustibles, según lo previsto en el último párrafo del artículo 14 de la presente ley.

m) Asumir las funciones de fiscalización que le corresponden en cumplimiento de la presente ley.

n) Determinar la tasa de fiscalización y control que anualmente pagarán los agentes alcanzados por esta ley, así como su metodología de pago y recaudación.

o) Crear y llevar actualizado un registro público de las plantas habilitadas para la producción y mezcla de biocombustibles, así como un detalle de aquellas a las cuales se les otorguen los beneficios promocionales establecidos en el presente régimen.

p) Firmar convenios de cooperación con distintos organismos públicos, privados, mixtos y organizaciones no gubernamentales.

q) Comunicar en tiempo y forma a la Administración Federal de Ingresos Públicos y a otros organismos del Poder Ejecutivo nacional que tengan competencia, las altas y bajas del registro al que se refiere el inciso o) del presente artículo, así como todo otro hecho o acontecimiento que revista la categoría de relevantes para el cumplimiento de las previsiones de esta ley.

r) Publicar periódicamente precios de referencia de los biocombustibles.

s) Ejercer toda otra atribución que surja de la reglamentación de la presente ley a los efectos de su mejor cumplimiento.

t) Publicar en la página de Internet el Registro de las Empresas beneficiarias del presente régimen, así como los montos de beneficio fiscal otorgados a cada empresa.

Definición de Biocombustibles

ARTICULO 5. — A los fines de la presente ley, se entiende por biocombustibles al bioetanol, biodiesel y biogás, que se produzcan a partir de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o desechos orgánicos, que cumplan los requisitos de calidad que establezca la autoridad de aplicación.

Habilitación de Plantas Productoras

ARTICULO 6. — Sólo podrán producir biocombustibles las plantas habilitadas a dichos efectos por la autoridad de aplicación.
La habilitación correspondiente se otorgará, únicamente, a las plantas que cumplan con los requerimientos que establezca la autoridad de aplicación en cuanto a la calidad de biocombustibles y su producción sustentable, para lo cual deberá someter los diferentes proyectos presentados a un procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) que incluya el tratamiento de efluentes y la gestión de residuos.
Mezclado de Biocombustibles con Combustibles Fósiles

ARTICULO 7. — Establécese que todo combustible líquido caracterizado como gasoil o diesel oil —en los términos del artículo 4º de la Ley Nº 23.966, Título III, de Impuesto sobre los Combustibles Líquidos y el Gas Natural, texto ordenado en 1998 y sus modificaciones, o en el que pueda prever la legislación nacional que en el futuro lo reemplace— que se comercialice dentro del territorio nacional, deberá ser mezclado por aquellas instalaciones que hayan sido aprobadas por la autoridad de aplicación para el fin específico de realizar esta mezcla con la especie de biocombustible denominada "biodiesel", en un porcentaje del CINCO POR CIENTO (5%) como mínimo de este último, medido sobre la cantidad total del producto final. Esta obligación tendrá vigencia a partir del primer día del cuarto año calendario siguiente al de promulgación de la presente ley.
La Autoridad de Aplicación tendrá la atribución de aumentar el citado porcentaje, cuando lo considere conveniente en función de la evolución de las variables de mercado interno, o bien disminuir el mismo ante situaciones de escasez fehacientemente comprobadas.

ARTICULO 8. — Establécese que todo combustible líquido caracterizado como nafta —en los términos del artículo 4º de la Ley Nº 23.966, Titulo III, de Impuesto sobre los Combustibles Líquidos y el Gas Natural, texto ordenado en 1998 y sus modificaciones, o en el que prevea la legislación nacional que en el futuro lo reemplace— que se comercialice dentro del territorio nacional, deberá ser mezclado por aquellas instalaciones que hayan sido aprobadas por la autoridad de aplicación para el fin específico de realizar esta mezcla, con la especie de biocombustible denominada "bioetanol", en un porcentaje del CINCO POR CIENTO (5%) como mínimo de este último, medido sobre la cantidad total del producto final. Esta obligación tendrá vigencia a partir del primer día del cuarto año calendario siguiente al de promulgación de la presente ley.
La autoridad de aplicación tendrá la atribución de aumentar el citado porcentaje, cuando lo considere conveniente en función de la evolución de las variables de mercado interno, o bien disminuir el mismo ante situaciones de escasez fehacientemente comprobadas.

ARTICULO 9. — Aquellas instalaciones que hayan sido aprobadas por la autoridad de aplicación para el fin específico de realizar las mezclas, deberán adquirir los productos definidos en el artículo 5º, exclusivamente a las plantas habilitadas a ese efecto por la autoridad de aplicación. Asimismo deberán cumplir con lo establecido en el artículo 15, inciso 4.
La violación de estas obligaciones dará lugar a las sanciones que establezca la referida autoridad de aplicación.

ARTICULO 10. — La autoridad de aplicación establecerá los requisitos y condiciones para el autoconsumo, distribución y comercialización de biodiesel y bioetanol en estado puro (B100 y E100), así como

de sus diferentes mezclas.

ARTICULO 11. — El biocombustible gaseoso denominado biogás se utilizará en sistemas, líneas de transporte y distribución de acuerdo a lo que establezca la autoridad de aplicación.

Consumo de Biocombustibles por el Estado nacional

ARTICULO 12. — El Estado nacional, ya se trate de la administración central o de organismos descentralizados o autárquicos, así como también aquellos emprendimientos privados que se encuentren ubicados sobre las vías fluviales, lagos, lagunas, y en especial dentro de las jurisdicciones de Parques Nacionales o Reservas Ecológicas, deberán utilizar biodiesel o bioetanol, en los porcentajes que determine la autoridad de aplicación, y biogás sin corte o mezcla. Esta obligación tendrá vigencia a partir del primer día del cuarto año calendario siguiente al de promulgación de la presente ley, y su no cumplimiento por parte de los directores o responsables del área respectiva, dará lugar a las penalidades que establezca el Poder Ejecutivo nacional.

La autoridad de aplicación deberá tomar los recaudos necesarios para garantizar la provisión de dichos combustibles en cantidades suficientes y con flujo permanente.

CAPITULO II

Régimen Promocional

Sujetos Beneficiarios de la Promoción

ARTICULO 13. — Todos los proyectos de radicación de industrias de biocombustibles, gozarán de los beneficios que se prevén en la presente ley, en tanto y en cuanto:

a) Se instalen en el territorio de la Nación Argentina.

b) Sean propiedad de sociedades comerciales, privadas, públicas o mixtas, o cooperativas, constituidas en la Argentina y habilitadas con exclusividad para el desarrollo de la actividad promocionada por esta ley, pudiendo integrar todas o algunas de las etapas industriales necesarias para la obtención de las materias primas renovables correspondientes. La autoridad de aplicación establecerá los requisitos para que las mismas se encuadren en las previsiones del presente artículo.

c) Su capital social mayoritario sea aportado por el Estado nacional, por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, los Estados Provinciales, los Municipios o las personas físicas o jurídicas, dedicadas mayoritariamente a la producción agropecuaria, de acuerdo a los criterios que establezca el decreto reglamentario de la presente ley.

d) Estén en condiciones de producir biocombustibles cumpliendo las definiciones y normas de calidad establecidas y con todos los demás requisitos fijados por la autoridad de aplicación, previos a la aprobación del proyecto por parte de ésta y durante la vigencia del beneficio.

e) Hayan accedido al cupo fiscal establecido en el artículo 14 de la presente ley y en las condiciones que disponga la reglamentación.

ARTICULO 14. — El cupo fiscal total de los beneficios promocionales se fijará anualmente en la respectiva ley de Presupuesto para la Administración Nacional y será distribuido por el Poder Ejecutivo nacional, priorizando los proyectos en función de los siguientes criterios:

- Promoción de las pequeñas y medianas empresas.
- Promoción de productores agropecuarios.
- Promoción de las economías regionales.

Déjase establecido que a partir del segundo año de vigencia del presente régimen, se deberá incluir también en el cupo total, los que fueran otorgados en el año inmediato anterior y que resulten necesarios para la continuidad o finalización de los proyectos respectivos.

A los efectos de favorecer el desarrollo de las economías regionales, la autoridad de aplicación podrá establecer cuotas de distribución entre los distintos proyectos presentados por pequeñas y medianas empresas, aprobados según lo previsto en los artículos 6º y 13, con una concurrencia no inferior al veinte por ciento (20%) de la demanda total de biocombustibles generada por las destilerías, refinerías de petróleo o aquellas instalaciones que hayan sido debidamente aprobadas por la Autoridad de Aplicación para el fin específico de realizar la mezcla con derivados de petróleo previstas para un año.

Beneficios Promocionales

ARTICULO 15. — Los sujetos mencionados en el artículo 13, que cumplan las condiciones establecidas en el artículo 14, gozarán durante la vigencia establecida en el artículo 1º de la presente ley de los siguientes beneficios promocionales:

1.- En lo referente al Impuesto al Valor Agregado y al Impuesto a las Ganancias, será de aplicación el tratamiento dispensado por la Ley Nº 25.924 y sus normas reglamentarias, a la adquisición de bienes de capital o la realización de obras de infraestructura correspondientes al proyecto respectivo, por el tiempo de vigencia del presente régimen.

2.- Los bienes afectados a los proyectos aprobados por la autoridad de aplicación, no integrarán la base de imposición del Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta establecido por la Ley Nº 25.063, o el que en el futuro lo complemente, modifique o sustituya, a partir de la fecha de aprobación del proyecto respectivo y hasta el tercer ejercicio cerrado, inclusive, con posterioridad a la fecha de puesta en marcha.

3.- El biodiesel y el bioetanol producidos por los sujetos titulares de los proyectos aprobados por la autoridad de aplicación, para satisfacer las cantidades previstas en los artículos 7º, 8º y 12 de la presente ley, no estarán alcanzados por la tasa de Infraestructura Hídrica establecida por el Decreto Nº 1381/01, por el Impuesto sobre los Combustibles Líquidos y el Gas Natural establecido en el Capítulo I, Título III de la Ley Nº 23.966, texto ordenado en 1998 y sus modificaciones, por el impuesto denominado "Sobre la transferencia a título oneroso o gratuito, o sobre la importación de gasoil", establecido en la Ley Nº 26.028, así como tampoco por los tributos que en el futuro puedan sustituir o complementar a los mismos.

4.- La autoridad de aplicación garantizará que aquellas instalaciones que hayan sido aprobadas para el fin

específico de realizar las mezclas, deberán adquirir los productos definidos en el artículo 5º a los sujetos promovidos en esta ley hasta agotar su producción disponible a los precios que establezca la mencionada autoridad.

5.- La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, promoverá aquellos cultivos destinados a la producción de biocombustibles que favorezcan la diversificación productiva del sector agropecuario. A tal fin, dicha Secretaría podrá elaborar programas específicos y prever los recursos presupuestarios correspondientes.

6.- La Subsecretaría de Pequeña y Mediana Empresa promoverá la adquisición de bienes de capital por parte de las pequeñas y medianas empresas destinados a la producción de biocombustibles. A tal fin elaborará programas específicos que contemplen el equilibrio regional y preverá los recursos presupuestarios correspondientes.

7.- La Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva promoverá la investigación, cooperación y transferencia de tecnología, entre las pequeñas y medianas empresas y las instituciones pertinentes del Sistema Público Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. A tal fin elaborará programas específicos y preverá los recursos presupuestarios correspondientes.

Infracciones y Sanciones

ARTICULO 16. — El incumplimiento de las normas de la presente ley y de las disposiciones y resoluciones de la autoridad de aplicación, dará lugar a la aplicación por parte de ésta dealgunas o todas las sanciones que se detallan a continuación:

1.- Para las plantas habilitadas:a) Inhabilitación para desarrollar dicha actividad;b) Las multas que pudieran corresponder;c) Inhabilitación para inscribirse nuevamente en el registro de productores.

2.- Para los sujetos beneficiarios de los cupos otorgados conforme el artículo 15: a) Revocación de la inscripción en el registro de beneficiarios; b) Revocación de los beneficios otorgados;c) Pago de los tributos no ingresados, con más los intereses, multas y/o recargos que establezca la Administración Federal de Ingresos Públicos; d) Inhabilitación para inscribirse nuevamente en el registro de beneficiarios.

3.- Para las instalaciones de mezcla a las que se refiere el artículo 9º: a) Las multas que disponga la autoridad de aplicación; b) Inhabilitación para desarrollar dicha actividad.4.- Para los sujetos mencionados en el artículo 13: a) Las multas que disponga la Autoridad de Aplicación.

ARTICULO 17. — Todos los proyectos calificados y aprobados por la Autoridad de Aplicación serán alcanzados por los beneficios que prevén los mecanismos —sean Derechos de Reducción de Emisiones; Créditos de Carbono y cualquier otro título de similares características— del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de 1997, ratificado por Argentina mediante Ley Nº 25.438 y los efectos que de la futura ley reglamentaria de los mecanismos de desarrollo limpio dimanen.

ARTICULO 18. — Establécese que las penalidades con que pueden ser sancionadas las plantas habilitadas y las instalaciones de mezcla serán:

a) Las faltas muy graves, sancionables por la autoridad de aplicación con multas equivalentes al precio de venta

al público de hasta CIEN MIL (100.000) litros de nafta súper.

b) Las faltas graves, sancionables por la autoridad de aplicación con multas equivalentes al precio de venta al público de hasta CINCUENTA MIL (50.000) litros de nafta súper.

c) Las faltas leves, sancionables por la autoridad de aplicación con multas equivalentes al precio de venta al público de hasta DIEZ MIL (10.000) litros de nafta súper.

d) La reincidencia en infracciones por parte de un mismo operador, dará lugar a la aplicación de sanciones sucesivas de mayor gravedad hasta su duplicación respecto de la anterior.

e) En el caso de reincidencia:

En una falta leve, se podrán aplicar las sanciones previstas para faltas graves.

En una falta grave, se podrán aplicar las sanciones previstas para faltas muy graves.

En una falta muy grave, sin perjuicio de las sanciones establecidas en el punto a) del presente artículo, la autoridad de aplicación podrá disponer la suspensión del infractor de los respectivos registros con inhabilitación para inscribirse nuevamente en el registro de productores.

ARTICULO 19. — A los efectos de la actuación administrativa de la autoridad de aplicación, será de aplicación la Ley Nacional de Procedimientos Administrativos y sus normas reglamentarias.

Agotada la vía administrativa procederá el recurso en sede judicial directamente ante la Cámara Federal de Apelaciones con competencia en materia contencioso-administrativa con jurisdicción en el lugar del hecho. Los recursos que se interpongan contra la aplicación de las sanciones previstas en la presente ley tendrán efecto devolutivo.

ARTICULO 20. — Invítase a las Legislaturas provinciales y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires a que adhieran al presente régimen sancionando leyes dentro de su jurisdicción que tengan un objeto principal similar al de la presente ley.

ARTICULO 21. — Comuníquese al Poder Ejecutivo.

Disertación

ANÁLISIS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS RECURSOS RENOVABLES

ANÁLISIS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS RECURSOS RENOVABLES

Ing. M. Julieta López e Ing. Tamara Ontivero

El incremento en la demanda de energía, generado por el crecimiento de las economías emergentes y la alta dependencia de los combustibles fósiles, nos ha llevado a convertirnos de un país energéticamente autoabastecido a uno dependiente, ya que, se ha consumido gran parte de las reservas de hidrocarburos sin incorporación de nuevos yacimientos.

A nivel mundial, también se observa un escenario energético en el que se evidencia una clara crisis energética debido al constante incremento en el consumo de energía y a que las mayores reservas de combustibles fósiles se encuentran en algunos países, lo que produce una incertidumbre en el abastecimiento de los mismos.

En forma complementaria, hoyen día la mayor parte de la potencia eléctrica consumida en el mundo es producida en grandes instalaciones centralizadas, en las cuales diversas fuentes de energía son transformadas en energía eléctrica para su posterior transporte a largas distancias hacia los consumidores finales. La mayoría de las plantas de generación se encuentran situadas a grandes distancias de los centros de consumo y por ello, es necesario dotar al sistema de una compleja infraestructura que permita transportar la energía y hacerla llegar a los usuarios en óptimas condiciones para su consumo.

Una solución para lograr el cambio en la matriz energética que permita reemplazar, en al menos un cierto porcentaje, los combustibles de origen fósil alcanzando en el futuro la autosuficiencia e implementar un modelo alternativo energético en el que la generación de energía se encuentre en proximidades al consumidor, es el desarrollo de energías renovables de origen orgánico (biomasa).

De las actividades agrícolas y forestales se deriva un enorme potencial en biomasa ya sea por la producción de cultivos energéticos que son realizados específicamente con esta finalidad, como por la utilización de los residuos producidos por las actividades agro y foresto industriales como por ejemplo la cascara de arroz, cascara de maní, carozos de aceituna; residuos generados en aserraderos, los residuos agrícolas como rastrojos de maíz, cebada,

trigo, soja, girasol, arroz, despuntes, etc. y los residuos pecuarios representados por las deyecciones de los animales.

Para el aprovechamiento de la biomasa se debe considerar humedad, heterogeneidad, dificultad de transporte y manipulación, etc. Todas estas características son necesarias para determinar cuál es la tecnología más adecuada para el tratamiento de cada tipo de biomasa que permita obtener el mayor rendimiento energético por el aprovechamiento del recurso biomasico. Con residuos biodegradables muy húmedos (>75%) es óptima la digestión anaeróbica paraproducción de biogás que puede utilizarse como tal o para generar electricidad. La biomasa con un porcentaje de 50% de humedad tiene un mejor desarrollo con digestión seca; mientras que para sustratos(lignocelulósicosy RSU) con un contenido de humedad menor al 20% es conveniente realizar procesos termoquímicos como la gasificación.

La tecnología de digestión anaeróbicainvolucra el tratamiento biológico de la biomasa en digestores calefaccionados y agitados continuamente y la producción de un gas (biogás) que contiene aproximadamente entre un 55-65% de Metano y un poder calorífico que oscila entre los 5.500 y 6.000 Kcal, dependiendo del sustrato considerado. Este biocombustiblese utiliza en un sistema de cogeneración para obtener energía eléctrica y térmica. Además, el material orgánico agotado que se recolecta diariamente del digestor, es un lodo líquido de excelentes propiedades fertilizantes que aporta los nutrientes (N, P, K) esenciales para el crecimiento de cultivos.

La Gasificación es un proceso mediante el cual se produce una conversión termoquímica de material orgánico para la producción de un combustible gaseoso llamado syngas; dicho gas se utilizapara la generación de energía eléctrica y térmica a través de motores de combustión interna o mediante caldera y turbina trabajando conjuntamente. El proceso se lleva a cabo en el reactor (gasificador) donde se producen las reacciones a elevadas temperaturas (600-1300 °C) con baja presencia de agente oxidante, generalmente oxígeno. La gasificación se puede aplicar a diferentes materiales orgánicos como biomasas y desechos urbanos.

Independientemente de la tecnología evaluada, la utilización de biomasa es una opción atractiva, para incursionar en la generación de Energía Eléctrica y Térmica convirtiéndose en una alternativa que permite satisfacer no sólo en parte o totalmente la demanda propia del consumidor sino que además promueve en aporte de Energía al sistema interconectado Nacional, logrando importante ingresos económicos.

El desarrollo de proyectos de valorización energética a partir de recursos renovables posibilita la generación de energía distribuida, permitiendo de esta manera, abastecer sectores donde no hay disponibilidad de conexión a la red de energía eléctrica y potenciar las redes de distribución mejorando la calidad de suministro en el sector. Además, contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero con lo cual se fomenta la protección y cuidado del ambiente.

Finalmente, el uso eficiente de los recursos biomasicos ofrece oportunidades de desarrollo de la comunidad en general, fuente de empleo, una mejor infraestructura energética evitando que el aumento del consumo energético ponga en peligro el medio ambiente, seguridad de abastecimiento garantizando la sostenibilidad del medio ambiente y cumple con el concepto de energía distribuida, aliviando el sistema de transporte nacional.

Álbum de fotos

Ministerio de Ciencia y Tecnología de Córdoba.

Planta de biogás en Reggio Emilia, Italia.

Planta de biogás en Reggio Emilia, Italia.

Planta de biogás en Reggio Emilia, Italia.

Residencia de la Universidad Nacional de Villa María.

Comerdor de la Universidad Nacional de Villa María.

Cocina solar de la Universidad Nacional de Villa María.

Calefón solar en las residencias de la Universidad Nacional de Villa María.

Cultivos energéticos en la Universidad Nacional de Villa María.

Central Hidroeléctrica de Río Tercero.

Viaje de alumnos de LAER a Usina de EPEC.