

Determinación de calidad de agua del Arroyo Guasú mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y macroinvertebrados.

GALEANO MOLINAS, MARÍA GREGORIA.

Cita:

GALEANO MOLINAS, MARÍA GREGORIA (2018). *Determinación de calidad de agua del Arroyo Guasú mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y macroinvertebrados* (Tesis de Licenciatura). FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES, UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCION, SAN LORENZO, Paraguay.

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/maria.gregoria.galeano.molinas/2>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/p7af/6sv>



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>.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
TRABAJO DE GRADO

**Determinación de calidad de agua del Arroyo Guasú
mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y
macroinvertebrados**

MARÍA GREGORIA GALEANO MOLINAS

SAN LORENZO – PARAGUAY

JULIO – 2018

**DETERMINACIÓN DE CALIDAD DE AGUA DEL ARROYO
GUASÚ MEDIANTE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS,
MICROBIOLÓGICOS Y MACROINVERTEBRADOS.**

MARÍA GREGORIA GALEANO MOLINAS

Tutor: Prof. MSc. TOMÁS RODRIGO LÓPEZ

Co-tutor: Prof. Lic. FERNANDO CUBILLA

Trabajo de Grado presentado en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
de la Universidad Nacional de Asunción.

SAN LORENZO – PARAGUAY

JULIO – 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

**Determinación de calidad de agua del Arroyo Guasú mediante
parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y macroinvertebrados**

MARÍA GREGORIA GALEANO MOLINAS

Trabajo de grado presentado al Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias
Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción.

Aprobado por el Tribunal Examinador

Prof. *MSc.* Tomás Rodrigo López
Orientador/a del Trabajo de Grado

Prof. Lic. Fernando Cubilla
Co-Orientador/a del Trabajo de Grado

Prof. Lic. Gloria Delmás de Rojas
Miembro del Tribunal Examinador

MSc. Michelle Geraldine Campi Gaona
Miembro del Tribunal Examinador

MSc. Gloria González de Weston
Miembro del Tribunal Examinador

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme fortaleza en todo momento a lo largo de la carrera.

A mi pequeño ángel Cristhian Alejandro que siempre me acompaña y cuida desde el cielo

A mis padres y mi familia por su apoyo y acompañamiento desde el inicio de la carrera con paciencia.

A mis Orientadores MSc. Tomás López y Lic. Biol. Fernando Cubilla por el acompañamiento permanente y el aporte durante todo el proceso del trabajo de investigación.

A Carlos Aguilar por ayudarme en la identificación de los macroinvertebrados.

Al Lic. Biol. Edgar Galeano, encargado del laboratorio de Microbiología por su ayuda para la realización de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

A mis amigas y compañeras Lic. Patricia Salinas, Lic Liz Guzmán, Karen Chávez, Estefania Valiente y Shirley Páez, por el apoyo y acompañamiento durante toda la carrera, más aún en las últimas etapas.

A mis profesores y mi casa de estudios, la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales por todos los conocimientos impartidos y aprendizajes obtenidos durante este tiempo.

Determinación de calidad de agua del Arroyo Guasú mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y macroinvertebrados

Autor: MARÍA GREGORIA GALEANO MOLINAS

Tutor: Prof. MSc. TOMÁS RODRIGO LÓPEZ

Co-tutor: Prof. Lic. FERNANDO CUBILLA

RESUMEN

Esta investigación se realizó en el arroyo Guasú, ubicado en el Departamento Central, abarcando distritos de San Lorenzo, Ñemby y San Antonio, extendiéndose por 9,5 km hasta desembocar al río Paraguay, su cuenca abarca 44,9 km² de superficie. Se establecieron 5 puntos de muestreo para dos estaciones del año (primavera y otoño). Se aplicaron dos índices de calidad de agua, uno de ellos el BMWP/Aguapey (Biological Monitoring Working Party) modificado para el país y se basa en la identificación a nivel de familias de macroinvertebrados acuáticos capturados, y el ICA (Índice de Calidad de Agua) que analiza parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para la determinación. A partir de las muestras se analizaron 9 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, además de la diversidad de familias de macroinvertebrados encontrados, buscando lograr el objetivo del trabajo de determinar la calidad del agua del arroyo Guasú. Los resultados obtenidos de las variables fisicoquímicas indican que las aguas del arroyo se encuentran con una calidad mala con valor promedio de 42 y el índice BMWP/Aguapey, presenta un resultado promedio de 12,5 indicando aguas de calidad muy crítica por la baja diversidad de macroinvertebrados colectados, siendo todos indicadores de elevada contaminación del agua.

Palabras claves: índice, calidad, arroyo, ICA, BMWP/Aguapey, macroinvertebrados

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Coordenadas de puntos de muestreo	24
Cuadro 2. Índice de BMWP/Aguapey (Biological Monitoring Working Party)	26
Cuadro 3. Clases, valores y características para aguas clasificadas mediante Índice BMWP/Aguapey	27
Cuadro 4. Pesos relativos de cada parámetro del ICA	29
Cuadro 5. Clasificación del agua según puntuación obtenida en el ICA	30
Cuadro 6. Familias de macroinvertebrados encontradas en los dos periodos de muestreo	31
Cuadro 7. Puntaje obtenido por familias de macroinvertebrados según Índice BMWP/Aguapey por punto de muestreo en el primer muestreo.	32
Cuadro 8. Calidad del agua obtenida por punto de muestreo según el IBMWP/Aguapey en el primer muestreo	34
Cuadro 9. Puntaje obtenido por familias de macroinvertebrados según IBMWP/Aguapey por punto de muestreo en el segundo muestreo	34
Cuadro10. Calidad del agua por punto de muestreo según el IBMWP/Aguapey en el segundo muestreo	35
Cuadro11. Parámetros analizados y valores obtenidos en el primer muestreo, comparados con los límites admisibles establecidos en la Resolución SEAM N° 222/02.	37
Cuadro12. Calidad de agua del arroyo Guazú mediante ICA en el primer muestreo	38

Cuadro13.	Parámetros analizados y valores obtenidos en el segundo muestreo, comparados con los límites admisibles establecidos en la Resolución SEAM N° 222/02.	39
Cuadro14.	Calidad de agua del arroyo Guazú mediante ICA en el segundo muestreo	40
Cuadro15.	Promedio de resultados obtenidos mediante la aplicación de los Índices BMWP/Aguapey e ICA	41

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación de ciudades que atraviesa el Arroyo Guasú	22
Figura 2. Puntos de muestreo en el cauce hídrico.	23
Figura 3. Variación de la calidad de agua según puntuaciones obtenidas mediante empleo del IBMWP/Aguapey en los periodos de muestreo.	36
Figura 4. Variación de la calidad del agua según puntuaciones obtenidas mediante empleo del ICA en los periodos de muestreo.	41

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

BMWP: Índice inglés Biological Monitoring Working Party

BMWP/Aguapey: Índice Biological Monitoring Working Party adaptado al arroyo Aguapey

CF: Coliformes fecales

DBO₅: Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días

IBF: Índice Biótico de Familias

STD: Sólidos totales disueltos

OD: Oxígeno disuelto

SEAM: Secretaria del Ambiente

FACEN: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

ICA: Índice de Calidad del Agua

pH: Potencial de Hidrógeno

O₂: Oxígeno

UTN: Unidad Nefelométrica de Turbidez

°C: Grados Celsius

mg/L: Miligramos por litro

UFC/100ml: Unidades formadoras de colonias en 100 mililitros

L: litros

M: metros

Km: kilómetros

Km²: kilómetros cuadrados

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 El agua	4
2.1.1 Ciclo Hidrológico.....	4
2.1.2 Recursos Hidricos del Paraguay.....	5
2.1.3 Arroyo Guasú	5
2.1.4 Agua, ambiente y población.....	6
2.2 Contaminación del agua	7
2.2.1 Fuentes de contaminación	8
2.2.2 Tipos de contaminación del agua.....	8

2.2.3	Efectos de los contaminantes	9
2.3	Evaluación de la calidad del agua	9
2.3.1	Evaluación biológica	12
2.3.2	Macroinvertebrados	13
2.3.3	Índice BMWP´(Biological Monitoring Working Party).....	15
2.3.4	Índice de Calidad de Agua.....	15
2.4	Trabajos relacionados al tema de investigación a Nivel Nacional	19
2.4.1	Calidad de agua mediante empleo de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua:	19
2.4.2	Calidad biológica del agua por medio de macroinvertebrados	20
3.	METODOLOGÍA.....	21
3.1	Área de estudio.....	21
3.2	Diseño de investigación	23
3.2.1	Toma de muestras de Macroinvertebrados	23
3.2.2	Análisis de muestras de Macroinvertebrados.....	24
3.2.3	Toma de muestras de agua para análisis ICA	25
3.2.4	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos	26

3.2.5	Índice de Calidad de Agua	27
4.	RESULTADOS	29
4.1	Determinación de la calidad de agua del arroyo Guasú mediante el empleo de macroinvertebrados	29
4.1.1	Primer periodo de muestreo	30
4.1.2	Segundo periodo de muestreo	32
4.2	Determinación de la calidad del agua mediante análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del arroyo Guasú	34
4.2.1	Primer periodo de muestreo	35
4.2.2	Segundo periodo de muestreo	36
5.	DISCUSION	41
5.1	Determinación de la calidad de agua del arroyo Guasú mediante el empleo de macroinvertebrados en los dos muestreos	41
5.2	Determinación de la calidad del agua mediante análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del arroyo Guasú	43
6.	CONCLUSION	45
7.	BIBLIOGRAFÍA CITADA	47
8.	ANEXOS	52

1. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los compuestos químicos más abundantes e importantes para los seres humanos y la vida en general, tal como se desarrolla en nuestro planeta, y, solamente algo menos del 0,7% es agua dulce apta para el uso de los seres vivos, y menos del 0,01% es agua superficial, siendo necesario el mantenimiento de su calidad (Orozco, Pérez, González, Rodríguez & Alfayate, 2003).

El agua no solo tiene importancia en el interior de los seres vivos, también es uno de los principales factores ambientales que en ellos influyen. La combinación única de propiedades físicas y químicas del agua permitió que los seres vivos aparezcan, sobrevivan y evolucionen en el planeta Tierra (Solomon, Berg & Martin, 2001).

Según Alonso (2015), la supervivencia y el desarrollo de las sociedades humanas se deben al aprovechamiento de los recursos naturales; sin embargo la falta de planificación y el desconocimiento de las posibles consecuencias de una mala utilización causaron la contaminación del ambiente.

El mismo autor también hace referencia a que el recurso hídrico ha sido fuertemente afectado por las acciones de las personas, como los desvíos de los cauces naturales, represas, filtración de coliformes fecales, desechos industriales y domésticos con sustancias cada vez más agresivas y difíciles de tratar, que se

traducen en cambios significativos en los cuerpos de agua y la diversidad biológica del sitio sobre todo de los macro invertebrados acuáticos.

Capó (2002) indica que la fragilidad del medio acuático actualmente deriva de su elevado poder disolvente para una amplia gama de productos de desecho ocasionados en algunos por causas naturales como los productos de erosión, por la descomposición de los seres vivos, u otros por causas antropogénicas como producto de las actividades humanas, alterando el ciclo hidrológico.

Por ello, para Alonso (2015), es muy importante evaluar el impacto antrópico sobre estos recursos a través del estudio de la naturaleza química, física y biológica del agua, siendo fundamentales para la interpretación de las ciencias ambientales; es por ello que, los macro invertebrados son bioindicadores ecológicos muy importantes de la calidad que presenta el agua en un punto específico, pudiendo determinarse, mediante los estudios de estos animales, las características y el posible grado de contaminación que presenta el cauce hídrico en un momento específico.

El presente trabajo tiene como objetivo principal determinar la calidad de agua del Arroyo Guasú mediante la identificación de familias de macroinvertebrados acuáticos empleados como bioindicadores y la implementación del Índice de Calidad del Agua.

1.1 Planteamiento del problema

A lo largo del tiempo la calidad del agua ha sido un factor muy importante para el desarrollo de los seres vivos y la vida en general, en la actualidad surge la preocupación sobre el estado de la misma debido al conocimiento del uso masivo de sustancias químicas orgánicas e inorgánicas en procesos industriales, agrícolas y domiciliarios, que por escorrentía pueden llegar a los cauces de agua, uno de los afectados podría ser el Arroyo Guasú generando alteraciones en su biota, es por ello que en este trabajo surgen las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las familias de macroinvertebrados acuáticos obtenidos en muestras de agua del Arroyo Guasú de noviembre y abril de 2018?
- ¿Cuál es el valor indicativo de la calidad de agua del Arroyo Guasú obtenido mediante el índice de BMWP/Aguapey para macroinvertebrados y por el Índice de Calidad del Agua (ICA)?
- ¿A qué clasificación corresponde el agua del arroyo Guasú mediante la comparación de los resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con la reglamentación vigente?

1.2 Justificación

Los trabajos de investigación relacionados con el control de calidad de aguas de ríos y arroyos del país son numerosos y comunes desde el punto de vista físico-químico, pero no así desde el punto de vista biológico, siendo el análisis y conocimiento de los tipos de macro invertebrados acuáticos que habitan en dichos sitios aún muy escaso.

La bioevaluación de las aguas se fundamenta en la capacidad natural que tiene la biota de responder a los efectos de perturbaciones eventuales o permanentes; pudiendo decirse que la biota acuática cambia su estructura y funcionamiento al modificarse las condiciones ambientales de sus hábitats naturales. Por ello, se tiene

un gran interés por conocer el grado de alteración que presenta el Arroyo Guasú, esta será una información relevante y sumamente útil, y a la vez, servirán como antecedente para trabajos de remediación que puedan surgir a partir del mismo para mejorar la calidad del agua de dicho arroyo, o de otro cauce de interés.

Mediante el empleo de macroinvertebrados se podrá conocer y determinar la calidad del agua de los sitios estudiados y compararlos con los resultados físicoquímicos también realizados, siendo ambos estudios fundamentales, debido a la visible cantidad de sustancias contaminantes liberadas como desecho que contribuyen al deterioro del agua desde el punto de vista físicoquímico, biológico así como paisajístico, pudiendo complementarse así ambos análisis para exponer posteriormente una información más completa y precisa de la situación actual en la que se encuentran los cauces de agua examinados.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar la calidad de agua del Arroyo Guasú mediante el empleo de parámetros físicoquímicos, microbiológicos y el índice BMWP/Aguapey para la identificación de familias de macroinvertebrados acuáticos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar las familias de macroinvertebrados acuáticos obtenidos en muestras de agua del Arroyo Guasú.
- Establecer la calidad de agua del Arroyo Guasú aplicando el índice de BMWP para macroinvertebrados y el ICA.
- Establecer la clasificación del agua del arroyo Guasú mediante la comparación de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos con la reglamentación nacional vigente

2. MARCO TEÓRICO

2.1 El agua

El agua es un compuesto con características únicas, de gran significación para la vida, el más abundante en la naturaleza y determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que gobiernan el medio natural. Hoy día se sabe que la molécula de agua resulta de la combinación de un átomo de oxígeno con dos de hidrógeno: molécula aparentemente simple, pero cuyas propiedades extraordinarias constituyen el fundamento mismo de la vida terrestre (García *et al.*, 1998)

2.1.1 Ciclo Hidrológico

Como lo indica Bureau Veritas Formación (2008), el ciclo hidrológico supone el constante movimiento del agua tanto en la superficie terrestre como por encima y debajo de ésta, y, su correcto conocimiento es fundamental para una adecuada utilización y gestión de los recursos hídricos. El movimiento del agua a través del sistema tierra-atmosfera se inicia con la producción de vapor de agua por evaporación y transpiración, permaneciendo en la atmosfera por condensación en forma de nubes, y se deposita en la tierra, océanos, lagos y ríos por precipitación, o pasa al subsuelo como agua subterránea desde donde, de nuevo, se evapora o transpira iniciando el ciclo de nuevo.

2.1.2 Recursos Hídricos del Paraguay

Según lo expresa Foroagua Paraguay (2009), el Paraguay es un país con gran riqueza hídrica de aguas superficiales y subterráneas, con un generoso régimen pluvial, con condiciones climáticas muy favorables y con apreciable potencial de desarrollo por su disponibilidad de recursos naturales. Los principales usuarios del agua en Paraguay son: la población, a través de los requerimientos de servicios de agua potable (y también de saneamiento); la agricultura de riego; la industria manufacturera que utiliza el agua como insumo o como participante en procesos de manufactura (enfriamiento, lavado, solvente, auxiliar en cortes, etc); la generación hidroeléctrica; la navegación y otros usos de menor envergadura.

2.1.3 Arroyo Guasú

La región Oriental del Paraguay se caracteriza por una riqueza de recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos, que son explotados para el consumo y la fabricación de productos industriales, la agricultura, la ganadería, así también como canal de efluentes de los productos de desecho (Altervida, 2005).

En el Departamento Central, se encuentran varias nacientes y arroyos que van atravesando los barrios y distritos circundantes hasta desembocar al lago Ypacarai o al río Paraguay. Uno de éstos es el Arroyo Guasú, con una expansión de 9,5 km de longitud cuya cuenca abarca 44,9 km² de superficie (Ruíz Díaz, 2003).

La naciente de este arroyo se encuentra en la ciudad de San Lorenzo, contando con industrias, comercios y viviendas que se encuentran ubicadas a ambos márgenes, viaja atravesando la ciudad de Ñemby que, al igual que el anterior distrito, posee zonas industriales, comerciales, asentamientos y viviendas que colindan con él, hasta llegar a la ciudad San Antonio, ubicada a orillas del río Paraguay.

Este cauce hídrico atraviesa varios barrios de San Antonio, dentro de la fracción conocida como Las Garzas, esta se caracteriza por ser una zona industrial, en la cual se encuentran asentadas varias curtiembres y fábricas de cuero, que podrían estar contribuyendo a la contaminación de dicho cauce, con la eliminación de sus productos de curtido y derivados (Ruíz Díaz, 2003).

2.1.4 Agua, ambiente y población

A medida que la sociedad se desarrolla, se incrementa la demanda del recurso hídrico y al mismo tiempo los niveles de impacto a las cuencas hidrográficas, dado que el aprovechamiento del recurso no es de forma sustentable, así lo explican Elozegi & Sabater (2009) citados por (Forero-Céspedes, Reinoso-Flórez, & Gutiérrez, 2012).

El incremento de las actividades antrópicas para satisfacer sus necesidades (producción, consumo, etc.) aumenta la presión sobre los recursos naturales, entre ellos los hídricos. Además, las industrias, las actividades productivas, los asentamientos urbanos, sus efluentes y la demanda (consumo) de cada vez mayores cantidades de agua, requieren más y mejores procesos de tratamiento para lograr la calidad adecuada, incrementando los costos (Cruz, Gil, Gómez, & Rajal, 2008).

El agua es un recurso vulnerable ante factores condicionantes como densidad poblacional, tipos de asentamientos, actividades productivas y sistemas tecnológicos, entre otros, presentando efectos como la desregulación de la disponibilidad espacial y temporal en la oferta hídrica, deterioro de las condiciones biológicas y fisicoquímicas del agua, conflictos intersectoriales e interterritoriales e imposibilidad de manejo integral de las cuencas (Hahn-Vonhessberg et al. 2009).

La calidad del ambiente se ha visto afectada seriamente en las últimas décadas, por el manejo y disposición inadecuada de considerables cantidades de desechos generados por la población humana y los centros industriales, causando el

deterioro de la calidad de los distintos cuerpos de agua como consecuencia directa del vertido, sin previo tratamiento de las aguas residuales (domiciliares, agrícolas e industriales), conteniendo gran cantidad de sustancias químicas; la naturaleza de las mismas, y sus efectos sobre los cuerpos de agua variarán dependiendo de su origen, de las concentraciones de las sustancias contaminantes, los volúmenes descargados y las características de los propios cuerpos hídricos. (Ramos, Sepúlveda, & Villalobos, 2003).

2.2 Contaminación del agua

La Ley de Aguas define la contaminación del agua como “la acción y efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con sus usos posteriores o con su función ecológica” (Blancas & Hervás, 2008).

Así mismo, estos autores explican que se puede distinguir dos tipos de contaminación: La contaminación natural, generada por procesos dinámicos del equilibrio de la Tierra, y, la contaminación artificial o antropogénica, es aquella resultante de la actividad humana que genera sustancias ajenas a la composición natural del agua, y que modifica las concentraciones de las ya existentes.

A lo largo de la historia, la calidad del agua ha sido un factor determinante del bienestar humano, aunque se conozcan aun epidemias ocasionales de enfermedades bacterianas o víricas causadas por agentes infecciosos transportados en el agua potable, las enfermedades propagadas por ella están siendo bien controladas. La mayor preocupación sobre la seguridad del agua es ahora la presencia potencial de contaminantes químicos, estos pueden incluir productos químicos orgánicos e inorgánicos y metales pesados, procedentes de fuentes industriales, agrícolas y de escorrentía humana (Manahan, 2007)

2.2.1 Fuentes de contaminación

Según Korbut (2008), La contaminación antrópica puede proceder de dos tipos de fuentes, siendo estas las siguientes:

- Fuentes puntuales: son aquellos puntos en que una masa de contaminantes se descarga en cuerpos de agua en lugares bien precisos, a través de tuberías o canales. Estas fuentes son fáciles de identificar, monitorear y regular.
- Fuentes difusas: Se refieren a fuentes de contaminación provenientes de extensas superficies de tierra que descargan contaminantes sobre una gran área de aguas superficiales y por filtración a aguas subterráneas.

2.2.2 Tipos de contaminación del agua

Como lo señala Cárdenas de Anda, (2005) la contaminación del medio acuático puede deberse a uno de los siguientes tipos: contaminación urbana, industrial y agrícola.

- Contaminación urbana: Está formada por aguas residuales provenientes de hogares y establecimientos comerciales.
- Contaminación industrial: Las características de las aguas industriales difieren bastante dependiendo del tipo de actividad que cada industria desarrolle. El impacto de los vertidos industriales depende no solo de sus características comunes como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas.
- Contaminación agrícola: la agricultura, la ganadería (vacuna y porcina, principalmente) y las granjas avícolas, son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Los residuos

de criaderos industriales se eliminan en tierra por contención, por lo que el principal peligro que representan es el de filtración y escurrimiento.

2.2.3 Efectos de los contaminantes

Los procesos contaminantes se encuentran afectados en cantidad e importancia por las características del medio receptor, los usos del agua y calidades exigidas a las mismas, aportes hídricos indirectos en relación a las características de la zona y otros factores que afecten a la dispersión de los contaminantes (Blancas & Hervás, 2008).

Los mismos autores explican que existen diversos tipos de sustancias químicas empleadas normalmente en sectores urbanos, industriales y agrícolas como desinfectantes y limpiadores químicos, plaguicidas, fertilizantes y nutrientes para la producción agrícola y ganadera, que son desechadas de alguna forma al ambiente posterior a su uso, y en razón a su cantidad, se genera la acumulación y persistencia de los productos metabólicos secundarios de los mismos, que pueden escurrirse por lluvia hasta fuentes de agua como ríos y arroyos, o liberarse directamente en los mismos, generando la acumulación de contaminantes que afectarían a la flora y fauna del sitio, causando alteraciones al equilibrio ambiental.

2.3 Evaluación de la calidad del agua

Es sabido que el agua posee un sinnúmero de aplicaciones en la Biosfera. Un cuerpo de agua puede usarse para fines recreativos, para mantener la vida acuática y silvestre, para el riego agrícola, para actividades industriales o bien, como abastecimiento público de agua, es evidente que son necesarios distintos grados de pureza para cada uno de estos, según lo señalan (Ramos, Sepúlveda, & Villalobos, 2003).

En la actualidad se han desarrollado diversas técnicas para evaluar los efectos de las acciones humanas que presentan un impacto negativo en el ecosistema y posteriormente en la salud humana. Las metodologías más utilizadas se fundamentan en parámetros fisicoquímicos, que indican el estado de la calidad del agua comparados con parámetros basados en límites admisibles (Alonso, 2013)

Con base en lo anterior, existe un Marco Legal Nacional sobre la calidad de las aguas, dicha Legislación se contempla en la siguiente disposición legal:

Resolución N° 222/02 de la SEAM “Por la cual se establece el padrón de Calidad de las aguas en el territorio nacional”

La presente Ley establece las clasificaciones de las aguas dentro del territorio nacional añadiendo los parámetros indicadores de calidad para las distintas clasificaciones del agua en base a su uso.

La Secretaría del Ambiente (SEAM), clasifica el agua en cuatro clases variando la calidad de la misma, como se ve a continuación:

Clase 1. Aguas destinadas para:

- a- El abastecimiento domestico después del tratamiento simplificado;
- b- La protección de las comunidades acuáticas
- c- Las recreaciones de contacto primario (natación, esquí acuático)
- d- La irrigación de hortalizas que son consumidas crudas

e- La cría natural y/o intensiva (acuicultura), de especies destinadas para la alimentación humana

Clase 2. Aguas destinadas para:

a. El abastecimiento domestico después del tratamiento convencional;

b. La protección de las comunidades acuáticas

c. Las recreaciones de contacto primario (natación, esquí acuático)

d. La irrigación de hortalizas que son consumidas crudas

e. La cría natural y/o intensiva (acuicultura), de especies destinadas para la alimentación humana

Clase 3. Aguas destinadas para:

a. El abastecimiento doméstico, después del tratamiento especial

b. Para irrigación arbórea, jardín y forrajeras

c. Para recreación de contacto secundario

Clase 4. Aguas destinadas para:

a. La navegación

b. La armonía paisajística

c. Usos menores exigentes

Resolución 255/06 “Por la cual se establece la clasificación de las aguas superficiales de la República del Paraguay”

Declara a todas las aguas superficiales de la República del Paraguay como de Clase 2 en conformidad a lo establecido en el Art. 3 de la Res. N° 222/02, con el objeto de anticipar instrumentos preventivos más eficaces y medidas mitigadoras o compensatorias más eficientes, a fin de reducir los riesgos de ocurrencia de los mismos. Debido al grado de desarrollo, distribución y complejidad de las unidades industriales, el nivel tecnológico agropecuario en zonas rurales y la agricultura moderna actualmente no implican un grado de alteración ambiental, por lo cual no se justifica una situación que merezca una clasificación del tipo 3 o 4 (SEAM, 2014)

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	Límite permisible
Colorantes artificiales	Solo los removibles por coagulación, sedimentación y filtración convencional
DBO ₅	Hasta 5 mg/L
OD	No menor a 5 mg/LO ₂
Turbidez	Hasta 100 UNT
Ph	6,0 – 9,0
Coliformes fecales	Hasta 1000 microorganismos/100MI
Fósforo total	Hasta 0,05 mg/L
Nitrógeno total	Hasta 0,6 mg/L

Fuente: Resolución SEAM N° 222/02

2.3.1 Evaluación biológica

Dada la diversidad de factores que están influyendo sobre la dinámica del recurso hídrico es insuficiente la evaluación basada simplemente en los parámetros fisicoquímicos, ya que impiden tener una visión global de la calidad del agua en los ríos, pues al ser puntuales no muestran los impactos causados en los ecosistemas acuáticos a lo largo del tiempo (Roldán, 2003).

Un instrumento de evaluación que complementa el estudio es el uso de indicadores biológicos, más económicos, en que se valora la respuesta de los organismos vivos que están expuestos a los contaminantes o bien, que pueden ser útiles para predecir el daño futuro e incluso, pueden por sí mismos presentar los efectos dañinos (Alonso, 2013).

Alba- Tercedor (1996) explica que los organismos vivos que habitan en los cursos de agua presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales, y presentan unos límites de tolerancia a las diferentes alteraciones de las mismas. Estos límites de tolerancia varían, y así, frente a una determinada alteración se encuentran organismos “sensibles” que no soportan las nuevas condiciones impuestas, comportándose como “intolerantes”, mientras que otros, que son “tolerantes” no se ven afectados.

El mismo autor indica también que si la perturbación llega a un nivel letal para los intolerantes, estos mueren y su lugar es ocupado por comunidades de organismos tolerantes. Del mismo modo, aun cuando la perturbación no sobrepase el umbral letal, los organismos intolerantes abandonan la zona alterada, con lo cual dejan espacio libre que puede ser colonizado por organismos tolerantes. De modo que, variaciones inesperadas en la composición y estructura de las comunidades de organismos vivos de los ríos pueden interpretarse como signos evidentes de algún tipo de contaminación.

2.3.2 Macroinvertebrados

Bajo el término de macroinvertebrados se agrupan los organismos que pueden observarse a simple vista, es decir, todos aquellos que tienen tamaños superiores a 0,5 mm de largo. Dentro de esta categoría se encuentran: poríferos, hidrozooos, turbelarios, oligoquetos, hirudíneos, insectos, arácnidos, crustáceos, gasterópodos y bivalvos (Roldán & Ramírez, 2008).

El uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, constituye hoy en día una herramienta ideal para la caracterización biológica e integral de la calidad de agua, siendo necesario para un adecuado control y conservación de un ecosistema un especialista del agua (ecólogo acuático), que conozca los métodos y equipos que le permitan hacer una evaluación más certera del cuerpo en estudio (Roldán, 1996).

Una de las razones principales de la preferencia por este análisis, radica en el tamaño relativamente grande de los organismos (visible a simple vista), su muestreo no es complicado y la existencia de técnicas de muestreo muy estandarizadas que no requieren equipos costosos, además de eso, presentan ciclos de desarrollo suficientemente largos, lo que los hace permanecer en los cursos de agua el tiempo suficiente para detectar cualquier alteración, y la diversidad que presentan es tal que existe una elevada gama de tolerancia frente a diferentes parámetros de contaminación, así lo expresa Hellawell (1986) citado por (Alba-Tercedor, 1996).

Se conoce también que no todos los organismos acuáticos podrán ser tomados como bioindicadores, las adaptaciones evolutivas a diferentes condiciones ambientales y límites de tolerancia a una determinada alteración dan las características a ciertos grupos que podrán ser considerados como organismos sensibles (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) por no soportar variaciones en la calidad del agua, mientras que organismos tolerantes (Chironómidae, Oligoquetos), son característicos de agua contaminada por materia orgánica (Roldán, 1999).

Cuando los parámetros son críticos los organismos sensibles mueren y su lugar es ocupado por los organismos tolerantes (Alba-Tercedor, 1996). De tal forma que los cambios de la estructura y composición de las comunidades bióticas puede ser utilizada para identificar y evaluar los grados de contaminación de un ecosistema acuático. (Giacometti & Bersosa, 2006).

Por ello es importante la evaluación de la biota acuática en forma paralela a la caracterización fisicoquímica (Reinoso et al. 2007), ya que organismos como los macroinvertebrados acuáticos son muy sensibles a las alteraciones del medio, lo cual los posiciona como modelo indicador de la calidad del agua (Roldán 2003, Reinoso et al. 2007, Prat et al. 2009).

2.3.3 Índice BMWP´(Biological Monitoring Working Party)

El Índice BMWP´ mide la calidad del agua mediante la presencia o ausencia de familias de macroinvertebrados acuáticos colectados, ya sea en fase larvaria o adulta.

Este índice se encuentra dividido en diez grupos según el nivel de tolerancia a la contaminación de las diferentes familias, agrupando así a las más tolerantes con puntuaciones bajas y ubicándose en la parte inferior de la escala, mientras que las más sensibles se agrupan en los niveles más altos, y se presentan con puntuaciones más elevadas. (Cuadro 2).

Cada familia ocupa un nivel de puntuación; la puntuación va de 1 a 10, según su tolerancia. Dado que este índice solo requiere la identificación a nivel de familia para el seguimiento de la contaminación de los sistemas loticos, son considerados prácticos, de fácil aplicación y gran fiabilidad, útil para el monitoreo, con importante ahorro de tiempo y dinero (Alonso, 2013).

2.3.4 Índice de Calidad de Agua

El Índice de Calidad de Agua hace referencia a la capacidad que tiene un cuerpo de agua de mantenerse estable con relación a los diversos usos para los cuales se emplea, normalmente es un número adimensional que va de 0 a 1 o 1 al 100, donde a mayor cantidad, indica mejor calidad según López *et al* (2016). Esta metodología fue desarrollada por primera vez por La Fundación Nacional de la

Ciencia de E.E.U.U (NSF- *National Science Foundation*) como lo indica Brown (1970), y es muy implementada en la actualidad.

Para la determinación del ICA, se adoptan los parámetros propuestos por Brown (1970), con la fórmula de función ponderada multiplicativa obtenida, mencionado y empleado por López et al (2016) a partir del cual se podrá obtener un valor estimativo de la calidad del agua desde el punto físicoquímico y microbiológico.

2.3.4.1 Parámetros de la calidad del agua

La elección de los parámetros para la evaluación la calidad del agua, depende básicamente de los objetivos relacionados con su uso. Los valores estándares son niveles de tolerancia establecidos por las autoridades ambientales, como parte de la conservación de la calidad de los recursos hídricos, y cada parámetro posee un valor estándar determinado. Existe un buen número de parámetros ambientales que se usan como indicadores de calidad de agua, entre los que se encuentran los siguientes; temperatura, pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, turbidez, fosfatos, nitratos, coliformes fecales, solidos disueltos totales, siendo estos los analizados en el presente trabajo.

- **Temperatura:** La temperatura tiene una gran influencia sobre otras variables de calidad acuática. En aguas cálidas, la respiración aumenta el consumo de oxígeno y la descomposición de materia orgánica, como consecuencia se puede generar una mortandad masiva de peces en ciertos tramos de la corriente, el mayor crecimiento de bacterias y fitoplancton, causando el incremento de la turbidez y aumento masivo de algas debido a condiciones de suministro de nutrientes. Cuando la temperatura del agua se incrementa, la velocidad de las reacciones químicas aumenta conjuntamente con la evaporación y volatilización de sustancias químicas, además de disminuir la solubilidad de los gases en el agua (García *et al.*, 1998).

- pH: El potencial de hidrógeno está definido como un valor numérico adimensional que se relaciona con el logaritmo negativo de la concentración de iones de Hidrógeno a una temperatura dada. Indica la intensidad del carácter ácido o básico del agua y puede variar entre 0 y 14, donde 0 es el valor más ácido, 7 es neutro y 14 es el más básico, y está controlado por los compuestos químicos disueltos. Las aguas naturales normalmente tienen un pH de 6,5 a 8,5, dependiendo de la composición química del suelo y otros factores. Es poco usual que el agua presente pH lejano a estos valores debido a su capacidad tampón o amortiguadora. (García *et al.*, 1998).
- Oxígeno disuelto (OD): es el oxígeno libremente disponible en el agua. El contenido de O₂ en aguas naturales varía con la temperatura, salinidad, turbulencia, actividad fotosintética y presión atmosférica. (García *et al.*, 1998).
- Turbidez: Se debe a sustancias insolubles en suspensión, coloides, microorganismos. Un agua turbia dificulta el paso de la luz impidiendo la fotosíntesis y disminuyendo el aporte de oxígeno disuelto. La transparencia de un cuerpo de agua natural es un factor decisivo para su calidad y productividad (Korbut, 2008).
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): Permite determinar la materia orgánica biodegradable. Es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica presente, por la acción bioquímica aerobia. Esta transformación biológica precisa un tiempo superior a los 20 días, por lo que se ha aceptado, como norma, realizar una incubación durante 5 días, a 20°C, en la oscuridad y fuera del contacto del aire, a un pH de 7-7.5 y en presencia de nutrientes y oligoelementos que permitan el crecimiento de los microorganismos. A este parámetro se le denomina DBO₅ (Breu, Guggenbichler, & Wollmann, 2008).

- Nitratos y Fosfatos: La presencia de nitratos proviene de la disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales y de efluentes industriales. Tampoco puede descartarse la contaminación proveniente del lavado de tierras de labor en donde se utiliza profusamente como componente de abonos y fertilizantes.

El fósforo elemental no se encuentra habitualmente en el medio natural, pero los ortofosfatos, pirofosfatos, metafosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicamente unidos sí se detectan en aguas naturales y residuales. El fósforo es considerado como un macronutriente esencial, siendo acumulado por una gran variedad de organismos vivos (Breu F *et al.*, 2008); y cuando se exceden los intervalos de concentración natural de estos nutrientes en el sistema acuático, se generan alteraciones como pérdida de OD, proliferación de especies acuáticas indeseables, llegando incluso a la anoxia y liberando gases tóxicos como el Sulfuro de Hidrógeno (García *et al.*, 1998).

- Coliformes fecales. El análisis bacteriológico es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación de agua, el ensayo se basa en que todas las aguas contaminadas por aguas residuales son potencialmente peligrosas, por tanto en control sanitario se realiza para determinar la presencia de contaminación fecal. La determinación de la presencia del grupo coliforme se constituye en un indicio de polución así como la eficiencia y la purificación y potabilidad del agua (Roldán, 2003) citado en (“Factores, Físicos, Químicos Y Bacteriológicos Del Agua,” 2003).
- Sólidos disueltos totales. Se define el contenido de sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter el agua a un proceso de evaporación entre 103-105°C según (Metcalf y Heddy, 1985) citado por (“Factores, Físicos, Químicos Y Bacteriológicos Del Agua,” 2003).

2.4 Trabajos relacionados al tema de investigación a Nivel Nacional

2.4.1 Calidad de agua mediante empleo de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua:

No se ha encontrado ningún trabajo de este tipo sobre la cuenca del Arroyo Guazú en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN), pero sí trabajos similares realizado por estudiantes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, en otros puntos del país. Algunos de ellos fueron empleados en la discusión del presente trabajo de investigación:

- Determinación de la calidad de agua de uso recreativo del Arroyo Yhaguy en el tramo urbano de Itacurubi de la Cordillera, Paraguay (Antúnez, 2013).
- Variación de la calidad de agua en un tramo del Arroyo Mbaey en el distrito de Nueva Colombia, Departamento de la Cordillera, Paraguay (González, 2011).
- Investigación de la calidad de agua de la Cuenca Hidrica del Arroyo Capiibary. Departamento de Itapúa, (Houben, *et al*; 2012). Investigadores de la SEAM
- Investigación de la calidad de agua de la Cuenca Hidrica del Arroyo San Lorenzo. Departamento Central, (Houben, *et al*; 2012). Investigadores de la SEAM.

2.4.2 Calidad biológica del agua por medio de macroinvertebrados

Se han identificado varios trabajos a nivel nacional, que emplearon macroinvertebrados con la determinación de la calidad del agua empleando el Biological Monitoring Working Party (Indice BMWP), ellos son:

- Investigación sobre la Calidad del agua y macroinvertebrados acuáticos. Arroyo Tacuara. Independencia. Departamento del Guairá. (Bergeron-Caron, 2009).
- Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua del Arroyo Capilla Cue, Distrito de Paraguari, Paraguay. (Tillería, 2012).
- Evaluación de la calidad de agua del arroyo Aguapey (Paraguay) mediante la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores. Encarnación, Paraguay: Tesis para la Maestría en Gestión Ambiental Universidad Nacional de Itapúa. (Alonso, 2013).
- Evaluación de la calidad de las aguas de los arroyos Cañi Puente y Sañi de Coronel Bogado con macro invertebrados como bioindicadores. Departamento de Itapúa. Universidad Nacional de Itapúa. (Alonso, 2015).
- Caracterización de la calidad del agua y de ribera del arroyo Poti'y, Departamento de Itapúa (Jacquet, 2016).

3. METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

El Arroyo Guasú es un cauce hídrico de 9,5 kilómetros de recorrido, está ubicado en el Departamento Central (Figura 1), atraviesa tres ciudades, San Lorenzo, Ñemby y San Antonio, antes de desembocar en el río Paraguay. La naciente del principal tributario de este arroyo se ubica en la ciudad de San Lorenzo en inmediaciones de la fábrica Envapar, atraviesa por barrios de la ciudad de Ñemby, atraviesa la ciudad de San Antonio hasta llegar a su desembocadura en el río Paraguay en zona de la fracción Las Garzas (Fig 2)

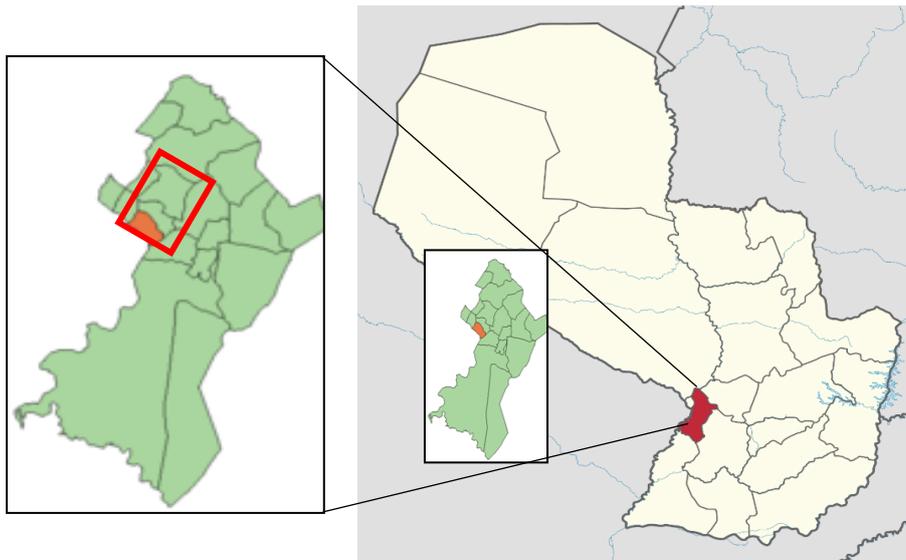


Figura 1: Ciudades que atraviesa el Arroyo Guasú (en rojo), Departamento Central, Paraguay.
Fuente: Elaboración propia



Figura 2: Puntos de muestreo en el cauce hídrico.
 Fuente: Google Earth

Se tomaron cinco puntos de muestreo con la finalidad de abarcar la mayor parte del cauce del arroyo, ubicando un sitio de muestreo en las cercanías a su nacimiento en la cuenca alta, denominado Punto AG, dos puntos intermedios en zona urbana (P1 y P2) y dos puntos finalizando el casco urbano, en las cercanías de la desembocadura del arroyo Guasú en el río Paraguay (P3 y P4). Se acompaña la localización de cada punto de muestreo con sus respectivas coordenadas y una breve descripción de la zona (Cuadro 1).

Cuadro 1. Coordenadas de los puntos de muestreo

Punto	Coordenadas	Descripción
P AG	25°23'33,45"S 57°31'36,77"O	Varios asentamientos humanos, comercios, industria del plástico al margen del cauce, se observaron desagües fluviales y de aguas residuales (Anexo3, fig19)
P1	25°23'39,54"S 57°33'49,53"O	Existen numerosos asentamientos humanos ubicados a ambos márgenes de la corriente, descargas directas de aguas residuales domésticas como las provenientes del lavado de ropa y basurales clandestinos (Anexo3, fig 20)
P2	25°23'44,79" S 57°34'12,99"O	Asentamientos humanos ubicados a ambos márgenes, viviendas muy precarias, descargas directas de aguas residuales domésticas como las del lavado de ropa, filtración de efluentes fecales domiciliarios. inmensa cantidad de basura arrastrada por la corriente, la mayoría de uso doméstico, sustrato rocoso y muy compacto, acceso al cauce por pendiente muy pronunciada (Anexo3, fig:21)
P3	25°24'18,34"S 57°34'18,92"O	Presencia de asentamientos humanos y comercios a ambos márgenes, no se observaron descargas de aguas residuales de viviendas, pero si se encontraron restos de basuras y residuos arrastrados por la corriente. Superficie arenosa, puente de hormigón atraviesa el cauce comunicando varios barrios de la ciudad (Anexo3, fig:22).
P4	25°24'36,50" S 57°34'54,74"O	Existen asentamientos humanos y 5 fábricas de curtido de cuero a ambos márgenes del cauce, se percibieron olores fétidos y coloración negra del agua presumiblemente causados por descargas directas de aguas residuales industriales. Acceso bastante restringido, no se observó vegetación (Anexo3, fig:23).

Fuente: elaboración propia

3.2 Diseño de investigación

Se propuso un diseño de investigación mixto (cualitativo y cuantitativo), descriptivo y de corte longitudinal. Según Hernández (2003), la investigación descriptiva busca ampliar conocimientos sobre propiedades y características de variables estudiadas, sin pretender indicar relación entre variables.

3.2.1 Toma de muestras de Macroinvertebrados

Las muestras fueron colectadas en los meses de noviembre del 2017 y abril del 2018, siguiendo el Manual de Protocolo de muestreo y análisis para Invertebrados

Bentónicos elaborado de Alba-Tercedor et al (2005), y las recomendaciones de Alonso (2015).

Para la toma de muestras se empleó una red de plancton adaptada con armaje al modelo surber, de aproximadamente 900cm² de área, y una malla de 250 micrómetros de luz. La red se ubicó en la superficie del agua en dirección opuesta a la corriente, tocando el suelo si éste no era profundo, y se prosiguió a la remoción del sustrato presente que podría ser hábitat de macroinvertebrados como arbustos, ramas viejas, rocas entre otros. En cada sitio de muestreo se identificaron tres puntos de 10 metros de distancia cada uno, dos en los márgenes y uno en el centro del cauce, de donde se removieron los sustratos para la colecta de muestras. Las muestras fueron depositadas en bandejas blancas de 60 cm x 40cm x 10cm para su ubicación en frascos de vidrio transparente y tapa ancha de plástico. Los envases fueron etiquetados con el nombre o código del punto correspondiente, indicando la hora y fecha de recolección y luego trasladados al laboratorio para su análisis correspondiente.

3.2.2 Análisis de muestras de Macroinvertebrados

Se analizaron las muestras de agua en el laboratorio de Recursos Ambientales de la FACEN en busca de macroinvertebrados. Se depositó el agua en una bandeja blanca, y con el empleo de un filtro colador se realizó la búsqueda de los animales, al ser visualizados se recogieron con pincel de cerda suave y guardaron en un recipiente de vidrio con alcohol etílico al 90% para evitar su descomposición. La identificación de los macroinvertebrados colectados se realizó con la observación en lupa estereoscópica y un análisis taxonómico empleando la guía de identificación de Domínguez & Fernández (2009) en el laboratorio (Anexo, fig11). Se contabilizaron las distintas familias encontradas en cada punto de muestreo según la escala del Índice BMWP/Aguapey (Cuadro 2) y se clasificó cada sitio según el puntaje final obtenido comparado con el Cuadro 3.

Cuadro 2. Índice de BMWP/Aguapey (Biological Monitoring Working Party)

Familias	Puntuación
Oligoneuriidae, Odontoceridae, Blephariceridae, Perlidae	10
Leptophlebiidae, Euthyplociidae	9
Hebridae, Gomphyidae, Leptoceridae, Philopotamidae	8
Veliidae, Coenagrionidae, Aeshnidae, Lestidae, Calopterygidae, Scirtidae, Policentropodidae, Glossosomatidae, Hydroptilidae	7
Notonectidae, Libellulidae, Megapodagrionidae, Agrionidae, Leptohiphidae, Ancylidae, Dixidae, Hyalellidae	6
Belostomatidae, Corixidae, Naucoridae, Gerridae, Nepidae, Dytiscidae, Elmidae, Dryopidae, Baetidae, Polymitarcyidae, Hydropsychidae, Hydrobiidae, Simuliidae, Tipulidae, Pyralidae, Dugessidae	5
Pleidae, Mesoveliidae, Gelastocoridae, Haliplidae, Gyrinidae, Caenidae, Planariidae, Ampullariidae, Limnaeidae, Tabanidae, Ceratopogonidae, Stratiomyidae, Dolichopodidae, Empididae, Hidroacaridos	4
Hydrometridae, Glossiphoniidae, Corbiculidae, Planorbidae, Physidae, Sphaeriidae, Mytilidae, Thiaridae, Psychodidae	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Ephydridae	2
Oligochaeta (Tubificidae y Naididae)	1

Fuente: Alonso (2013)

Cuadro 3. Clases, valores y características para aguas clasificadas mediante Índice BMWP/Aguapey

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Características	Color
I	Buena	>101	Aguas limpias, no contaminadas ni alteradas de modo apreciable	Celeste
II	Aceptable	61-100	Aguas con algún signo evidente de contaminación	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas claramente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy critica	0-15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Roldan (2003) y Alonso (2013)

3.2.3 Toma de muestras de agua para análisis ICA

La recolección de muestras de agua para el cálculo del ICA se realizó teniendo en cuenta la temperatura del ambiente in situ. Se tomaron muestras para los

análisis físicoquímicos, empleando baldes de 10 litros para la recolección del agua, se depositaron las muestras en frascos de plástico transparente de boca estrecha y con tapa rosca, para el análisis de coliformes fecales se tomaron muestras del agua en frascos estériles de 100 ml (Anexo3, fig 12), estando cada uno debidamente identificado.

3.2.4 Análisis físicoquímicos y microbiológicos

Las muestras fueron trasladadas a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales en contenedores con hielo a fin de mantener las condiciones más estables posibles de temperatura para su posterior estudio.

Para la determinación del ICA, los parámetros analizados fueron: Coliformes Fecales (CF), pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO₅), Nitratos, Fosfatos, Temperatura, Turbidez, Sólidos Totales Disueltos (STD) y Oxígeno Disuelto (OD).

Los parámetros DBO₅, Nitratos y Fosfatos fueron determinados en el Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN), siguiendo las metodologías de la “American Public Health Association/American Water Works Association Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 2008).

Los valores de Turbidez, OD, pH, se determinaron mediante el empleo del instrumento multiparamétrico de la marca HANNA serie HI9828, y los análisis de CF y STD fueron realizados en el laboratorio de Microbiología de la FACEN.

El recuento de CF, se realizó por el método de filtración por membrana (SM 9222 D). Se filtraron al vacío varios volúmenes de muestras de 100 ml (Anexo3, fig 14), posteriormente se colocaron los filtros preparados en los medios apropiados; para CF se ubicaron en placas con M-FC agar, y se incubaron a 44,5°C por 24 h. Se

contaron las placas que contenían colonias de color azul, los resultados se reportaron como Unidades Formadoras de Colonias (UFC/100ml) (Anexo3,fig 15) los valores obtenidos se ubicaron en la hoja de cálculo (Anexo1), y teniendo en cuenta los pesos relativos de cada parámetro indicado en el Cuadro 3 se realizó el análisis para la obtención del ICA en cada punto de muestreo.

La determinación de Sólidos Totales Disueltos se realizó empleando el método gravimétrico de las Normas APHA (1992), evaporando un volumen de 100 ml de muestra a baño maría en crisol y luego se secó el residuo en estufa a 105 °C por periodo de 1 hora, repitiéndose tres veces hasta obtener un peso de valor constante, el resultado se indicó en mg/L. Permitiendo conocer el contenido total de sustancias no volátiles presentes en el agua de la muestra. (Anexo3, fig 16,17 y 18)

Cada parámetro fue comparado también con los valores establecidos en la Resolución SEAM N° 222/02 por el cual se establece el padrón de calidad de las aguas en el territorio nacional.

3.2.5 Índice de Calidad de Agua

Para la determinación del ICA, se adoptaron los parámetros propuestos por Brown (1970), con la fórmula de función ponderada multiplicativa obtenida, mencionado y empleado por López *et al* (2016), siendo la siguiente:

$$ICA = \prod_{i=1}^9 (\text{Sub } i^{W_i})$$

Donde Π representa la operación multiplicativa de las variables de calidad elevadas a la W_i , siendo éste el valor del peso relativo asignado a cada parámetro con su respectivo subíndice (Sub i), éstos se ponderan entre 0 y 1, de tal forma a cumplir que la sumatoria sea igual a 1.

El peso relativo (W_i) de cada parámetro es un valor ya establecido por el ICA, y se presenta en el Cuadro 4. Para la obtención de los valores correspondientes a cada parámetro (Sub i), se interpolaron los valores obtenidos en los análisis de laboratorio

en las gráficas extraídas del ICA, y éstos fueron elevados a sus respectivos W_i , multiplicándose los 9 valores resultantes y obteniendo finalmente el valor del ICA (SNET, 2016)

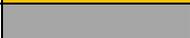
Cuadro 4. Pesos relativos para cada parámetro del ICA

I	Sub i	Wi
1	Coliformes fecales	0,15
2	pH	0,12
3	DBO5	0,10
4	Nitratos	0,10
5	Fosfatos	0,10
6	Temperatura	0,10
7	Turbidez	0,08
8	Solidos Disueltos Totales	0,08
9	Oxígeno disuelto	0,17

Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales - SNET. Índice de calidad de agua - ICA. 2012.

Los valores obtenidos van de 0 a 100, equivalentes a la calidad del agua, la calificación del agua va desde pésima para los puntajes más bajos, hasta excelente para los más elevados, en el Cuadro 5 se presentan las categorías con las que se compararon los resultados.

Cuadro 5. Clasificación del agua según puntuación obtenida en el ICA

Calidad de Agua	Color	Escala
Excelente		91-100
Buena		71-90
Regular		51-70
Mala		26-50
Pésima		0-25

Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales - SNET. Índice de calidad de agua - ICA. 2012

4. RESULTADOS

4.1 Determinación de la calidad de agua del arroyo Guasú mediante el empleo de macroinvertebrados

Luego de la colecta, se procedió a la identificación de los ejemplares macroinvertebrados. En los dos muestreos realizados, se encontraron 254 individuos presentes en 1 Phylum, 1 Clase, dentro de 7 Ordenes y 12 Familias, de las cuales 9 son consideradas indicadoras de la calidad del agua. La distribución de las familias por taxones se observan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Familias de macroinvertebrados encontradas en los dos periodos de muestreo

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA
Arthropoda	Insecta	Díptera	Chironomidae*
			Stratiomyidae*
			Muscidae*
			Culicidae*
			Psychodidae*
		Lepidoptera	Crambidae
		Ephemeroptera	Caenidae*
		Coleoptera	Hydrophylidae
		Megaloptera	Sialidae*
		Hymenoptera	Formicidae
		Hemiptera	Gerridae*
			Corixidae*

*Familias indicativas de calidad del agua según Alonso (2013). Fuente: Elaboración propia.

Para la determinación de la calidad de agua del arroyo Guasú se empleó el Índice BMWP/Aguapey, y fue realizada por periodo de muestreo.

4.1.1 Primer periodo de muestreo

En el primer muestreo realizado en primavera, se colectaron 165 ejemplares distribuidos en 8 familias (Ver Anexo2, fig:1-10), siendo 6 de ellas indicadoras de calidad. En el Cuadro 7 se puede observar la distribución de las familias de macroinvertebrados en los distintos puntos de muestreo y sus respectivos puntajes según el BMWP/Aguapey.

Cuadro 7. Puntaje obtenido por familias de macroinvertebrados por punto de muestreo

Familias	P AG	P1	P2	P3	P4
Gerridae		5			
Corixidae		5			
Stratiomidae	4				
Muscidae	2				
Chironomidae	2	2			
Culicidae				2	
Puntaje obtenido	8	12	0	2	0
Nº de familias bioindicadoras	3	3	0	1	0

Fuente: elaboración propia

En el punto AG se encontraron 3 familias en total, consideradas todas indicadoras según el Índice BMWP/Aguapey. Los puntajes de 1 al 3 son asignados a las familias muy tolerantes a la contaminación, encontrándose 2 familias muy tolerantes en este punto, cotejándolo con el Cuadro 2 de escala de puntajes de macroinvertebrados. La otra familia restante, obtuvo una puntuación de 4, estando dentro de los valores de 4 a 7, que indican mediana contaminación.

En el punto 1, se encontraron 3 familias, todas indicadoras de la calidad del agua, 2 de ellas indican aguas medianamente contaminadas y la tercera indica agua muy contaminada.

En el punto 2 no se encontraron familias de macroinvertebrados en la muestra de agua probablemente a causa de que todo el tramo es en pendiente y el suelo muy compactado, debido a que el caudal de agua que corría arrasaba con todo posible sustrato donde pudieran permanecer y desarrollarse estos animales. Al igual que en este punto, en el punto 4 no se encontraron familias de macroinvertebrados probablemente debido a la elevada contaminación del agua por productos tóxicos y desechos con olor muy fétido eliminados en su mayoría por las fábricas y curtiembres ubicadas a ambos lados del cauce del arroyo Guazú con salida cercana y directa al río Paraguay.

En el punto 3 se halló un solo individuo perteneciente a una familia bioindicadora, la cual está en el rango de aguas muy contaminadas.

Se puede observar en el Cuadro 7 que en 3 de los 5 puntos muestreados se encontraron familias indicadoras de aguas muy contaminadas, la puntuación más baja la obtuvieron las familias Chironomidae, Muscidae y Culicidae. Mientras que la más alta la obtuvieron Gerridae y Corixidae con un valor de 5.

En el Cuadro 8 se puede observar la calidad del agua de cada punto según los valores obtenidos por las familias bioindicadoras del Índice BMWP/Aguapey, ubicándose todas en el rango de calidad muy crítica, aguas fuertemente contaminadas.

Cuadro 8. Calidad del agua por sitios para el primer muestreo según el IBMWP/Aguapey

Punto de muestreo	Valor	Calidad	Características
P AG	8	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas
P1	12	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas
P2	0	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas
P3	2	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas
P4	0	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas

Fuente: elaboración propia

4.1.2 Segundo periodo de muestreo

El segundo muestreo fue realizado en el mes de abril, en la estación de otoño, resaltando que durante un periodo de dos meses no se registraron lluvias de consideración.

En este muestreo se colectaron 89 macroinvertebrados, distribuidos en 6 familias, siendo 4 de ellas consideradas indicadoras de calidad del agua. En el Cuadro 9 se puede observar las familias encontradas en los puntos de muestreo y sus respectivos puntajes según el BMWP/Aguapey.

Cuadro 9. Puntaje obtenido por familias de macroinvertebrados por punto de muestreo.

FAMILIAS	P AG	P1	P2	P3	P4
Caenidae		4			
Psychodidae	3				
Chironomidae	2	2		2	
Culicidae		2			
Puntaje obtenido	5	8	0	2	0
Nº de familias bioindicadoras	2	3	0	1	0

Fuente: propia

En el punto AG se encontraron 3 familias, siendo dos de ellas consideradas bioindicadoras, y éstas indican aguas muy contaminadas.

En el P1 se encontraron individuos correspondientes a 4 familias, donde 3 de ellas son consideradas indicadoras de calidad. Una de las familias indica mediana contaminación por estar dentro de un rango de 4 a 7, y las dos restantes indican aguas muy contaminadas por estar en el rango de 1 a 3.

En el P2 y P4 no se volvieron a encontrar especímenes de macroinvertebrados, tal como ocurrió en el primer muestreo. Solo se hallaron vestigios de tela, plásticos, ramas y hojas viejas. Por lo cual no hay puntuación. En el P3 se encontraron individuos pertenecientes a una sola familia, siendo esta indicadora de aguas muy contaminadas por estar en el rango de valores de 1 a 3.

En el Cuadro 10 se puede observar la calidad del agua de cada punto según los valores obtenidos por las familias bioindicadoras del Índice BMWP/Aguapey en el segundo muestreo, presentando una calidad muy crítica con característica de aguas fuertemente contaminadas.

Cuadro 10. Calidad del agua por punto de muestreo según el IBMWP/Aguapey

Punto de muestreo	Valor	Calidad	Características
P AG	5	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas
P1	8	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas
P2	0	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas
P3	2	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas
P4	0	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas

Fuente: elaboración propia

En la Figura 3 se puede observar y comparar las puntuaciones obtenidas en los dos periodos de muestreo según los resultados arrojados por el IBMWP/Aguapey. Se logra determinar la pésima calidad del agua en el punto 3, donde sólo se obtuvo una puntuación de valor 2, seguido por el punto AG, que corresponde al sitio cercano a la naciente con puntuación de 8 en el primer muestreo y puntuación de 5 en el segundo muestreo. El punto 1 es el que presenta el mayor valor obtenido en ambos

muestreos, pero de igual manera la calidad del agua en todos los puntos es considerada muy crítica por estar altamente contaminada.

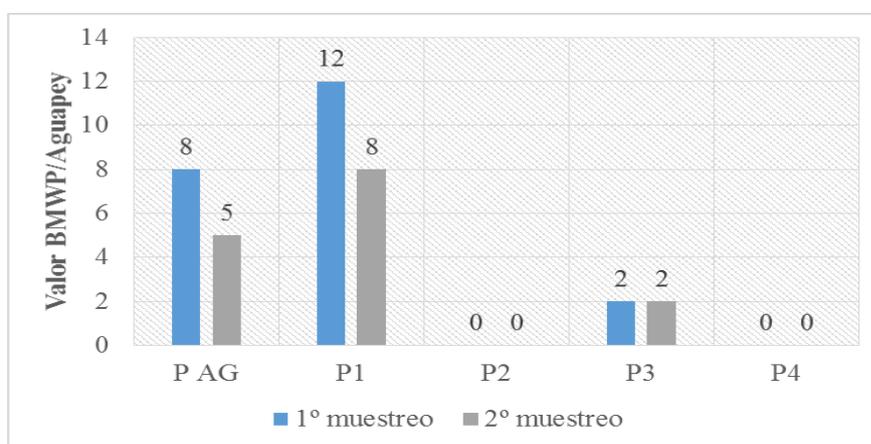


Figura 3. Variación de la calidad del agua según puntuaciones obtenidas mediante empleo del IBMWP/Aguapey.

Fuente: elaboración propia

4.2 Determinación de la calidad del agua mediante análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del arroyo Guazú

Para la determinación de la calidad del agua se analizaron 9 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados de laboratorio se compararon con lo establecido en la Resolución SEAM N° 222/02, para aguas de la Clase 2. Los resultados fueron analizados por medio de la aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA) empleando los parámetros mencionados más arriba.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se presenta por periodo de muestreo.

4.2.1 Primer periodo de muestreo

Los valores de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en los 5 puntos de estudio se presentan en el Cuadro 11.

Realizando una comparación de los resultados laboratoriales con los valores establecidos por la Resolución de la SEAM, se pudo establecer que los parámetros DBO₅ y OD no se encuentran dentro los límites admisibles para aguas de clase II. En el caso de la DBO₅, los valores en los puntos 2, 3 y 4 superan considerablemente el rango permitido. Mientras que para el parámetro OD, en los mismos puntos mencionados recientemente, los valores se encontraron por debajo de lo requerido. Se puede decir entonces que a mayor DBO₅ para descomponer la materia orgánica, es menor cantidad de OD en el agua. Los demás parámetros se ubican dentro del rango admisible.

Cuadro 11. Parámetros analizados y valores obtenidos, comparados con los límites admisibles establecidos en la Resolución SEAM N° 222/02 para aguas de clase II.

Parámetros	P AG	P1	P2	P3	P4	Res. SEAM	Cumplimiento
Coliformes Fecales (UFC/100 mL)	30	120	500	600	700	≤1000	Si
Ph	6,25	7,00	6,63	6,84	7,04	6,0–9,0	Si
DBO ₅ (mg/L)	4,40	4,70	41,30	39,30	39,30	≤5	No
Nitratos (mg/L)	0,18	0,42	0,02	<0.010	<0.010	10	Si
Fosfatos (mg/L)	0,101	0,15	0,68	0,196	0,228	SR*	-
Temperatura (°C)	2,90	4,50	4,00	7,00	6,00	SR*	-
Turbidez (UTN)	3,17	4,15	42,70	22,10	20,90	≤100	Si
Oxígeno disuelto (mg/L)	7,80	7,20	4,00	3,40	3,30	>5	No
Sólidos disueltos totales (mg/L)	135	150	243	183	471	≤500	Si

*SR (Sin referencia) Fuente: elaboración propia

En el Cuadro 12 se observan los valores obtenidos para cada punto de muestreo, determinándose la calidad del agua y el color correspondiente a dicho

rango de puntuación. El punto AG posee una puntuación de 76, correspondiente a agua de buena calidad, el punto 1 posee un valor de 70, que determina una calidad regular del agua, y los puntos 2, 3 y 4 presentan valores de 39, 37 y 35 respectivamente, indicando una “mala calidad” del agua en dichos sitios de estudio.

Cuadro 12. Calidad de agua del arroyo Guasú en el primer muestreo, por punto de muestreo mediante el ICA,

Punto de muestreo	Valor ICA	Calidad	Color
PAG	76	Buena	
P1	70	Regular	
P2	39	Mala	
P3	37	Mala	
P4	35	Mala	

Fuente: elaboración propia

4.2.2 Segundo periodo de muestreo

Los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en el segundo muestreo se pueden observar en el Cuadro 13.

Comparando los resultados de los análisis con los valores admisibles establecidos por la Resolución SEAM N° 222/02, se puede decir que solamente pH y Turbidez se encuentran dentro del rango permitido en todos los puntos de muestreo.

El análisis de Coliformes fecales muestra que los puntos AG, 1 y 4 están dentro de los límites aceptables, en cambio los puntos 2 y 3 sobrepasan considerablemente dicho rango, alcanzando hasta 4 veces el valor máximo aceptable.

Los valores de DBO₅ en los puntos 2 y 3 superan los valores admisibles determinados por la SEAM, presentándose una gran demanda de oxígeno en esos

puntos. El resultado de Nitratos muestra que solamente en el punto AG se supera el valor máximo admisible pudiendo deberse a la descomposición de restos vegetales o efluentes de una industria ubicada a uno de los márgenes del arroyo.

Según los resultados, el nivel de OD se encuentra dentro del rango admisible en los puntos AG, 1 y 4, siendo estos mayores a 5, pero en los puntos 2 y 3 los valores obtenidos son menores a los requeridos, lo cual puede correlacionarse inversamente con el alto valor de DBO₅ en los mismos puntos.

En el análisis de sólidos disueltos totales, todos los puntos de muestreo están dentro del rango admisible excepto el punto 2, superando el valor máximo establecido.

Cuadro 13. Parámetros analizados y valores obtenidos, comparados con los límites admisibles establecidos en la Resolución SEAM N° 222/02 en el segundo muestreo.

Parámetros	PAG	P1	P2	P3	P4	Res. SEAM	Cumpli- miento
Coliformes Fecales (UFC/100 mL)	40	885	3500	4570	80	≤1000	No
Ph	6,6	7,1	7,2	7,4	6,9	6,0–9,0	Si
DBO ₅ (mg/L)	1,40	2,4	180	45,6	1,1	≤5	No
Nitratos (mg/L)	11,89	0,271	<0,010	<0,010	0,251	10	No
Fosfatos (mg/L)	0,086	0,16	1,516	0,547	0,063	SR*	-
Temperatura (°C)	4,00	4,00	4,00	3,00	5,00	SR*	-
Turbidez (UTN)	0,8	1,4	27,2	16,3	8,90	≤100	Si
Oxígeno disuelto (mg/L)	6,40	6,40	3,70	3,20	5,70	>5	No
Sólidos disueltos totales (mg/L)	217	255	649	395	108	≤500	No

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 14 se puede observar los valores obtenidos mediante la aplicación del ICA. Mediante los resultados se determinó que en 3 de los 5 puntos de

muestreo la calidad del agua es mala, mientras que en los 2 puntos restantes la calidad es considerada pésima.

Cuadro 14. Calidad de agua del arroyo Guasú en el segundo muestreo, por punto de muestreo mediante el ICA

Punto de muestreo	Valor	Calidad	Color
PAG	43	Mala	
P1	41	Mala	
P2	17	Pésima	
P3	19	Pésima	
P4	43	Mala	

Fuente: elaboración propia

En la Figura 4 se observan los valores obtenidos en los 5 puntos analizados en los dos muestreos con la aplicación del Índice de Calidad de Agua.

Esto permite determinar que, en todos los sitios de estudio, en el primer muestreo se obtuvieron valores de ICA elevados éstos demuestran que la calidad varía entre buena, regular y mala. En el segundo muestreo, los valores obtenidos fueron inferiores indicando una calidad de agua que va de “mala a pésima”.

Se puede asumir, según los resultados obtenidos por el ICA, que el arroyo Guasú se encuentra con una mala calidad de agua, debido a la presencia de agentes contaminantes que se encuentran en el mismo.

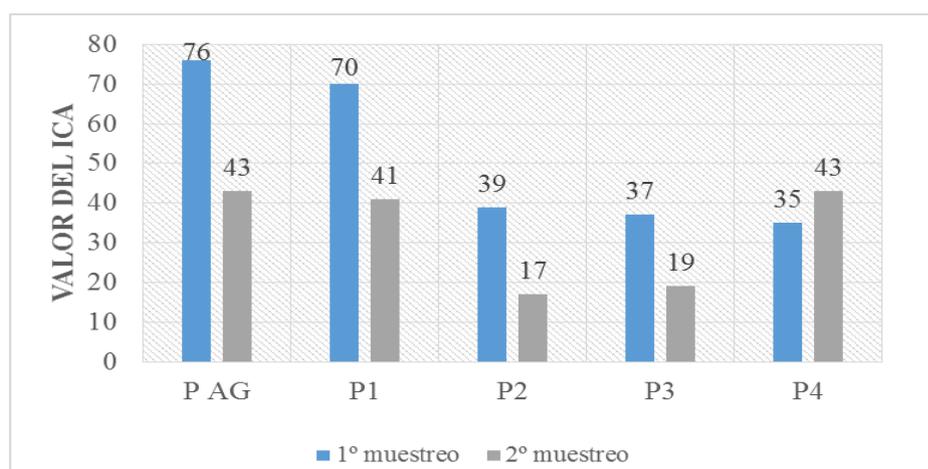


Figura 4: Variación de la calidad del agua según puntuaciones obtenidas mediante empleo del ICA.

Fuente: elaboración propia

Con la finalidad de reforzar los índices aplicados, en el Cuadro 15 se observan los resultados obtenidos mediante la aplicación de los dos índices, presentándose un promedio por cada punto de muestreo.

Cuadro 15. Promedio de resultados obtenidos mediante la aplicación de los índices BMWP/Aguapey e ICA

Índice aplicado	BMWP/Aguapey		ICA		
	Punto de muestreo	Valor	Calidad	Valor	Calidad
	PAG	6,5	Muy critica	59,5	Regular
	P1	10	Muy critica	55,5	Regular
	P2	0	Muy critica	28	Mala
	P3	2	Muy critica	28	Mala
	P4	0	Muy critica	39	Mala
	Promedio general	9,25	Muy critica	42	Mala

Fuente: elaboración propia

Se puede identificar que el resultado obtenido en el PAG y el P1 mediante aplicación del ICA, son los más elevados, determinando una calidad de agua regular para dichos puntos, pero analizando el IBMWP/Aguapey, los puntajes obtenidos son

bajos, indicando una calidad de agua muy crítica debido a la presencia de familias indicadoras de aguas mediana a fuertemente contaminadas, con valores dentro de un rango de 2 a 5.

En los P2, P3 y P4, la calidad de agua determinada mediante ICA hace referencia a aguas de calidad mala, así mismo mediante el IBMWP/Aguapey, se define la calidad de agua como muy crítica, no habiéndose encontrado ejemplares de familias de macroinvertebrados en los P2 y P4, en tanto que en el P3, solo de encontraron individuos de una familia indicadora de agua fuertemente contaminada.

5. DISCUSION

5.1 Determinación de la calidad de agua del arroyo Guasú mediante el empleo de macroinvertebrados en los dos muestreos

Según la clasificación hecha por Roldán (1999), Zúñiga et al (1993) citados por Giacometti y Bersosa (2006), la puntuación de la escala que va de 1 a 3, son asignadas a familias de macroinvertebrados indicadoras de aguas altamente contaminadas, las familias con puntuación de 4 a 7 indican aguas de mediana contaminación, y la puntuación de 8 a 10 son asignadas a familias indicativas de aguas limpias.

La familia Chironomidae (Anexo1, fig 1 y 2) se encontró en los dos muestreos realizados, esta familia tiene una puntuación de 2 en el IBMWP/Aguapey, indicando aguas muy contaminadas. Rojas (2013) realizó un muestreo en 5 puntos en el mes de julio en la Reserva Natural Ypetí, encontrando individuos de la misma familia y siendo ésta la más abundante. Los individuos de esta familia constituyen parte importante de la biomasa de los ambientes lóticos y lénticos, tiene un papel determinante en los ciclos tróficos y el procesamiento de detritus según Roldán Pérez (2016). Las larvas y pupas se pueden hallar sobre cualquier tipo de sustrato, y prefieren lugares remansados y protegidos de fuertes corrientes, así lo indica Domínguez & Fernández (2009).

La familia Stratiomidae (Anexo1, fig 8) incluye larvas semiacuáticas que se alimentan sobre algas o material vegetal en descomposición, normalmente se los encuentra en arroyos, pozas poco profundas y debajo de cortezas, incluso en excrementos y poseen mediana tolerancia a la contaminación (Roldán Pérez, 2016).

Individuos de la familia Muscidae y Culicidae (Anexo1, fig:4, 5 y 6) que también poseen estadios larvarios acuáticos, encontrándose en aguas lénticas de poca corriente, demuestran una gran tolerancia a la contaminación y son de importancia médico-veterinaria por ser hematófagos y vectores de enfermedades (MMAYA, 2012).

Los cuerpos de agua analizados en los puntos 2 y 4 se vieron afectados principalmente por la actividad antrópica más que por las condiciones naturales propias del ambiente. Entre las actividades del hombre que degradan las aguas en dichos puntos se incluyen actividades industriales con vertido de grandes cantidades de desechos directamente al agua causando el cambio de coloración, olor fétido por descomposición y eutrofización según Manahan (2007); la presencia de restos de materiales plásticos, telas viejas, pañales desechables en descomposición, elementos de aluminio derivados de residuos domiciliarios y comerciales que son arrojados al mismo, además de basurales clandestinos que se observaron (Anexo3, fig: 21). Todos los residuos mencionados entre otros, fueron arrastrados por la corriente caudalosa en temporadas de intensa lluvia, compactando el suelo y generando una pendiente en los márgenes, siendo esto impedimento para el desarrollo de organismos acuáticos; por ello se puede decir que no fueron hallados familias de macroinvertebrados en el primer ni en el segundo muestreo realizado.

En el trabajo de Giacometti & Bersosa (2006) sobre macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua del río Alambi encontraron entre los dípteros a 12 familias, de las cuales la familia Psychodidae (Anexo, fig 10) fue representada por dos géneros, y la familia Chironomidae fue

determinada como la más abundante. En este trabajo ambas familias también fueron registradas, y la Chironomidae con el mayor número de individuos coincidiendo con los autores.

Tillería (2012) realizó un estudio en las cuatro estaciones del año aplicando el IBF en aguas del Arroyo Capilla Cué, distrito de Paraguari, obteniendo calidades del agua entre pobres y muy pobres en la naciente coincidiendo con este trabajo, pero en puntos alejados de la naciente. Hilsenhoff (2011) indica que esto pudo ser causado por una contaminación orgánica severa.

Cuando los parámetros son críticos los organismos sensibles mueren y su lugar es ocupado por los organismos tolerantes (Alba-Tercedor, 1996). De tal forma que los cambios de la estructura y composición de las comunidades bióticas puede ser utilizada para identificar y evaluar los grados de contaminación de un ecosistema acuático.(Giacometti & Bersosa, 2006)

5.2 Determinación de la calidad del agua mediante análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del arroyo Guasú

Antúnez (2013) determinó la calidad de agua del arroyo Yhaguy en un tramo urbano del distrito de Itacurubi de la Cordillera, Departamento de la Cordillera mediante la implementación del Índice de Calidad de Agua de Bascaran, y todos los muestreos fueron realizados en invierno, obteniendo una puntuación bastante elevada de 82, que corresponde a una calidad buena, coincidiendo con la calidad de agua obtenida mediante el ICA determinada en el Punto AG en el primer muestreo.

López (2015) determinó la calidad del agua del arroyo Yukyrymi en el distrito de Areguá, Departamento Central, empleó el índice ICA test, obteniendo resultados de calidad regular para dicho arroyo, al igual que el arroyo Guasú en uno de los puntos analizados. Alonso (2015) realizó la Evaluación de la calidad de las

aguas de los arroyos Caí Puente y Satí de Coronel Bogado con macroinvertebrados y empleo de índice ISQA. Según este último índice, la calidad fue cambiando en el transcurso del tiempo, obteniendo calidad regular en una de las estaciones muestreadas, mientras que otras estaciones presentaron aguas de mala calidad, con problemas de olores y sabores desagradables, siendo probable la muerte de peces en periodos de estiajes, Colman & Bellagomba, (2006).

Así también en el segundo muestreo los resultados obtenidos varían según los puntos estudiados obteniendo valores que indican aguas de mala calidad en los primeros puntos y las más contaminadas determinándose como aguas de pésima calidad.

Cruz, *et al* (2008) realizaron el Diagnóstico de la Calidad Microbiológica del Agua Superficial en una Zona Semi-Rural de la Provincia de Salta, hallando que el incremento de CF puede deberse a la existencia de un efluente residual domiciliario posiblemente proveniente de fincas aledañas al canal de donde se tomaron muestras para el análisis. Lo mismo se puede concluir sobre los altos valores de CF obtenidos, causado por filtraciones o efluentes cloacales que llegan a los cauces del arroyo.

Para finalizar, es importante mencionar que los resultados fisicoquímicos pueden variar rápidamente, dependiendo de las precipitaciones, las actividades urbanas e industriales de los humanos y otros factores; en cambio los biológicos, son más lentos y representativos según lo explicado por Alonso (2015).

6. CONCLUSION

Se logró identificar las familias de macroinvertebrados acuáticos bioindicadores presentes en muestras de agua obtenidas en muestreos realizados en los meses de noviembre de 2017 y abril de 2018, dos familias estuvieron presentes en ambos muestreos, ellas son Chironomidae y Culicidae, se encontraron además una gran cantidad de individuos de cada una de ellas. También se registraron familias como: Corixidae, Gerridae, Stratiomidae, Muscidae, Caenidae y Psychodidae, todas indicadoras de calidad de agua. Otras familias presentes fueron Formicidae, Hydrophylidae, Crambidae y Sialidae, pero estas no son consideradas bioindicadoras en el Índice BMWP/Aguapey, por lo cual no se las incluye en los resultados.

Aplicando el Índice BMWP/Aguapey para el arroyo Guasú en los dos muestreos se pudo determinar que la calidad de las aguas en todos los puntos estudiados se encuentran en una calidad “muy crítica”, presentando características de aguas fuertemente contaminadas, por lo cual el desarrollo y la permanencia de los organismos acuáticos se ve muy afectado, encontrándose solamente ejemplares de familias muy tolerantes a la contaminación. Al emplear el ICA, se logró obtener resultados indicativos de la calidad del agua por medio de análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, arrojando valores que determinan que las aguas del arroyo Guasú presentan una calidad entre regular y mala con notables rasgos de contaminación generada por actividades antrópicas.

Al realizar una comparación entre los promedios de los resultados obtenidos por los dos índices aplicados, se puede concluir que la muy poca diversidad de familias indicadoras de calidad halladas en los puntos estudiados se debe a la gran alteración ambiental y contaminación por desechos generados por las industrias, comercios y viviendas que se encuentran a lo largo del cauce hídrico, alterando las características físicas y químicas naturales del mismo, imposibilitando el desarrollo de la vida acuática, y de los organismos dependientes del agua en alguno de sus estadios, causando la muerte de los mismos y alterando el ecosistema, además de no ser aptas para el uso directo, debido a que presentan una calidad de regular a mala.

Mediante los resultados obtenidos con los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados se puede determinar que las aguas del arroyo Guasú no se encuentran en la categoría de aguas de Clase 2, debido a que la mayoría de los parámetros analizados muestran resultados superiores a los reglamentados en la Res. SEAM N° 222/02, perteneciendo a la categoría de aguas de Clase 3.

7. LITERATURA CITADA

- Alba-Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados Acuáticos Y Calidad De Las Aguas De Los Ríos 1. *Isbn, II*, 203–213. <https://doi.org/10.1080/11250009409355910>
- Alonso, J. (2013). Evaluación de calidad de las aguas del arroyo Aguapey mediante el empleo del Índice Simplificado de Calidad de Agua Resumen Materiales y Métodos, 9–13.
- Alonso, J. (2015). Evaluación de la calidad de las aguas de los arroyos Cañi Puente y Sañi de Coronel Bogado con macroinvertebrados como bioindicadores. *Revista sobre Estudios e Investigaciones del Saber Académico*. 9 (9), 7-12
- Altervida. (2005). Recursos Hídricos del Paraguay. *abc color*. Recuperado de: <http://www.abc.com.py/edicion-impresas/recursos/hidricos>
- Antúnez, C. (2013). Determinación de la calidad de agua de uso recreativo del arroyo Yhaguy en el tramo urbano de Itacurubí de la Cordillera, Paraguay. (Trabajo de Grado). Carrera de Ingeniería Ambiental. FCA. UNA. San Lorenzo, Paraguay.
- American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA); Water Environment Federation (WEF) (2008). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th. Washington, DC. USA.
- Blancas, C., & Hervás, M. E. (2008). Procesos de contaminación del agua. *Contaminación de Las Aguas Por Nitratos Y Efectos Sobre La Salud*, 9. Retrieved from http://www.osman.es/contenido/divulgacion/guia_nitratos.pdf

- Breu F, S. Guggenbichler, & Jc. Wollmann. (2008). Análisis de aguas. *Vasa*, 46. Retrieved from <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>
- Brown, R.; McClelland, N.; Deininger, R.; Tozer, R. (1970). *Water Quality Index-Dowe Dare? Water and Sewage Works*, v. 11.
- Bureau Veritas Formación. (2008). *Manual para la formación en medio ambiente*. Valladolid: Lex Nova S.A.
- Colman, G., & Bellagomba, J. (2006). Calidad agua de cursos de Uruguay y análisis de normativas vigentes. XXX Congreso Interamericano de Ingeniería y ambiente.
- Cruz, C., Gil, J., Gómez, S., & Rajal, V. (2008). Diagnóstico de la Calidad Microbiológica del Agua Superficial en una Zona Semi-Rural de la Provincia de Salta . *Diagnosis of the Superficial Water Microbiological Quality in a Semi-Rural Zone in Salta Province*, 3(1), 145–163.
- Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología*. <https://doi.org/978-950-668-015-2>
- Factores, Físicos, Químicos Y Bacteriológicos Del Agua. (2003). Retrieved from https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_totare/diagnostico/l_211calidad_de_aguas.pdf
- Forero-Céspedes, A. M., Reinoso-Flórez, G., & Gutiérrez, C. (2012). Evaluación De La Calidad Del Agua Del Río Opía (Tolima-Colombia) Mediante Macroinvertebrados Acuáticos Y Parámetros Fisicoquímicos. *Caldasia*, 35(2), 371–387. Retrieved from <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/41208/46562>
- Foroagua. (2009). Recursos Hídricos del Paraguay. Recuperado de: http://www.foroagua.org.py/recursos_hidricos.html.
- García, M., Sánchez, F. D., Marín, R., Guzmán, H., Verdugo, N., Domínguez, E., ...

- Cortés, G. (1998). El agua. *El Medio Ambiente En Colombia*, 35–189.
- Cortés, G. (1998). El agua. *El Medio Ambiente En Colombia*, 35–189.
- Giacometti, J. C., & Bersosa, F. (2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Serie Zoológica*. <https://doi.org/10.1390-3004>
- Hernández, R. (2003). Metodología de la investigación. Juarez, Mexico:McGraw-Hill
- Hilsenhoff, W. (2011). Rapid field assessment of organic pollution with a Family-Level Biotic Index. Wisconsin,USA
- Korbut, S. (2008). Contaminacion en agua. *Korbut, Stella*, 53. Retrieved from <http://www.ingenieroambiental.com/agua2.pdf>
- MMAYA. (2012). Guía para la Evaluación de la Calidad Acuática Mediante el Índice BMWP / Bol, 0–84.
- López Arias, T; Fernández Peralta, V; Franco de Diana, D; Galeano Delgado, E; Alonso Márquez, F; Benítez, Martínez, M; López Vera, M; Ímas Ayala, H; Bobadilla Gimenez, N; Benitez Resquín, L & Mazó Bareiro, C. (2016). Índices de calidad ambiental de aguas del Arroyo Caañabe mediante tests microbiológicos y ecotoxicológicos. *Ambiente & Agua – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 11 (3), 548 – 565.
- López, C. (2015). Diagnóstico de la calidad de agua en un tramo del arroyo Yukyrymi, Departamento Central. Tesis (Ing. Amb.). San Lorenzo, Paraguay: Carrera de Ingeniería Ambiental. FCA. UNA.
- Manahan, S. E. (2007). *Introducción a la Química Ambiental*. México: Reverté.
- MMAYA. (2012). Guía para la Evaluación de la Calidad Acuática Mediante el Índice BMWP / Bol, 0–84.

- Mora, V & Cedeño, J. (2006). Determinación fisicoquímica y bacteriológica del agua en las etapas de tratamiento en planta de potabilización. Consultado 29 jun.2018. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-48212006000100007&script=sci_arttext
- Orozco, M. et al. (2003). *Contaminación ambiental: Una visión desde la química*. Madrid, España. Editorial: Paraninfo. 682p
- Prat, N., B. Ríos, R. Acosta & M. Rieradevall. (2009). *Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas*. En: E. Domínguez & H. Fernández (eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericano: sistemática y biología*. Primera edición. Tucumán - Argentina. Fundación Miguel Lillo
- Ramos, R., Sepúlveda, R., & Villalobos, F. (2003). *El agua en el medio ambiente: Muestreo y análisis*. México, México: Plaza y Valdés.
- Reinoso, G., G. Guevara, M. Vejarano, J. García & F. Villa. (2007a). *Evaluación del río Prado a partir de los macroinvertebrados y de la calidad del agua*. Revista de la asociación Colombiana de Ciencias Biológicas 19:141-154
- Roldán, G. (1996). *Guía para El estudio de macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía*. Primera reimpresión. Presencia Ltda. Colciencias, Universidad de Antioquia, Bogotá – Colombia.
- Roldán, G. (1999). *Los Macroinvertebrados y su Valor como Indicadores de la Calidad de Agua*. Departamento de Biología. Universidad de Antioquia, Medellín - Colombia.
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad de las aguas de Colombia. Uso del método BMWP/Col*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Rojas, E. (2013). Calidad fluvial y biológica del agua de un arroyo con bioindicadores en la reserva natural Ypeti, Caazapá, Paraguay. (Trabajo de Grado). Carrera de Ingeniería Ambiental. FCA. UNA. San Lorenzo, Paraguay
- Ruíz Díaz, H. (2003). Piden solucionar contaminación del arroyo Guasú de San Antonio. *abc color*. Recuperado de <http://www.abc.com.py/edicion-impresion/interior/piden-solucionar-contaminacion-del-arroyo-guazu-de-san->

antonio-721187.html

SEAM. 2014. Resoluciones (en línea). Asunción, Paraguay. Consultado 18 may.2018. Disponible en:<http://www.seam.gov.py/resoluciones?page>.

Segnini, S. (2003). *El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los Cuerpos de agua corriente*. Venezuela. Sociedad Venezolana de Ecología. Revista: Ecotropicos 16(2): 45-63

SNET. (2016). Índice De Calidad Del Agua General “ICA.” *Servicio Nacional de Estudios Territoriales, 1(503)*, 14.

Solomon, E., L., Berg & D. Martin. (2008). *Biología*. Quinta edic. Editorial McGraw-Hill interamericana. México.

Tillería, K. (2012). Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua del arroyo Capilla Cué, distrito de Paraguarí, Paraguay. (Trabajo de grado). Carrera de Ingeniería Ambiental. FCA. UNA. San Lorenzo, Paraguay

8. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de cálculo para “ICA”

Parámetro	Valor	Unidades	Sub i	W i	Total
1 Coliformes fecales		NMP/mL		0,15	
2 pH		unidades de pH		0,12	
3 DBO ₅		mg/L		0,10	
4 Nitratos		mg/L		0,10	
5 Fosfatos		mg/L		0,10	
6 Cambio de la Temperatura		°C		0,10	
7 Turbidez		FAU		0,08	
8 Sólidos Disueltos Totales		mg/L		0,08	
9 Oxígeno disuelto		% de saturación		0,17	
Valor de ICA					

Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales - SNET. Índice de calidad de agua - ICA. 2012

Anexo 2. Ejemplares de familias de macroinvertebrados indicadores hallados



Figura 1. familia Chironomidae



Figura 2. pupa de Chironomidae



Figura 3. familia Sialidae



Figura 4. familia Muscidae



Figura 5. familia Culicidae



Figura 6. pupa de Culicidae



Figura 7. familia Hydrophilidae



Figura 8. familia Stratiomyidae



Figura 9. familia Caenidae



Figura 10. familia Psychodidae

Anexo 3. Trabajo de laboratorio y de campo para análisis fisicoquímico y microbiológico



Figura 11: Identificación de macroinvertebrados



Figura 12: materiales estériles para análisis de Coliformes fecales



Figura 13: preparación de medio de cultivo en laboratorio de microbiología



Figura 14: Bomba de vacío para filtración de Coliformes fecales

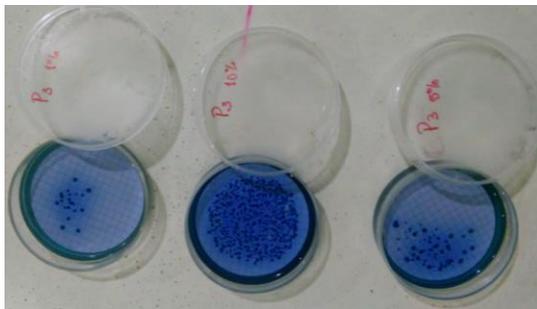


Figura 15: placas de análisis de Coliformes fecales



Figura 16: Análisis de sólidos totales disueltos en laboratorio de microbiología



Figura 17: Crisol con muestra de solidos totales disueltos



Figura 18: Pesaje de crisol en balanza digital, laboratorio de Genética



Figura 19: toma de muestras de agua, Punto AG



Figura 20: toma de muestras de agua, Punto1



Figura 21: sitio de muestreo, Punto 2



Figura 22: sitio de muestreo, Punto 3



Figura 23: sitio de muestreo, Punto 4

Anexo 4. Resultados de análisis de agua de los puntos muestreados, realizados en el laboratorio de agua de FACEN

4.1. Resultado análisis de agua-Punto AG



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Laboratorio de Calidad de Agua
INFORME DE ENSAYO

INF.0593/2018

Solicitante: MARIA GALEANO	Solicitud de trabajo Nº: 213/2018
Dirección: Tte. Salinas Nº 230	Código de ítem: 502
Descripción de ítem: Agua de Arroyo Guazú – Punto 1.	

Fecha de recepción: 27/04/18	Fecha de inicio de ensayo: 27/04/18	Fecha del informe: 11/05/18
------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - Resol. Nº 222/02 SEAM- Máximos permisibles
Nitrato (como N-NO ₃)	Reducción con Cinc - NN	11,89	mg/L	10
Ortofosfato	SM 4500-P E	0,086	mg/L	SR
D.B.O. 5 – 20 °C	SM 5210 B	1,4	mgO ₂ /L	5

Abreviaturas: mg/L = miligramos por litro, D.B.O. 5 = demanda bioquímica de oxígeno a 5 días y 20 °C, mgO₂/L = miligramos de Oxígeno por litro, SR = sin referencia, Resol. = Resolución, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición Nº 17 (APHA-AWWA-WPCF). NN = no normalizado, SEAM = Secretaría del Ambiente.

Ítem: muestra ensayada

Notas:

- Las referencias corresponden a agua de la Clase 2.
- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El(Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.



Estanislao Acoña Morales
Prof. Lic/ Estanislao Acoña Morales
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del informe
Pag. 1/1

REG 063.05

4.2. Resultado análisis de agua-Punto 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
 Laboratorio de Calidad de Agua

INFORME DE ENSAYO

INF.0594/2018

Solicitante: MARIA GALEANO	Solicitud de trabajo N°: 213/2018
Dirección: Tte. Salinas N° 230	Código de ítem: 503

Descripción de ítem: Agua de Arroyo Guazú – Punto 2.

Fecha de recepción: 27/04/18	Fecha de inicio de ensayo: 27/04/18	Fecha del informe: 11/05/18
------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - Resol. N° 222/02 SEAM- Máximos permisibles
Nitrato (como N-NO ₃)	Reducción con Cinc - NN	0,271	mg/L	10
Ortofosfato	SM 4500-P E	0,168	mg/L	SR
D.B.O. 5 – 20 °C	SM 5210 B	2,4	mgO ₂ /L	5

Abreviaturas: mg/L = miligramos por litro, D.B.O. 5 = demanda bioquímica de oxígeno a 5 días y 20 °C, mgO₂/L = miligramos de Oxígeno por litro, SR = sin referencia, Resol. = Resolución, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición N° 17 (APHA-AWWA-WPCF). NN = no normalizado, SEAM = Secretaría del Ambiente.

Ítem: muestra ensayada

Notas:

- Las referencias corresponden a agua de la Clase 2.
- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El(Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.



Prof. Lic. Estanislao Acosta Morales
 Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del informe
 Pag. 1/1

REG 063.05

4.3. Resultado análisis de agua-Punto 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
 Laboratorio de Calidad de Agua

INFORME DE ENSAYO

INF.0595/2018

Solicitante: MARIA GALEANO	Solicitud de trabajo N°: 213/2018
Dirección: Tte. Salinas N° 230	Código de ítem: 504

Descripción de ítem: Agua de Arroyo Guazú – Punto 3.

Fecha de recepción: 27/04/18	Fecha de inicio de ensayo: 27/04/18	Fecha del informe: 11/05/18
------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - Resol. N° 222/02 SEAM- Máximos permisibles
Nitrato (como N-NO ₃)	Reducción con Cinc - NN	<0,010	mg/L	10
Ortofosfato	SM 4500-P E	1,516	mg/L	SR
D.B.O. 5 – 20 °C	SM 5210 B	180,0	mgO ₂ /L	5

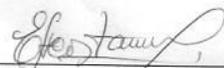
Abreviaturas: mg/L = miligramos por litro, D.B.O. 5 = demanda bioquímica de oxígeno a 5 días y 20 °C, mgO₂/L = miligramos de Oxígeno por litro, SR = sin referencia, Resol. = Resolución, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición N° 17 (APHA-AWWA-WPCF). NN = no normalizado, SEAM = Secretaría del Ambiente.

Ítem: muestra ensayada

Notas:

- Las referencias corresponden a agua de la Clase 2.
- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El(Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.




 Prof. Lic. Estanislao Acosta Morales
 Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del informe
 Pag. 1/1

REG 063.05

4.4. Resultado análisis de agua-Punto 3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Laboratorio de Calidad de Agua

INFORME DE ENSAYO

INF.0596/2018

Solicitante: MARIA GALEANO	Solicitud de trabajo Nº: 213/2018
Dirección: Tte. Salinas N° 230	Código de ítem: 505

Descripción de ítem: Agua de Arroyo Guazú – Punto 4.

Fecha de recepción: 27/04/18 Fecha de inicio de ensayo: 27/04/18 Fecha del informe: 11/05/18

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - Resol. Nº 222/02 SEAM- Máximos permisibles
Nitrato (como N-NO ₃)	Reducción con Cinc - NN	<0,010	mg/L	10
Ortofosfato	SM 4500-P.E	0,547	mg/L	SR
D.B.O. 5 – 20 °C	SM 5210 B	45,6	mgO ₂ /L	5

Abreviaturas: mg/L = miligramos por litro, D.B.O. 5 = demanda bioquímica de oxígeno a 5 días y 20 °C, mgO₂/L = miligramos de Oxígeno por litro, SR = sin referencia, Resol. = Resolución, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición Nº 17 (APHA-AWWA-WPCF). NN = no normalizado, SEAM = Secretaría del Ambiente.

Ítem: muestra ensayada

Notas:

- Las referencias corresponden a agua de la Clase 2.
- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El(Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.



E. Acosta Morales
Prof. Lic. Estanislao Acosta Morales
Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del informe
Pag. 1/1

REG 063.05

4.5. Resultado análisis de agua-Punto 4



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
 Laboratorio de Calidad de Agua

INFORME DE ENSAYO

INF.0597/2018

Solicitante: MARIA GALEANO	Solicitud de trabajo N°: 214/2018
Dirección: Tte. Salinas N° 230	Código de ítem: 506

Descripción de ítem: Agua de Arroyo Guazú – Punto 5.

Fecha de recepción: 27/04/18	Fecha de inicio de ensayo: 27/04/18	Fecha del informe: 11/05/18
------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------

Determinaciones	Métodos	Resultados	Unidad	Referencia - Resol. N° 222/02 SEAM- Máximos permisibles
Nitrato (como N-NO ₃)	Reducción con Cinc - NN	0,251	mg/L	10
Ortofosfato	SM 4500-P E	0,063	mg/L	SR
D.B.O. 5 – 20 °C	SM 5210 B	1,1	mgO ₂ /L	5

Abreviaturas: mg/L = miligramos por litro, D.B.O. 5 = demanda bioquímica de oxígeno a 5 días y 20 °C, mgO₂/L = miligramos de Oxígeno por litro, SR = sin referencia, Resol. = Resolución, SM = Método Estándar - Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, edición N° 17 (APHA-AWWA-WPCF). NN = no normalizado, SEAM = Secretaría del Ambiente.

Ítem: muestra ensayada

Notas:

- Las referencias corresponden a agua de la Clase 2.
- Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio.
- El(Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) y suministrada(s) por el solicitante.



E. Acosta Morales

Prof. Lic/ Estanislao Acosta Morales
 Jefe, Laboratorio de Calidad de Agua

Fin del informe
 Pag. 1/1

REG 063.05