

Desarticulación entre promesas y prácticas científico-tecnológicas: la apuesta por el desarrollo con nuevas técnicas de edición genética en Argentina.

Gisele Bilañski.

Cita:

Gisele Bilañski (Noviembre, 2022). *Desarticulación entre promesas y prácticas científico-tecnológicas: la apuesta por el desarrollo con nuevas técnicas de edición genética en Argentina*. X JORNADAS DE INVESTIGACIÓN EN ANTROPOLOGÍA SOCIAL SANTIAGO WALLACE. Universidad de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/gisele.bilanski/10>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/pOQq/poz>



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>.

Desarticulación entre promesas y prácticas científico-tecnológicas: la apuesta por el desarrollo con nuevas técnicas de edición genética en Argentina

BILAÑSKI, Gisele / IDAES-UNSAM y UNLAM - giselebilanski@yahoo.com.ar

Grupo de Trabajo: 2. Enfoques antropológicos sobre los problemas y conflictos ambientales

» *Palabras clave: desarrollo - promesas - crispr*

» **Resumen**

Las nuevas técnicas de edición genética (especialmente CRISPR) permiten reducir los costos, tiempos y conocimientos necesarios para hacer ingeniería genética, democratizando el acceso a la misma. En Argentina, distintos actores enarbolan promesas y temores en torno a estas nuevas biotecnologías, en relación a su potencial impacto en cierto "desarrollo nacional". Situando la mirada en un nivel intermedio, este trabajo busca comprender cómo anudan las grandilocuentes promesas de desarrollo y las prácticas cotidianas de los científicos y empresarios que trabajan con CRISPR. Recurriendo a entrevistas, observaciones y el análisis de diversos materiales entre 2018 y 2021, y habiendo reconstruido la orientación de la incipiente I+D en ese campo, esta investigación concluye que hay incongruencias entre las posibilidades que habilita la técnica y las promesas que movilizan los promotores de las biotecnologías. Vinculadas al modelo económico actual, esto es, a mejorar la performance de los commodities de exportación, la posibilidad de cumplir esas promesas no depende de la técnica sino en las decisiones respecto de cómo utilizarla (a qué sector económico orientarla, con qué objetivo) y, fundamentalmente, sobre cómo legislarlas. Más aún, muchas promesas (como la sustentabilidad y la diversidad) podrían derivarse de la utilización de CRISPR pero en sectores distintos del "agronegocio". Profundizar este modelo con edición genética puede lograr que más actores locales participen de la innovación fundamental, y reducir los costos de producción de bienes y servicios, pero con una estrategia productiva que ya reveló sus problemas y es crecientemente cuestionada por sectores de la sociedad que demandan

modelos productivos más sustentables. La ponencia prestará especial atención a estas tensiones y contradicciones entre promesas y prácticas, para echar luces y sombras al debate sobre modelos de desarrollo, que actualmente opone sustentabilidad ambiental y crecimiento económico de un modo que parece (o quieren hacer parecer) insalvable.

› **Introducción**

El descubrimiento del ADN recombinante en los 70's marcó el inicio de la fase "moderna" de la biotecnología, centrada en la ingeniería genética. Técnicas como la clonación de mamíferos desde células adultas o la transgénesis, volvieron a esta disciplina objeto de fascinación, interés, crítica y temor. La biotecnología animó promesas imponentes: curar o erradicar enfermedades, incrementar la calidad nutricional de los alimentos, optimizar las herramientas de diagnóstico y prevención, salvar vidas, aumentar el bienestar de las mayorías, agregar valor a las cadenas productivas, crear negocios millonarios (Bilański, 2022: 18). En coincidencia con su vertiginoso despliegue, también el capitalismo atravesó un proceso de transformación, donde el conocimiento y el cambio tecnológico desplazaron a la producción industrial del centro de los procesos de valorización del capital (Vercellone, 2011).

Como afirma Lavarello, las "grandes promesas de la biotecnología radicaban en su potencial para aumentar la productividad de la Investigación y Desarrollo (I+D) y disminuir radicalmente los costos de los productos" (2018: 64). Con cada nueva revolución en la biología molecular se generaba una "oleada" de oportunidades. Si bien todas acabaron frustrándose, esto no evitó que las biotecnologías se volvieran "un espacio privilegiado de expansión de la valorización financiera" (ibíd.: 67). Este fenómeno se explica por un conjunto de cambios institucionales, que fomentaron "la mercantilización de la investigación, el desarrollo de títulos de derechos sobre promesas futuras y la desconexión entre la expansión de dichos títulos y los aumentos de productividad" (ídem). Así, la innovación biotecnológica se fue convirtiendo en un foco de interés para inversores, empresarios, gobernantes y científicos: una herramienta clave y una aliada para el crecimiento económico.

El descubrimiento del potencial de las *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* (CRISPR) para realizar ediciones en el genoma, en 2013, marcó un nuevo parteaguas en la historia de la biotecnología moderna. Esta novedosa técnica de edición genética permite obtener resultados más precisos y eficientes que las anteriores, y es mucho más económica y fácil de utilizar. Al hacerlo, dio lugar a un proceso que algunos autores llamaron "democratización del acceso" (Polcz y Lewis, 2016: 415). Desde entonces,

cualquiera puede adquirir por internet un kit para editar genes por menos de 170 dólares, y la ingeniería genética se volvió posible para actores con reducidos presupuestos para I+D, como los laboratorios argentinos. De inmediato, investigadores de todo el mundo incorporaron la técnica. De este modo, la accesibilidad, eficiencia, especificidad y versatilidad de CRISPR (Santaló Pedro, 2017: 159) modificó radicalmente el escenario de actores que hacen I+D con ingeniería genética,

En Argentina, siendo un país con abundantes recursos naturales y tierras fértiles, líder en la producción y exportación de bienes y servicios agroganaderos, la posibilidad de aprovechar las ventajas técnicas de CRISPR aplicándola al sector, se volvió el nuevo centro de ciertas promesas de desarrollo ancladas en las biotecnologías. Para sus promotores, CRISPR representa una ventana de oportunidad para mejorar la participación argentina en el intercambio global de productos biotecnológicos.

Para identificar los límites y posibilidades reales de esta nueva tecnología, este trabajo cruza una mirada “desde abajo” (desde las prácticas de los actores y sus relatos sobre las mismas) con una perspectiva “desde arriba”: del rol que se prescribe y se espera de ellos, en tanto la edición genética encarna una promesa de valor científico-tecnológico, económico-productivo y, en consecuencia, político. Así, nos situamos en un nivel intermedio para comprender cómo se articulan las grandilocuentes promesas de desarrollo y las prácticas cotidianas de quienes trabajan con CRISPR en Argentina.

Para ello, primero, indagaremos en el contenido de estas promesas de desarrollo: en qué consisten y quiénes las realizan. Luego, observaremos cómo se investiga, desarrolla y aplica una técnica novedosa como CRISPR, es decir, qué incipientes líneas de I+D utilizan esta técnica y con qué propósito. Finalmente, cruzaremos promesas y prácticas para comprender los límites y posibilidades de las apuestas por “el desarrollo” con estas nuevas biotecnologías.

› **Metodología y fuentes**

Con una metodología cualitativa, para poder indagar en las prácticas y estrategias desplegadas por los actores y en la significación que otorgan a estas, nos servimos de diversas fuentes y materiales. Realizamos entrevistas semi-estructuradas entre marzo y noviembre de 2019 a científicos-investigadores que hacen I+D con CRISPR (desde becarios hasta investigadores de extensa trayectoria), empresarios, y a quienes se encargan de la vinculación científico-tecnológica (universidades, incubadoras de empresas y company builders) en la Ciudad y la Provincia de Buenos Aires, manteniendo cierta paridad de género y una distribución equitativa entre distintos grupos etarios e instituciones de

pertenencia (del sector público y el privado, con y sin fines de lucro).

Realizamos observaciones en eventos sobre edición génica abiertos al público entre 2018 y 2021, algunos con propósitos de divulgación, otros para expertos o públicos especializados y otros para fomentar la vinculación entre sector público y privado. También tomamos como testimonio el relato de científicos e investigadores invitados a dialogar sobre sus proyectos en los encuentros realizados en el marco del Círculo de Estudios sobre Ciencia y Tecnología (entre 2016 y 2017) y el Círculo de Estudios sobre Ciencia y Periferia (2020 y 2021) en la Universidad Nacional de San Martín.

Se consultaron diversas fuentes secundarias como las bases de datos de investigadores y becarios de los organismos científico-tecnológicos; sus CV; la información disponible en páginas y redes sociales y en artículos publicados en revistas académicas y de divulgación científica. También examinamos la legislación (Leyes, Resoluciones, Decretos, Reglamentaciones, Convenios y Tratados internacionales) y bibliografía jurídica, publicaciones, comunicaciones y páginas web de universidades, empresas, centros de investigación, publicaciones etiquetadas como “CRISPR” o “edición genética” en medios de comunicación, documentos y políticas públicas, como los Planes estratégicos en CyT.

La investigación pone a dialogar a los estudios de ciencia, tecnología y sociedad (CTS) y los de aquello que podríamos llamar economía del desarrollo o sociología económica sobre innovación que, aunque en Latinoamérica comparten preocupaciones y antecedentes comunes, pocas veces dialogan entre sí. En consecuencia, tienden a producir miradas normativas sobre las actividades productivas, sosteniendo miradas sesgadas sobre las posibilidades e impactos de la innovación y del desarrollo. Cruzarlas permite comprender el desarrollo desde una perspectiva social, no solo asociada al crecimiento económico, sino fundamentalmente como una apuesta por un modelo de sociedad, que tiene pros y contras, actores que lo promueven y lo cuestionan, de forma tal que se pueda desglosar las distintas razones, argumentos y planteos que subyacen a ese modelo o a los modelos que se encuentran en disputa.

› ***Promesas: el modelo de desarrollo basado en los “paquetes tecnológicos”***

Con raíz en el período de sustitución de importaciones, en América Latina, la utopía del desarrollo se centró en la industrialización. La explotación de los recursos naturales, asociadas al imaginario del atraso y el subdesarrollo, eran el medio por el que podría conseguirse el capital necesario para alcanzar a los grandes centros en la búsqueda del desarrollo. Como afirman Lachman, et al, la oposición “librecambio o proteccionismo” del

siglo XX dejó lugar a la opción entre “campo o industria”, como propuestas polarizadas y mutuamente excluyentes (2020: 3).

Ese proceso comienza en los 70's, cuando las transformaciones tecnológicas asociadas a la “revolución verde”, las mejoras en los precios internacionales de la soja, y la utilización del método de siembra directa, consolidaron el dinamismo del sector agrícola, que incrementó enormemente su productividad y recuperó su lugar privilegiado en la canasta exportadora (Bisang, 2007: 191-192). No solo se esperaba que “el campo” abasteciera al mercado interno de materias primas y alimentos, sino también que sea una palanca esencial en el proceso de acumulación, proveyendo las divisas que permitieran expandir el desarrollo industrial (Barsky y Gelman, 2009: 347).

En ese marco, a mediados de los 90's, Argentina fue pionera en aprobar la comercialización y producción de Organismos Genéticamente Modificados (OGM) o transgénicos; y comenzó a sembrar la primera variedad de soja OGM resistente al glifosato, la *Roundup Ready* (RR) de la empresa Monsanto (Bilański, 2022: 102). Esta modificación permitía utilizar un único pesticida (glifosato) que, ahora, no podría dañar la planta. La adopción de este “paquete tecnológico” (OGM y herbicida) se articuló con la técnica de siembra directa y transformó la práctica agrícola, expandiendo las tierras cultivables y reduciendo sustantivamente los tiempos, costos de personal y gastos fijos dedicados a cada campaña (Hernández, 2007: 333-334).

Es que la soja transgénica representa entre el 20 y el 25% de las exportaciones argentinas (Craviotti, 2017: 111), constituyendo un componente central de su inserción en la división internacional del trabajo. Las ganancias generadas no beneficiaron solo a los productores, sino que fueron clave para la recuperación económica de un país en crisis (Córdoba, 2019: 21). Entre 2007 y 2011 la transferencia desde estos al Estado representó alrededor del 46% del total de las ventas, arrojando un promedio de 4.7 mil millones de dólares anuales, gracias a los impuestos a la exportación y las restricciones a la exportación de bienes salarios (Freytes y O'Farrell, 2017: 184). Con ello, la contribución del sector agrario a la recaudación total de impuestos al comercio exterior pasó del 4% en 2001 al 18% en 2007 (ídem).

Comenzó así una estrecha relación entre los transgénicos y el sector agropecuario, cuya intensidad y extensión sólo se explica “por transformaciones de mayor alcance operadas tanto en el paquete agronómico como en la estructura productiva en su conjunto” (Bisang, 2003: 413-414). El Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología 1998-2000 destacaba la importancia estratégica de la biotecnología aduciendo que “su desarrollo representa una parte significativa de las posibilidades de crecimiento económico del país” (GACTEC, 1997: 199). Esto conjugaba el auge de la disciplina biotecnológica y su aplicación, y la conciencia de que había posibilidades reales para desarrollarla en el país,

principalmente la existencia de los recursos, la infraestructura, y las capacidades técnicas. Estas fueron consideradas similares o cercanas a las de los países avanzados, de modo “que el gap tecnológico, infranqueable en otras oportunidades, aquí no lo es” (ídem).

De este modo, la combinación entre la biotecnología y las transformaciones del capitalismo (financierización, neoliberalismo, auge del emprendedorismo) convergieron para modificar la estructura productiva argentina hasta la actualidad (Bilański, 2022: 27). Mientras la exportación de commodities representa el 76,5% de las exportaciones (Ottaviano et al., 2021: 5), el sector agroexportador comenzó a volverse el depositario mismo de las promesas de desarrollo. Esto es, frente a la clásica concepción de un modelo de desarrollo que redirigiría el dinero proveniente de la explotación de los recursos primarios y naturales a la complejización de su estructura productiva, crecen los promotores de un “desarrollo” concebido como resultado de la aplicación de nuevas biotecnologías a la agregación de valor científico-tecnológico sobre los bienes y servicios de la canasta exportadora, esto es, vinculados a los “agronegocios” (Gras y Hernández, 2009).

Los promotores de este modelo afirman que la única forma macroeconómicamente sustentable de reducir la pobreza y crear empleo de calidad en Argentina es producir y exportar más (Möhle y Schteingart, 2021: 57). El problema es que, en economías como la nuestra, buena parte de las exportaciones involucra actividades de alto riesgo e impacto ambiental (ídem.). Por ello, quienes buscan profundizar el modelo agroexportador, se amparan en la urgencia económica y lo que podemos llamar una doble temporalidad, esto es, no necesariamente niegan la posibilidad de diversificar la estructura productiva, pero sí afirman que esta requiere de recursos que, al momento, solo pueden provenir de la explotación de los recursos naturales. En este sentido, muchos de los promotores reconocen los efectos negativos que estas actividades tienen sobre el ambiente, pero creen que estos no exceden las ventajas del modelo, o que la ausencia de alternativas viables en el corto plazo para reemplazarlas sin afectar gravemente la economía, justifican su continuidad. En consecuencia, acusan a sus críticos de “justificar el subdesarrollo” y de un “prohibicionismo irreflexivo” (Natanson, s/f), esto es, de querer impedir todas las actividades con impacto negativo sobre el medioambiente, sin considerar sus consecuencias sobre el empleo, los salarios, el consumo, la calidad de vida. Como afirman Lachman, et al, entrado el siglo XXI, el campo adquiere tal centralidad que el dilema pasa a ser entre “desarrollo o medio ambiente” (2020: 3).

Problemas del nuevo modelo agroexportador

El modelo de desarrollo basado en la aplicación de las biotecnologías al sector agropecuario, también generó problemas. Es que la manipulación genética de lo vivo y el

potencial impacto de liberar estas nuevas variedades animales o vegetales al medioambiente suscitan resquemores. Para los países periféricos o semi-periféricos, cuyas economías se basan en los recursos naturales, el modelo productivo que adquirieron estas actividades muchas veces se reveló perjudicial. Beck (1998) lo señaló con la noción de sociedad de riesgo, que focaliza en que la producción de riquezas se realiza mediante procesos potencialmente riesgosos para la vida, y una distribución globalmente desigual de los riesgos y riquezas.

Así, “desde el ambientalismo se señala la subestimación de la variable ambiental que tienden a hacer los desarrollistas” (Möhle y Schteingart, 2021: 56), a quienes acusan de avalar acríticamente cualquier actividad económicamente rentable, e incluso de negar los efectos perjudiciales del modelo productivo. En las últimas décadas, cientos de conflictos se desataron a lo largo de todo el territorio argentino en torno a diversas actividades basadas en los recursos naturales y sus efectos nocivos sobre el medioambiente, la salud humana y las economías regionales. Entre ellos, destacan el rechazo a la (mega)minería (Svampa y Sola Álvarez, 2010; Wagner, 2016; Weinstock, 2006), las papeleras (Merlinsky, 2013), o más recientemente las Salmoneras en Tierra del Fuego y las exploraciones petrolíferas en la costa bonaerense. Enorme atención suscitó el daño irreparable sobre el ambiente y la salud que se deriva del abuso y mal uso del glifosato y el glufosinato de amonio, al que las variedades transgénicas son resistentes (Arancibia, 2012; Craviotti, 2017; Lapegna, 2019; Pellegrini, 2014; Skill y Grinberg, 2013; Tubio, 2019).

Otra técnica controvertida es el gene-driving, que edita el ADN de los machos de una especie considerada perjudicial, para que transmita a las hembras una característica capaz de matarlas, para controlar su población y con ello la incidencia de enfermedades como las transmitidas por mosquitos, como el dengue o el zika. Aún no hay consenso sobre el impacto que liberar este tipo de organismos puede provocar en el equilibrio general de los ecosistemas (Montenegro de Wit, 2019). Algunos de los investigadores que entrevistamos mostraban esta preocupación:

“Imaginate... ¿no? Imaginate que cambiemos el ecosistema metiendo un bicho modificado [ría]. Ya sabrás. Vaya a saber lo que puede pasar. (...) Ni idea. O sea, vos bajás una especie, sea la que sea. ¿Qué pasa con su competidor? ¿Qué pasa con el que se alimenta de ella?” (27/11/2019).

Por otra parte, los paquetes tecnológicos transgénicos orientaron las prácticas en favor de cultivos con gran inserción comercial global, que generan mayor rentabilidad. De este modo, las modificaciones se concentraron en pocos cultivos (soja, sorgo, maíz, algodón) y en otorgar resistencia a plagas y malezas, consolidando el desinterés por las variedades locales y perjudicando a las economías regionales.

Esta estrategia productiva consolidó además la dependencia de los productores

agrarios respecto del “paquete tecnológico” (los insumos y servicios) de los proveedores oligopólicos, que concentraron la innovación fundamental en semillas transgénicas. Esto se debe a que los costos y tiempos que demandan las distintas instancias evaluatorias establecidas por los organismos reguladores del Estado, que debe atravesar un OGM para obtener una autorización comercializar, encarecen el producto hasta volverlo inaccesible para casi cualquiera que no sea una gran empresa multinacional. De este modo, los transgénicos se volvieron un núcleo central de la estructura económica y redistributiva argentina, mientras simultáneamente consolidaban la dependencia respecto de los proveedores de los “paquetes tecnológicos”. Así, como señala Cáceres, la “eficiencia del modelo productivo ocurre a expensas de la dilapidación del capital natural y de los costos que internalizan otros actores sociales [...] o a través de la socialización y el diferimiento temporal de sus externalidades negativas” (2015: 21).

CRISPR y la reactualización de promesas

Ante este escenario de suspicacia y crítica creciente, para los promotores del modelo productivo actual basado en exportación de commodities, la edición genética representó una oportunidad única para mejorar los beneficios y resolver algunos de los problemas de la estructura productiva del sector agrícola, basada en los paquetes tecnológicos de cultivos transgénicos. Al demandar escasos recursos y especialización, las ventajas técnicas de CRISPR habilitaron a los laboratorios argentinos a incorporar líneas de I+D con edición genética, abriendo una “ventana de oportunidad” para “tomar el desarrollo por asalto”.

Los promotores de la aplicación de la biotecnología al “campo” buscaron ganar el beneplácito de la ciudadanía afirmando que incorporar las nuevas técnicas de edición genética permitiría (1) desarrollar actividades productivas más sustentables, es decir, con menor impacto negativo sobre el medioambiente; (2) elaborar nuevas variedades de interés local, y/o (3) que incorporen modificaciones distintas de la resistencia a plagas y malezas, por ejemplo, destinadas a mejorar la calidad nutricional de los organismos. Además, (4) que más actores participen de la cadena productiva, especialmente los laboratorios públicos y pequeñas empresas de capitales nacionales. Con ello, aludiendo a Lavarello (2018), podríamos afirmar que CRISPR habilitó una nueva “oleada” de promesas asociadas a la biotecnología, cuyas posibilidades analizaremos a continuación.

› ***Prácticas: La I+D+i en edición genética y su regulación***

Los científicos-investigadores

En el país se están realizando varias investigaciones en edición genética, con variados objetivos, que sintetizamos en la tabla 1 del Anexo. Aunque con propósitos diversos, la investigación orientada al sector agropecuario se concentra en los principales cultivos utilizados en el país (soja, alfalfa, trigo, papa), por su extensión y potencial impacto comercial, pero también porque los laboratorios tienen más experiencia trabajando con ellos.

Uno de los objetivos de la edición en vegetales es modificar la composición química y/o nutricional de los productos, por ejemplo, disminuyendo la presencia de anti-nutrientes o aumentando la de antioxidantes (Feingold, et al., 2018). Si bien estos rasgos son de interés agrícola, también pueden beneficiar directamente al consumidor (ídem). Así, hay investigaciones en curso intentando reducir la oxidación (o pardeamiento oxidativo) de algunos cultivos como la papa, la caña de azúcar y los champiñones, para que tengan mejor sabor, sean más saludables y no haya tanto descarte por parte de la industria alimentaria (Feingold, 2018). También para disminuir la presencia de compuestos anti-nutricionales en granos de soja y tubérculos de papa, o mejorar los caracteres morfo-agronómicos de plantas de cultivo y en variedades criollas de tomate.

Esto último permite mejorar la calidad durante el almacenamiento y el procesamiento de la materia prima (calidad industrial), impactando positivamente en la industria y la sostenibilidad de los sistemas, mediante una mayor eficiencia en el uso de recursos (Feingold, et al., 2018). También podría disminuir el requerimiento de agroquímicos (ídem) o generar procedimientos alternativos para el control de plagas. Hay equipos trabajando en tolerancia a enfermedades, sequía y resistencia a herbicidas en diferentes cultivos. En pos de la sostenibilidad ambiental, se está intentando mejorar la eficiencia en el uso del agua y en el incremento de la resistencia genética frente a enfermedades fúngicas para disminuir el uso de fungicidas (ídem). CRISPR también se está utilizando para aumentar la producción de ciertas características de interés, por ejemplo, la producción de colorantes alimenticios naturales a partir de hongos.

En lo que respecta al sector ganadero, los proyectos con edición genética se proponen especialmente reducir los costos y tiempos de producción. Un caso son las vacas y toros editados para inhibir la expresión de un gen que regula el crecimiento de la masa muscular. Con la miostatina “bloqueada”,¹ la expectativa es que las vacas produzcan un 20% más de carne, llegando al peso ideal para faena en menor tiempo, pero consumiendo

¹ Los verbos “bloquear”, “noquear” o “romper” son expresiones nativas que utilizan nuestros entrevistados para referir a procesos de edición génica donde se impide que un componente (por ejemplo, una proteína) del ADN del organismo editado se exprese normalmente, es decir, no se desarrolle.

la misma cantidad de alimento, reduciendo así la inversión y los plazos de producción para la industria cárnica. También se trabaja en vacas Angus a las que se les “rompe” su receptor de prolactina para que no exprese esa proteína, obteniendo como resultado una vaca de pelo corto (es una especie de pelo largo), para poder criarlas en regiones cálidas sin que sufran de estrés térmico. Esto permitiría que esta raza, una de las más valoradas en el país, pueda criarse en climas más tropicales como el del norte argentino.

Algunos de los proyectos de I+D también optimizan la actividad ganadera al simplificar la labor humana y, en paralelo, minimizando la crueldad hacia los animales. Aquí podemos mencionar desarrollos como las vacas Holando a las que se les “noquea” un gen para que ya nazcan descornadas, evitando la logística, el gasto y el sufrimiento de sacarles los cuernos (Mucci, 2018). Según explican los entrevistados, este es un ganado muy agresivo al que es necesario descornar, y hacerlo “a la vieja usanza” es doloroso para el animal, además de conllevar riesgo de infección y complejizar el trabajo humano. El mismo procedimiento se aplica en vacas para intentar obtener leche hipoalérgica, “noqueando” la producción de beta-lactoglobulina.

También se investiga sobre sexado de embriones, porque algunas industrias prefieren un animal de sexo específico, por lo que actualmente lo que se hace es o “descartarlos” o, en animales más complejos, como los equinos, inducir al aborto cuando se conoce el sexo y no es el deseado. Este proceso fue descrito por los entrevistados como costoso y cruel. Hay proyectos que utilizan CRISPR para desarrollar vacunas. Si bien los mismos tienen como horizonte tratar enfermedades humanas, en principio se orientan a animales domésticos, por ejemplo, buscando prevenir cierto tipo de cánceres y probando terapias en instancia de ensayo in vitro.

Algunas veces, como vemos, la salud animal y el interés ganadero van de la mano, porque este sector es el principal destinatario de los desarrollos de vacunas y dispositivos para, entre otras cosas, facilitar la inducción al celo y la preñez o el diagnóstico de enfermedades. Por ello se busca generar productos de uso simple, de forma que un peón de campo pueda utilizarlos directamente, sin requerir la presencia de un experto o la instalación de un laboratorio. Así, el proceso de adopción de una nueva tecnología se vuelve una propuesta más atractiva para el productor, abriría el mercado y facilitaría su incorporación a la producción agropecuaria. Destacan también las ediciones que busca eliminar los genes que dan susceptibilidad a enfermedades, como la encefalopatía espongiiforme bovina, tecnología que en este caso en particular podría venderse a países cuya industria ganadera se vio enormemente afectada por la enfermedad. Líneas similares

avanzan en el desarrollo de terapias génicas en humanos.²

Los funcionarios de gobierno

Como sabemos, la trayectoria de las líneas de I+D+i no depende solo de los científicos o lo que pasa en los laboratorios. Las promesas de mejorar los márgenes de ganancia, reducir los costos productivos y pelear por participar de la innovación fundamental, se apoyan en las características técnicas de CRISPR, pero las exceden. Para aprovechar esa “ventana de oportunidad”, Argentina fue el primer país del mundo en decidir y plasmar en su legislación que los organismos editados no están alcanzados por la normativa vigente para los OGM (Dederer y Hamburger, 2019: 3).

Mediante la Resolución N° 173 de 2015 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, se estableció el procedimiento por el cual la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA) debe definir caso por caso si un producto estará alcanzado o no por la normativa para los OGM, observando el tipo de transformación realizada en el organismo antes que la técnica utilizada (Whelan y Lema, 2019: 25).³ Si resuelve que no está alcanzado, el organismo será considerado análogo a la variedad “convencional” y estará “desregulada”. Esto se basa en la premisa de que un organismo editado no difiere sustantivamente de uno que pudo obtenerse mediante otras técnicas convencionales de cría o cultivo, que no suelen ser consideradas OGM (Duensing, et. al., 2018).

La consecuencia inmediata de esta decisión normativa fue la drástica reducción de los tiempos y costos que los organismos editados y sus derivados deben afrontar para llegar al mercado comercial, a diferencia de los transgénicos, volviéndolos verosímiles para los laboratorios locales.

En simultáneo, también se incorporó la Instancia de Consulta Previa (ICP), que permite someter el producto a la evaluación de CONABIA estando aún en fase de diseño. Esto brinda a los desarrolladores la oportunidad de recibir una clasificación reglamentaria de los productos de sus esfuerzos de I+D en una etapa temprana, para estimar mejor los plazos y recursos que demandará el desarrollo, información clave para decidir continuar con el mismo. Si los estudios presentados sobre el producto final coinciden con los presentados en la ICP, esta mantiene su validez, acelerando los procesos de evaluación (Dederer y Hamburger, 2019: 4).

Estas decisiones son clave para evitar que la I+D+i con CRISPR y sus aplicaciones

² Para más sobre la I+D con CRISPR orientada a seres humanos puede consultarse Bilański (2022).

³ La normativa fue modificada varias veces en pos de su simplificación, pero mantuvo el espíritu original y la “desregulación”. El detalle de los cambios puede consultarse en Bilański (2022: 127-141).

tengan el mismo destino que las de transgénesis, y Argentina pueda diseñar, patentar, vender y utilizar sus propias variedades. Los eventos que ya recurrieron a la ICP respaldan la tendencia: a fines de 2018 se habían presentado 17 eventos basados en técnicas de edición genética, y todos recibieron la aprobación comercial (Grasa, 2018). El 41% fueron presentados por instituciones públicas nacionales (como INTA y CONICET), que representan solo el 8% del total de las solicitudes para OGM aprobadas en el país (Etchevehere, 2018), confirmando que la “desregulación” de los editados fomenta que los laboratorios públicos accedan al mercado comercial con ingeniería genética.

La distinción entre editados y modificados también representó una diferenciación terminológica que los funcionarios, empresarios y científicos decidieron aprovechar, para “limpiar la fachada” de la ingeniería genética, despegando a los editados de los OGM y el creciente rechazo social que cosechan. Así se evidenció en los eventos de divulgación científica organizados por diversos organismos estatales sobre CRISPR, en los que se enfatizó la diferencia. Uno de los científicos que participó de estos encuentros dijo, respecto del gobierno, que “lo que ellos quieren claramente es que no gane mala fama” (10/06/2019). Varios entrevistados coincidieron en identificar este motivo para la diferenciación terminológica, en concurrencia con los hallazgos de Kuzma (2018) sobre la intención de evitar problemas políticos y comunicacionales relacionados con los OGM.⁴

› **Geopolítica: La regulación de las prácticas**

Como sostenían los entonces funcionarios de la Dirección de Biotecnología del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, aún está en discusión si los editados “representan o no una promesa para el desarrollo de la biotecnología agrícola en países donde hoy en día la puerta está cerrada al desarrollo y/o cultivo de cultivos transgénicos” (Whelan y Lema, 2017: 79). Pero esta ventana de oportunidad está condicionada por varios factores, como las restricciones que impongan los “inventores” para acceder a las técnicas, la existencia de un sistema científico-tecnológico medianamente desarrollado y con dominio de la genómica, y el aprovechamiento de la reducción de tiempos y mínimos de inversión que se derivan de estas nuevas técnicas (Sztulwark y Girard, 2020: 35-36).

Hasta el momento, los “inventores” no habrían logrado consolidar barreras para el acceso a las nuevas técnicas (ídem), y es claro que Argentina tiene los recursos humanos y

⁴ Entre ellos, es posible mencionar un entorno político muy controvertido, el rechazo de los consumidores de muchas variedades de alimentos modificados genéticamente, tensiones entre los productores de cultivos orgánicos y OGM, desafíos judiciales prolongados sobre la idoneidad de las reglamentaciones y un creciente número de empresas de alimentos que evitan los ingredientes OGM (Kuzma, 2018).

materiales para innovar con ellas (Bilański, 2022; O'Farrell, et al, 2022). Por tanto, ninguna de estas variables representa un problema aún. Sin embargo, la última dependerá de una serie de factores que exceden los aspectos técnicos y corresponde a la geopolítica, entendida como el resultado de las acciones y omisiones de los distintos actores involucrados que acaba condicionando sus propias prácticas, y que en otros trabajos llamamos regulación (Bilański, 2022).

Es que si bien CRISPR reduce los costos de investigación, el verdadero freno a la comercialización de los bienes y servicios biotecnológicos y sus derivados lo constituyen los costos de evaluación, y estos no dependen de la técnica sino de cómo este legislada. En ese sentido, la rápida y deliberada decisión del Estado argentino por no legislar a los editados como si fueran transgénicos operó como un fomento para los desarrollos locales, pero su éxito depende de su armonización con la normativa internacional, y esta de la receptividad y aceptación de los países que demandan nuestros bienes y servicios.

Justamente el desafío radica en que, como en muchos países sigue creciendo el rechazo de consumidores y productores a la aplicación productiva de algunas biotecnologías, estos amenazan con dejar de importar la producción argentina. Buen ejemplo de esto es lo que pasó con una línea de investigación que había obtenido embriones de equino editados genéticamente. El CEO de la empresa argentina que llevó adelante este proyecto relata que los embriones no fueron transferidos porque “dimos a conocer un poco la noticia, nosotros, y se armó como un revuelo muy grande” (10/07/2019); “llamaron desde otros países también, al Ministerio de Agricultura de Argentina, preguntando si nosotros teníamos caballos modificados genéticamente, bueno, un lío” (ídem).

Alertados por la posibilidad de adquirir un ejemplar editado sin saberlo, los importadores de caballos argentinos amenazaron con dejar de comprarlos. Por ello, para dar tranquilidad a los importadores, el Ministerio de Agricultura y la CONABIA pidieron a la empresa una “presentación espontánea” donde constara que los embriones no habían sido transferidos. Un investigador que colaboraba con la empresa lo relató así:

“CONABIA pero espantada, una citación jurada diciendo venga a darme explicaciones por qué salió esta noticia... [...] Firmar una declaración jurada que no hay ningún embrión transferido, y con abogado y con el dueño de la empresa firmando que no hay ningún embrión transferido porque esto de Europa me lo piden porque si no, no me dejan mandar más caballos” (19/03/2019).

Por lo tanto, la capacidad de influencia de los dirigentes argentinos en las negociaciones internacionales será decisiva para el destino de CRISPR. Al momento, los funcionarios de gobierno argentinos llevaron adelante diversas acciones destinadas a formar un bloque entre países de Asia, África y Latinoamérica, principalmente para

presionar a la UE a adoptar un marco normativo similar al nuestro para los organismos editados (Bilański, 2022: 141) y así evitar obstáculos comerciales (Lema, 2019: 150).

› **Conclusión: el gap entre promesas y posibilidades**

Gracias al análisis conjunto de los discursos y las prácticas de los diversos actores que conforman el universo de la edición genética en Argentina, es posible afirmar que las promesas de desarrollo que movilizan los promotores del modelo actual (vinculado a la performance del “agronegocio”) no descansan en la técnica si no en el modo en que esta se utilice. Dicho de otro modo, que estas promesas podrían derivarse de la utilización de CRISPR, pero siempre y cuando Argentina pueda mantener la diferenciación normativa que estableció entre editados y OGM, y los países importadores de estos organismos y derivados los acepten. Más aún, muchas de las promesas requieren en realidad que CRISPR se aplique de otro modo o a otros sectores de la economía, y no a los agronegocios. En este sentido, observando la orientación que adquiere la incipiente I+D, se evidencian ciertas incongruencias entre las promesas que movilizan los promotores de cada aplicación de las biotecnologías y las posibilidades (problemas y ganancias) que pueden derivarse de la utilización de CRISPR.

Orientada en la dirección actual, esto es, a mejorar la rentabilidad de los commodities de exportación que generan divisas, CRISPR puede permitir (1) reducir los costos de producción de bienes y servicios, al simplificar y abaratar la I+D; y en consecuencia, (2) aumentar los ingresos vía exportación. También (3) habilita que más actores participen de la innovación en semillas, especialmente pequeñas y medianas empresas nacionales y laboratorios del sector público que no podían afrontar los costos de evaluación para comerciar OGM. Finalmente, podría (4) generar cierta autonomía tecnológica respecto de las grandes multinacionales que actualmente concentran el mercado de semillas OGM.

Sin embargo, todo esto se realizaría a costa de profundizar una estrategia productiva que ya reveló sus consecuencias no deseadas. Esto es, no hay motivos para creer que por sí sola la producción se orientará hacia cultivos menos comerciales (como variantes locales de papa) o a introducir ediciones distintas de las que priman actualmente, por ejemplo, para que sean más nutritivos.

La aplicación de CRISPR a la industria conocimiento-intensiva, como muestran las incipientes startups en el sector –por ejemplo Michroma, que trabaja en la producción de colorantes alimenticios naturales a partir de hongos– sí podrían producir mejoras sustantivas en términos nutricionales y ecológicos. Sin embargo, estos desarrollos no son

significativos en términos de impacto en la estructura económica.

Por ello, en Argentina, los discursos sobre el desarrollo nacional vía biotecnología aluden mayoritariamente al modelo del “agronegocio”. Lo que se evidencia aquí es que sus promotores locales están utilizando las potenciales bondades de CRISPR “en abstracto” para “renovar” sus negocios y asegurar su continuidad, incluso mejorando sus beneficios, pero sin resolver los problemas que suscitan creciente rechazo y cuestionamiento por parte de ciertos sectores de la sociedad, que demandan modelos productivos más sustentables, ecológicos y menos contaminantes.

› **Referencias bibliográficas**

ARANCIBIA, Florencia. 2012. “Las palabras y “las sojas”: un enfoque desde la sociología de la ciencia y la tecnología”. *Apuntes de Investigación*, (22): 82-95.

BARSKY, Osvaldo y GELMAN, Jorge. 2009. *Historia del agro argentino: desde la Conquista hasta comienzos del siglo XXI*. Buenos Aires: Sudamericana.

BECK, Ulrich. 1998. *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Barcelona: Paidós.

BILAÑSKI, Gisele. 2022. *Entre las promesas de desarrollo y las prácticas con edición genética: la innovación biotecnológica en la periferia*. Tesis de doctorado, Universidad Nacional de San Martín.

BISANG, Roberto. 2003. “Apertura económica, innovación y estructura productiva: la aplicación de biotecnología en la producción agrícola pampeana argentina”. *Desarrollo Económico*, 43(171): 413-442.

BISANG, Roberto. 2007. “El desarrollo agropecuario en las últimas décadas: ¿volver a creer?”. En: B. Kosacoff (Ed.) *Crisis, recuperación y nuevos dilemas. La economía argentina 2002-2007*. Buenos Aires: CEPAL. pp. 187-260.

CAPLAN, Arthur; PARENT, Brendan; SHEN, Michael y PLUNKETT, Carolyn. 2015. “No time to waste—the ethical challenges created by CRISPR”. *EMBO Report*, 16(11): 1421-1426.

CÁCERES, Daniel. 2015. “Tecnología agropecuaria y agronegocios. La lógica subyacente del modelo tecnológico dominante”. *Mundo Agrario*, 16(31): 1-30.

CÓRDOBA, María Soledad. 2019. *La solidaridad en tiempos del agronegocio*. San Martín: UNSAM Edita.

CRAVIOTTI, Clara. 2017. “Agentes, alianzas y controversias en redes globales: la producción de variedades de semillas de soja en Argentina”. *Revista CTS*, 12(35): 109-130.

DEDERER, Hans-Georg y HAMBURGER, David. 2019. “Introduction: Regulation of Plants Derived from Genome Editing. What Lessons To Be Learned from Other Countries?”. En:

- Regulation of Genome Editing in Plant Biotechnology. A Comparative Analysis of Regulatory Frameworks of Selected Countries and the EU.* Suiza: Springer Nature. pp. 1-17.
- DUENSING, Nina; SPRINK, Thorben; PARROTT, Wayne; FEDOROVA, María; LEMA, Martín; WOLT, Jeffrey y BARTSCH, Detlef. 2018. "Novel Features and Considerations for ERA and Regulation of Crops Produced by Genome Editing". *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 6.
- ETCHEVEHERE, Luis. 2018. "Palabras de apertura". *Todo lo que querías saber sobre edición génica y no te animabas a preguntar*. Ponencia presentada en el Centro Cultural de la Ciencia, Buenos Aires, 04 de diciembre.
- FEINGOLD, Sergio. 2018. "Una nueva herramienta para el mejoramiento vegetal. *Todo lo que querías saber sobre edición génica y no te animabas a preguntar*. Ponencia presentada en el Centro Cultural de la Ciencia, Buenos Aires, 04 de diciembre.
- FEINGOLD, Sergio; BONNECARRÉRE, Victoria; NEPOMUCENO, Alexandre; HINRICHSEN, Patricio; CARDOZO TELLEZ, Lourdes; MOLINARI, Hugo; BARBA, Paola; EYHERABIDE, Guillermo; CERETTA, Sergio y DUJACK, Christian. 2018. "Edición génica: una oportunidad para la región". *Revista de Investigaciones Agropecuarias*.
- FREYTES, Carlos y O'FARRELL, Juan. 2017. "Conflictos distributivos en la agricultura de exportación en la Argentina reciente (2003-2015)". *Desarrollo económico*, 57(221): 181-196.
- GACTEC. 1997. *Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología 1998-2000*. Argentina.
- GRAS, Carla y HERNÁNDEZ, Valeria (Coords.). 2009. *La Argentina rural: De la agricultura familiar a los agronegocios*. Buenos Aires: Biblos.
- GRASA, Juan Carlos. 2018. "Argentina es el primer país del mundo que tiene regulación para la Edición Génica" *Martín Lema*. <https://horizonteadigital.com/argentina-es-el-primer-pais-del-mundo-que-tiene-regulacion-para-la-edicion-genica-martin-lema/> (08 de octubre de 2022)
- HERNANDEZ, Valeria. 2007. "El fenómeno económico y cultural del boom de la soja y el empresariado innovador". *Desarrollo Económico*, 47(187): 331-365.
- KUZMA, Jennifer. 2018. "Regulating Gene-Edited Crops". *Issues in Science and Technology*, XXXV(1): 80-85.
- LACHMAN, Jeremías; BISANG, Roberto; DE OBSCHATKO, Edith y TRIGO, Eduardo. 2020. *Bioeconomía: una estrategia de desarrollo para la Argentina del siglo XXI*. Argentina: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- LAPEGNA, Pablo. 2019. *La argentina transgénica. De la resistencia a la adaptación, una etnografía de las poblaciones campesinas*. Buenos Aires: Siglo XXI.

- LAVARELLO, Pablo. 2018. "Financierización, promesas (latentes) de la biotecnología y nuevas barreras a la entrada: Algunas lecciones para los países semi-industrializados". *Revista Estado y Políticas Públicas*, (10): 61-79.
- LEMA, Martín. 2019. "Regulatory aspects of gene editing in Argentina". *Transgenic Research*, (28): 147-150.
- MERLINSKY, Gabriela (Comp.). 2013. *Cartografías del conflicto ambiental en Argentina*. CLACSO/CICCUS: Buenos Aires.
- MÖHLE, Elisabeth y SCHTEINGART, Daniel. 2021. "Diez ideas para construir un desarrollismo ambientalista". En: A. Kern, N. Sosa, F. Escribal y M. Patrouilleau (Comps.). *Libro abierto del Futuro*. Argentina: Presidencia de la Nación. pp. 56-71.
- MONTENEGRO DE WIT, Maywa. (2019). "Gene driving the farm: who decides, who owns, and who benefits?" *Agroecology and Sustainable Food Systems*.
- MUCCI, Nicolás. 2018. "Producción animal y su alcance en salud humana". *Todo lo que querías saber sobre edición génica y no te animabas a preguntar*. Ponencia presentada en el Centro Cultural de la Ciencia, Buenos Aires, 04 de diciembre.
- NATANSON, José. s/f. *Economía y ambiente: ¿hay diálogo posible?*. <https://www.revistaanfibia.com/economia-ambiente-dialogo-posible/> (08 de octubre de 2022)
- O'FARRELL, Juan; PIZZO, Florencia; FREYTES, Carlos; ANEISE, Ana Julia y DEMECO, Lucía. 2022. *Pilares de la innovación en la biotecnología agrícola argentina. Pensar los recursos naturales como motor de la innovación*. Buenos Aires: Fundar.
- OTTAVIANO, Mercedes; DOMINGO SÁNCHEZ, Florencia; PORTILLO, Lucila; GALVÁN, Mayra y SENRA, Narella. 2021. *Sectores productivos: relevancia y proyección*. Red Internacional de Educación para el Trabajo (RIET).
- PELLEGRINI, Pablo. 2014. *Transgénicos: ciencia, agricultura y controversias en la Argentina*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- POLCZ, Sarah y LEWIS, Anna. 2016. "CRISPR-Cas9 and the non-germline non-controversy". *Journal of Law and the Biosciences*, 3(2): 1-13.
- SANTALÓ PEDRO, Josep. 2017. "Edición genómica. La hora de la reflexión". *Revista de Bioética y Derecho*, (40): 157-165.
- SKILL, Karin y GRINBERG, Ezequiel. 2013. "Controversias sociotécnicas en torno a las fumigaciones con glifosato en Argentina. Una mirada desde la construcción social del riesgo". En G. Merlinsky (Comp.). *Cartografías del conflicto ambiental en Argentina*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundación CICCUS. pp. 91-117.
- SZTULWARK, Sebastián y GIRARD, Melisa. 2020. "La edición génica y la estructura económica de

- la agrobiotecnología mundial. Una mirada desde los países adoptantes”. *Revista CTS*, 15(44): 11-41.
- SVAMPA, Maristella y SOLA ALVAREZ, Marian. 2010. “Modelo minero, resistencias sociales y estilos de desarrollo: los marcos de la discusión en la Argentina”. *ECUADOR Debate*, (79): 105-126.
- TUBIO, María Gabriela. 2019. *Debate sobre la toxicidad del herbicida Glifosato en Argentina. Análisis de un Diferendo*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Quilmes.
- VERCELLONE, Carlo. 2011. *Capitalismo cognitivo. Renta, saber y valor en la época posfordista*. Buenos Aires: Prometeo libros.
- WAGNER, Lucrecia. 2016. *Problemas ambientales y conflicto social en Argentina. Movimientos socioambientales en Mendoza. La defensa del agua y el rechazo a la megaminería en los inicios del Siglo XXI*. Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Quilmes.
- WEINSTOCK, Ana Mariel. 2006. “No todo lo que (brilla) vale es oro. El caso del “No a la mina” de Esquel”. *Argumentos*, (7): 1-22.
- WHELAN, Agustina y LEMA, Martín. 2017. “A research program for the socioeconomic impacts of gene editing regulation”. *GM Crops & Food*, 8(1): 74-83.
- WHELAN, Agustina y LEMA, Martín. 2019. “Regulation of Genome Editing in Plant Biotechnology: Argentina”. En: H-G. *DEDERER* y D. *HAMBURGER* (Eds). *Regulation of Genome Editing in Plant Biotechnology. A Comparative Analysis of Regulatory Frameworks of Selected Countries and the EU*. Suiza: Springer Nature. pp. 19-62.

Entrevistas citadas

- 19/03/2019: Docente e investigador asistente CONICET en una Universidad Nacional del Gran Buenos Aires. Doctor Ciencias Biológicas.
- 10/06/2019: Investigador clínico CONICET en una Fundación. Doctor en Medicina.
- 10/07/2019: CEO y Fundador de una empresa privada basada en la aplicación de biotecnologías. Doctor en biotecnología.
- 27/11/2019: Docente e investigador adjunto CONICET en la Universidad de Buenos Aires y cofundador de una startup biotecnológica. Doctor en Ciencias Biológicas.

> **Anexo**

Tabla 1. Investigaciones con edición genética en el país, según objetivo, y distinguiendo gran área de aplicación.

Objetivo específico	Organismo editado	Objetivos generales
APLICACIÓN AGRICOLA		
Reducir el pardeamiento oxidativo	Papa, caña de azúcar y champiñones	<ul style="list-style-type: none"> • Modificar la composición química y/o nutricional • Mejorar la calidad de la materia prima durante el almacenamiento y procesamiento • Impactar positivamente en la industria • Mayor eficiencia en el uso de recursos • Disminuir el uso de agroquímicos y fungicidas • Sostenibilidad ambiental
Disminuir la presencia de compuestos anti-nutricionales	Granos de soja y tubérculos de papa	
Aumentar la producción de características de interés	Hongos	
Aumentar la tolerancia a enfermedades y sequía	Cultivos como la alfalfa	
Aumentar la resistencia a herbicidas	Cultivos como soja, alfalfa, sorgo, trigo y algodón	
Incremento de la resistencia genética frente a enfermedades fúngicas	Soja, trigo, arroz y especies forrajeras	
APLICACIÓN GANADERA		
“Bloquear” la miostatina para lograr mayor desarrollo muscular	Vacas y toros	<ul style="list-style-type: none"> • Modificar la composición química y/o nutricional • Reducir los costos y tiempos de producción • Minimizar la crueldad con los animales • Mejora genética en animales de alto valor (deportes ecuestres) • Conservacionismo
“Noquear” la beta-lactoglobulina para obtener leche hipoalergénica	Vacas lecheras	
Producir fármacos	Vacas lecheras	
Impedir el crecimiento de cuernos	Vacas Holando	
Elegir el sexo del embrión		
Elaborar vacunas y dispositivos para facilitar la inducción al celo y la preñez	Vacas, caballos	
Mejorar la selección de los genes transmisibles, garantizando la presencia de características de interés	Caballos	
Diseño de quimeras para que sean gestantes de especies extintas o en extinción		

Fuente: elaboración propia, originalmente en Bilański (2022).