



Mundo Agrario, abril-julio 2023, vol. 24, núm. 55, e203. ISSN 1515-5994
Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación
Centro de Historia Argentina y Americana

La apuesta por el desarrollo con nuevas técnicas de edición genética en la Argentina

The commitment to development with new gene-editing techniques in Argentina

Gisele Andrea Bilański

Escuela interdisciplinaria de Altos Estudios Sociales,

Universidad Nacional de San Martín (UNSAM-CONICET) / Universidad Nacional de La Matanza, Argentina

giselebilanski@yahoo.com.ar

 <https://orcid.org/0000-0003-0503-9118>

Resumen:

El descubrimiento de que CRISPR podía utilizarse para editar ADN democratizó el acceso a la ingeniería genética, al reducir los costos, los tiempos y los conocimientos necesarios. En la Argentina, apareció como una “ventana de oportunidad” para mejorar la inserción de los bienes y servicios biotecnológicos en el mercado internacional y resolver los problemas generados por la extensión masiva de la agricultura con transgénicos. Recurriendo a entrevistas, observaciones y fuentes secundarias, este trabajo reconstruye las prácticas de científicos, empresarios y funcionarios de gobierno que hacen posible la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i) con CRISPR, identificando sus límites y posibilidades. Encuentra que el principal desafío para las innovaciones en curso es el marco regulatorio que establezcan otros países. Por tanto, la apuesta por el desarrollo basado en esta aplicación biotecnológica depende de estrategias y negociaciones geopolíticas que permitan la exportación de los resultados de la I+D+i realizada en el país.

Palabras clave: Desarrollo, Ingeniería genética, Innovación, Regulación, Agricultura.

Abstract:

The discovery that CRISPR could be used to edit DNA democratized access to genetic engineering by reducing the costs, time and knowledge required. In Argentina, it appeared as a “window of opportunity” to improve the insertion of biotechnological goods and services in the international market and to solve the problems generated by the massive extension of agriculture with GMO. Using interviews, observations, and secondary sources, this paper reconstructs the practices of scientists, businessmen, and government officials that make possible CRISPR research, development and innovation (R&D&i), identifying its limits and possibilities. It finds that the main challenge for ongoing innovations is the regulatory framework established by other countries. Therefore, the commitment to development based on this biotechnological application depends on strategies and geopolitical negotiations that allow the export of the results of the R&D+i carried out in the country.

Keywords: Development, Genetic engineering, Innovation, Regulation, Agriculture.

Introducción

El descubrimiento del ADN recombinante, en los años setenta, inició la fase “moderna” de la biotecnología, centrada en la ingeniería genética. Técnicas como la clonación o la transgénesis volvieron a esta disciplina objeto de fascinación, crítica y temor, y animaron imponentes promesas. En coincidencia con su vertiginoso despliegue, también el capitalismo atravesó un proceso de transformación, en el cual el conocimiento y el cambio tecnológico desplazaron 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, p. 64), por lo

Recibido: 10 Octubre 2022 | Aceptado: 15 Mayo 2023 | Publicado: 01 Julio 2023

Cita sugerida: Bilański, G. A. (2023). La apuesta por el desarrollo con nuevas técnicas de edición genética en la Argentina. *Mundo Agrario*, 23(55), e203. <https://doi.org/10.24215/15155994e203>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

que pronto se volvieron “un espacio privilegiado de expansión de la valorización financiera” (ibíd., p. 67). Así, la innovación biotecnológica se volvió un foco de interés para inversores, gobernantes y científicos: una herramienta y aliada clave para el crecimiento económico.

Las nuevas técnicas de mejoramiento (NBT, por sus siglas en inglés: *New Breeding Techniques*) (Whelan y Lema, 2019) utilizan nucleasas “de diseño” “dirigidas al sitio” (SDNs) para orientar la edición a los genes de interés (Wolt, Wang y Yang, 2016), lo que permite realizar diferentes intervenciones sobre los organismos.¹ El descubrimiento de que *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* (CRISPR) podía usarse para editar ADN, en 2013, revolucionó la biotecnología moderna. Esta nueva técnica es mucho más precisa, eficiente, versátil, económica y fácil de utilizar que las anteriores, y democratiza el campo de la edición genética, al permitir que más actores tengan acceso (Polcz y Lewis, 2016). Es posible adquirir un kit para editar genes por menos de 170 dólares, lo que torna la ingeniería genética posible para actores con reducidos presupuestos para I+D+i, como los países del sur (Martin et al., 2020).

Para la Argentina, representó una “ventana de oportunidad” única para mejorar su lugar en el mercado internacional de bienes y servicios biotecnológicos, y resolver los problemas generados por la extensión masiva de la agricultura con transgénicos. Pero lejos de un determinismo tecnológico, en el cual “la tecnología se desarrolla como único resultado de una dinámica interna y después, sin ninguna otra influencia, moldea a la sociedad para que ésta se ajuste a sus patrones” (Winner, 2008, p. 27), distintos condicionantes sociales habilitan o clausuran la posibilidad de hacer uso de las nuevas técnicas de ingeniería genética, y de disfrutar o padecer sus resultados.

Este trabajo reconstruye las prácticas de científicos-investigadores, funcionarios, empresarios y vinculadores que hacen posible la I+D+i con CRISPR en la Argentina, y sus principales aplicaciones, analizando los desafíos y potencialidades de esta “apuesta por el desarrollo”. Las alusiones a una “ventana de oportunidad” en la persecución del “desarrollo” aparecen con frecuencia en el relato de los actores. Ellas heredan de lo que se conoció como el Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Sociedad la idea de que ciencia, tecnología e innovación debían servir al desarrollo nacional y permitirían dejar de ocupar un lugar periférico en la división del trabajo internacional y pasar a una instancia de desarrollo. Mientras este pensamiento, de mediados del siglo XX, creía que ello resultaría del proceso de industrialización, más recientemente comenzó a aparecer como resultado posible y deseable de la explotación de los recursos primarios y naturales, mediado por la creación y agregación de valor científico-tecnológico al sector agropecuario.

De este modo, la emergencia de CRISPR permite observar el cruce entre una nueva forma de concebir el desarrollo -debate reactivado en el país entrado el siglo XXI (Bilański, 2022)-, como ideal que orienta las políticas de Estado (De Angelis, 2015), y también la ciencia y su utilidad, y permite también iluminar las transformaciones en ambos campos. Mientras el discurso más hegemónico sobre el “modelo de desarrollo”, asociado al agronegocio (Liaudat, López Castro y Moreno, 2021), presenta los procesos biotecnológicos “como opciones neutras, disociadas de formas de poder y, lo que es aún más problemático, como un camino inexorable que nos conduciría a un mayor bienestar humano” (Merlinsky, 2021, pp. 14-15), otros autores apuntan a revalorizar las variables ecologistas y los saberes locales en estas discusiones, en las que prima una “mirada productivista y eficientista” (Svampa, 2013, p. 34).

Así, este trabajo recompone cómo la aplicación de las biotecnologías al sector agropecuario se vuelve “una apuesta por el desarrollo” y la importancia de CRISPR para reavivarla. Si bien existen proyectos de edición génica aplicada al área de salud humana, nos centramos en la orientada al sector agropecuario, dada su importancia macroeconómica en un país con abundantes recursos naturales. Luego presentaremos las principales líneas de I+D+i con la técnica, sus objetivos y el rol que desempeñan empresarios, vinculadores y oficinas de gobierno en su fomento. Finalmente, indagaremos en los límites y desafíos que deberán afrontar estos organismos editados con CRISPR para aprovechar la “ventana de oportunidad”.

Metodología y fuentes

Con una metodología cualitativa, para identificar a los actores y reconstruir qué, quiénes y para qué están trabajando con CRISPR, recurrimos a diversas fuentes y materiales. En ausencia de información centralizada y actualizada, dado lo reciente de la técnica al inicio de esta investigación, la búsqueda fue manual y artesanal. Para obtener datos sobre los proyectos de I+D, revisamos las publicaciones y páginas web de universidades, laboratorios, empresas y centros de investigación que realizan ingeniería genética,² y de las instituciones que financian, evalúan y albergan proyectos científico-tecnológicos (CyT), como la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET). En sus bases de datos, buscamos quiénes trabajan con CRISPR, para luego indagar en sus currículos, la información disponible en redes sociales (LinkedIn, Twitter, Instagram, Facebook) y los artículos publicados en revistas académicas y de divulgación.³ En ellos observamos las referencias y menciones a colegas, hasta lograr reconstruir una red de relaciones saturada entre quienes trabajaban con CRISPR en la Argentina.⁴ Las notas en medios de comunicación resultaron útiles para complementar y actualizar los datos, dado el usual desfase entre los cambios que se producen en una investigación y su reflejo en las bases de datos institucionales. Por ello, examinamos las publicaciones etiquetadas como “CRISPR” o “edición genética” en los principales diarios digitales del país.⁵ Utilizamos también la información recolectada en 8 observaciones en eventos sobre edición génica entre 2018 y 2021.⁶

Identificados los actores de este ecosistema, realizamos 20 entrevistas semi-estructuradas entre marzo y noviembre de 2019 a científicos-investigadores que hacen I+D con CRISPR, empresarios, y encargados de la vinculación CyT (universidades, incubadoras de empresas y *company builders*), como se observa en la Tabla 2 del Anexo. Las referencias a las entrevistas serán citadas por su fecha de realización, que se encuentra en dicha Tabla. El criterio para la construcción de la muestra incluyó a integrantes de casi todos los equipos de investigación identificados, contempla instituciones del sector público y el privado, con fines de lucro y sin ellos, y distintos grupos etarios, lo que, en el caso de los científicos, se condice con la jerarquía en su trayectoria profesional. Si bien la muestra puede parecer pequeña, contiene a más de la mitad de los científicos y vinculadores relevados, por lo que resulta representativa del universo al momento de iniciar esta investigación. Por razones de acceso y presupuesto, limitamos la muestra a la zona del Área Metropolitana de Buenos Aires, el núcleo más dinámico del país. A 2013, el 37 % de los grupos de investigación en biotecnología se desempeñaba en la provincia de Buenos Aires y el 26 % en la Ciudad Autónoma, con lo que concentraban más de la mitad de la actividad (MINCYT, 2014). Asimismo, el ecosistema para la I+D con CRISPR es análogo al identificado en otras grandes áreas, como la ciudad de Santa Fe.

Para entender el marco formal en que se desenvuelve la edición genética en la Argentina y el rol de las distintas agencias del Estado, estudiamos la legislación con competencia en la cuestión.⁷ La bibliografía jurídica permitió recomponer los ejes controvertidos y los cambios en las normativas, y tipificar los modelos de legislación de las biotecnologías vigentes en otros países, en tanto su formulación responde a una lógica de relaciones e intercambios que es global.

La emergencia de una apuesta por el desarrollo basado en la aplicación de la moderna biotecnología al sector agroexportador

En América Latina, desde el período de sustitución de importaciones forzado por las guerras mundiales, la apuesta por el desarrollo se centró en la industrialización. La explotación de los recursos naturales, asociada al atraso y a un rol subordinado en la economía global, debía proveer las divisas que permitieran expandir el desarrollo industrial (Barsky y Gelman, 2009) y modificar la estructura productiva. En los años setenta, las transformaciones tecnológicas

de la “revolución verde”, las mejoras en los precios internacionales de la soja y el 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).

En ese marco, a mediados de los noventa, la Argentina fue pionera en aprobar la comercialización y producción de Organismos Genéticamente Modificados (OGM); y comenzó a sembrar la primera variedad de soja GM resistente al glifosato, la *Roundup Ready* (RR) de la empresa Monsanto (Bilański, 2022). Esta modificación permitía utilizar un único pesticida (glifosato) que, ahora, no podría dañar la planta. La adopción del “paquete tecnológico” de OGM y herbicida se articuló con la siembra directa y transformó la práctica agrícola, pues expandió las tierras cultivables y redujo sustantivamente los tiempos, costos de personal y gastos fijos dedicados a cada campaña (Hernández, 2007). En tanto los *commodities* representan el 76,5 % de las exportaciones (Ottaviano, Domingo Sánchez, Portillo, Galván y Senra, 2021), el sector agroexportador comenzó a volverse el depositario de las promesas de desarrollo. Sus ganancias fueron clave para la recuperación económica de un país en crisis (Córdoba, 2019), ya que entre 2007 y 2011 la transferencia desde los productores al Estado representó alrededor del 46 % del total de las ventas, con un promedio de 4,7 mil millones de dólares anuales (Freytes y O’Farrell, 2017). 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).

Comenzó así una estrecha relación entre los OGM o transgénicos y el sector agropecuario. 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, p. 199). Esto conjugaba el auge de la disciplina biotecnológica y la conciencia de que podía desarrollarse en el país, principalmente por la existencia de los recursos, la infraestructura, y las capacidades técnicas. Estas fueron consideradas similares a las de los países avanzados, de modo “que el *gap* tecnológico, infranqueable en otras oportunidades, aquí no lo es” (idem).

Pero el éxito económico de simplificar el proceso de producción mediante la adopción de los paquetes tecnológicos tuvo su contracara negativa: no sólo generó graves problemas sobre el medioambiente y la salud,⁸ sino que además acabó concentrando en este tipo de modificación la innovación fundamental en semillas. De los 62 eventos transgénicos aprobados para su comercialización en la Argentina a junio de 2021, al menos dos tercios son resistentes al glifosato, y casi todos los restantes, al glufosinato de amonio (Argentina.gob.ar, s/f). Por ello, a pesar de las variadas modificaciones que puede introducirse en un OGM –para volverlo, por ejemplo, más nutritivo–, en la práctica estas se concentraron en dos: otorgarle tolerancia a herbicidas y resistencia al ataque de insectos. Casi el 70 % de las semillas OGM tiene uno o ambos rasgos (Sztulwark y Girard, 2020). 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, lo que condujo al desinterés por las variedades locales y perjudicó a las economías regionales.

Así, esta estrategia productiva consolidó la dependencia de los productores agrarios respecto del paquete tecnológico de los proveedores oligopólicos, que concentraron la innovación fundamental en semillas transgénicas. Esto se debe fundamentalmente a los altos costos y largos tiempos que demandan las distintas instancias evaluatorias establecidas por los organismos reguladores del Estado para que un OGM obtenga autorización comercial. Estas encarecen el producto hasta volverlo inaccesible para casi cualquiera que no sea una gran empresa multinacional (Pellegrini, 2014). De este modo, los transgénicos se volvieron un núcleo central de la estructura económica y redistributiva argentina, mientras consolidaban la dependencia respecto de los proveedores de los paquetes tecnológicos.

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, p. 21). Frente a un escenario de suspicacia, crítica y conflicto creciente, la edición genética apareció como una oportunidad única para mejorar los beneficios y resolver algunos de estos problemas de la estructura productiva del sector agrícola, y creó las condiciones para que surjan “nuevos actores, estrategias y prácticas productivas que tienen el potencial de cuestionar la inmovilidad de las posiciones adquiridas” (Sztulwark y Girard, 2020, p. 14) y revertir los “signos de agotamiento en la trayectoria innovativa asociada a la transgénesis vegetal y los cultivos transgénicos” (ibíd., p. 13). 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, con lo que se abrió una “ventana de oportunidad” para alcanzar el desarrollo.

Como se reflejó en los distintos eventos a los que asistimos, los promotores de incorporar las nuevas técnicas de edición genética al sector agropecuario sostienen que esto permitirá: (1) desarrollar actividades productivas más sustentables, es decir, con menor impacto negativo sobre el medioambiente (como las que demandan menos agua y otros recursos naturales); (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.

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

Los científicos-investigadores

En el país se están realizando investigaciones en edición genética, con variados objetivos, sintetizados en la Tabla 1. 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.

TABLA 1
Tabla 1. Líneas de investigación con CRISPR en la Argentina, según objetivo, y distinguiendo gran área de aplicación

Objetivo específico	Mecanismo molecular	Organismo editado	Objetivos generales
APLICACIÓN AGRÍCOLA			
Reducir el pardeamiento oxidativo	Eliminar o reducir la función de polifenoxidasas (ej., en papa, editando el gen StPPO2)	Papa, manzana, caña de azúcar y champiñones	Modificar la composición química y/o nutricional
Dilación de floración	“Noquear” el gen SPL13 ⁹	Alfalfa, lechuga	Mejorar la calidad de la materia prima durante el almacenamiento y procesamiento
Tolerancia a estrés biótico y abiótico	Según el caso (ej. “noquear” un gen específico mediante mutantes en Arabidopsis)	Alfalfa, soja	
Resistencia a herbicidas	Editar con precisión algunos nucleótidos del genoma del cultivo	Algodón, soja, alfalfa, sorgo y arroz	

Disminuir la presencia de compuestos anti-nutricionales	Según el organismo	Granos de soja, tubérculos de papa	Impactar positivamente en la industria
Mejorar la presencia de características de interés	Utiliza CRISPR para mejorar y precisar la fermentación natural de pigmentos	Hongos	Mayor eficiencia en el uso de recursos
	Editar los genes SBE1 y SBE2 para aumentar el contenido de amilosa y el largo de las cadenas de amilopectina, para disminuir el índice glucémico post-consumo y el colesterol en sangre	Almidón de la papa	Disminuir el uso de agroquímicos y fungicidas
	Generar vectores para la modificación de genes endógenos que potencian el crecimiento y desarrollo	Alfalfa	Sostenibilidad ambiental
APLICACIÓN GANADERA			
Mayor desarrollo muscular	Bloquear la producción de miostatina	Vacas, toros y caballos	Modificar la composición química y/o nutricional
Leche hipoalergénica	“Noquear” la beta-lactoglobulina	Vacas lecheras	
Variedad de pelo corto (para climas cálidos)	Romper el gen receptor de prolactina	Vacas Angus	
Ejemplares sin cuernos	Introducir el alelo <i>PC polled</i>	Vacas Holando	Reducir los costos y tiempos de producción
Eliminación de genes de “susceptibilidad” a enfermedades virales y bacterianas	Ej.: “noquear” el gen PRNP, para la encefalopatía espongiiforme bovina	Vacas	
	Ej.: editar el gen CD163, frente a la fiebre porcina africana	Cerdos	
Detección temprana del sexo del embrión	Detectar el gen SRY a partir del líquido del blastocele	Caballos	Minimizar la crueldad con los animales
Dispositivos para facilitar la inducción al celo y la preñez	Producir Interferón Tau a partir de gusanos de seda para aumentar el volumen de preñez a partir de embriones <i>in vitro</i>	Vacas, caballos	Mejora genética en animales de alto valor (deportes ecuestres)
Mejorar la selección de los genes transmisibles y características de interés	Dependerá del caso específico, pero se realiza mediante la edición y selección de los embriones	Caballos	

Fuente: elaboración propia.

Uno de los objetivos de la edición en vegetales es modificar su composición química y/o nutricional; 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 benefician al consumidor (ídem). Hay investigaciones en curso que intentan reducir el pardeamiento oxidativo de algunos cultivos, como la papa, la caña de azúcar y los champiñones, para que tengan mejor sabor, sean más saludables y haya menos descarte por parte de la industria alimentaria (González et al., 2020; 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 variedades criollas de tomate.

Además, esto permite mejorar el almacenamiento y el procesamiento de la materia prima (calidad industrial),

lo que impacta positivamente en la industria y la sostenibilidad de los sistemas, mediante una mayor eficiencia en el uso de recursos (Feingold et al., 2018). 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). Estas ediciones permitirían 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, como la alfalfa (Massa, González y Feingold, 2020). CRISPR también se está utilizando para aumentar la producción de ciertas características de interés, como el color, sabor y olor de los vegetales.

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 la miostatina, que regula el crecimiento de la masa muscular. Con la miostatina “bloqueada”, la expectativa es que las vacas produzcan un 20 % más de carne; llegando al peso ideal para faena en menor tiempo, pero consumiendo la misma cantidad de alimento, lo que reduciría la inversión y los plazos de producción para la industria cárnica (entrevista realizada a CEO de la empresa a cargo, el día 10/07/2019). También se trabaja en vacas Angus a las que se les “rompe” su receptor de prolactina para que no exprese esa proteína, lo que da como resultado una vaca de pelo corto (es una especie de pelo largo), para criarlas en regiones cálidas sin que sufran de estrés térmico (ídem). 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, lo que en paralelo minimiza 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, con lo que se evitan 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, conlleva riesgo de infección y complejiza el trabajo humano. El mismo procedimiento se usa en vacas para obtener leche hipoalérgica, “noqueando” la producción de beta-lactoglobulina (entrevista realizada al investigador a cargo, el día 22/04/2019). También se investiga sobre sexado de embriones, buscando métodos para la detección temprana del sexo, en la etapa de diseño del embrión (entrevista realizada al investigador a cargo, el día 25/04/2019). Esto, porque algunas industrias prefieren un animal de sexo específico; así, al conocer el sexo con anticipación, si no es el deseado, se lo “descarta” o se induce el aborto (en animales complejos como los equinos), proceso descrito como costoso y cruel.

Algunas líneas de investigación buscan garantizar la presencia o ausencia de genes específicos en la descendencia de un ejemplar, y para ello editan los embriones para anular las características no deseadas, especialmente en equinos de alto rendimiento. También hay proyectos que utilizan CRISPR para desarrollar vacunas. Aunque tienen como horizonte tratar enfermedades humanas, en principio se orientan al mercado de los animales domésticos, que es regulatoriamente más accesible. Por ejemplo, buscan prevenir cierto tipo de cánceres induciendo virus que generen muerte tumoral, y prueban terapias en instancia de ensayo in vitro (entrevista realizada al investigador a cargo, el día 10/05/2019).

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 cuestiones, 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 (entrevista realizada al investigador a cargo, el día 25/04/2019). Así, el proceso de adopción de una nueva tecnología se vuelve una propuesta más atractiva para el productor, que abriría el mercado y facilitaría su incorporación a la producción agropecuaria. Se destacan también las ediciones que buscan eliminar los genes que dan susceptibilidad a enfermedades, como la encefalopatía espongiiforme bovina (Bevacqua et al., 2016), que podrían venderse a países cuya industria ganadera se vio enormemente afectada por la enfermedad (entrevista realizada al investigador a cargo, el día 12/04/2019).

Los empresarios y vinculadores científico-tecnológicos

Desde los noventa, bajo el influjo de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI), las políticas referidas a la ciencia y la tecnología pasaron de centrarse en el desarrollo industrial a adoptar un enfoque de carácter sistémico (Crespi y Dutrénit, 2013) centrado en el proceso de innovación. Entendido “como la efectiva incorporación del conocimiento científico y tecnológico a las actividades de las empresas” (Albornoz, 2007, p. 61), la investigación reorientó sus prácticas y comenzó a producir conocimientos para el mercado. Muchas instituciones públicas comenzaron a crear oficinas de vinculación CyT para mediar entre el conocimiento producido por sus científicos y el interés de las empresas. Progresivamente, también comenzaron a desarrollar sus propias incubadoras de empresas, para facilitar y promover “la utilización productiva del conocimiento generado en el ámbito académico a través del apoyo que brindan para la creación de pequeñas empresas innovadoras” (Versino, 2000, p. 151).

Hay alrededor de 500 incubadoras inscriptas en el Registro Nacional de Incubadoras, que ofrecen asesoramiento, espacio físico, capacitación y asistencia financiera. Es decir, ayudan a los científicos a identificar potenciales públicos interesados, a calcular costos de producción y distribución, y a conocer y cumplir con los requerimientos, evaluaciones y aprobaciones que necesitan para “salir al mercado”, entre otras acciones que permitan estimar mejor la viabilidad técnica, financiera y de mercado de su proyecto. Pero los recursos humanos y materiales son limitados, y no alcanzan para financiar todos los ensayos necesarios para desarrollar un producto comercializable, y allí nuevos actores comienzan a ganar espacio en la innovación CyT en el país.

El acercamiento entre el capitalismo financiero y las transformaciones en la gestión empresarial (Boltanski y Chiapello, 2010) habilitó también una particular relación de beneficio mutuo entre emprendedores e inversionistas. La proliferación de *startups* desde la década del noventa es una de sus manifestaciones. El término designa a empresas emergentes, diseñadas para crecer rápido y asociadas a sectores intensivos en conocimiento con objetivos innovadores (Anokhin y Wincent, 2012). Desarrollan sus productos con menores inversiones y costos, y con mayor rapidez que las grandes empresas, en ciclos de innovación más cortos. Para ello, necesitan constantes inyecciones de dinero, por lo que su desarrollo fue en paralelo al de las inversiones de capital de riesgo o capital emprendedor (*venture capital*), su principal fuente de ingresos. Con frecuencia, los científicos, ingenieros o tecnólogos que conforman una *startup* tienen como único capital inicial una idea promisoriosa, y eventualmente una patente. La única garantía que pueden ofrecer para esa promesa de valor es el conocimiento del equipo que la llevará adelante, lo que dificulta el acceso a vías más tradicionales de financiamiento. Por ello, para llevar adelante ensayos y evaluaciones, necesitan inversores dispuestos a correr el riesgo de apostar por un proyecto con mucho potencial, pero pocas certezas.

En la Argentina proliferan nuevas instituciones (como las aceleradoras de empresas y *company buildings*) que buscan acercar científicos, empresarios e inversores, y le enseñan a cada uno el lenguaje, los intereses y necesidades del otro, para que puedan trabajar juntos en el desarrollo de un producto o servicio, pero permitiendo que cada uno mantenga su rol. De este modo, juegan un papel clave en un país donde entre el 75 % y el 80 % de la inversión en I+D proviene del Estado (Britto y Lugones, 2020), pero a la vez resultan insuficientes, especialmente para afrontar costosos ensayos y evaluaciones comerciales. Así, múltiples actores clásicos (como las vinculadoras CyT) y novedosos, forman un “ecosistema” que constituye un “espacio intermedio” entre el ámbito científico y el empresario (Eyal, 2012). Sin ser reductible ni a uno ni a otro, dicho espacio permite y reproduce su diferenciación (*ídem*).

En ese contexto, al menos cuatro *startups* argentinas están utilizando CRISPR. *Michroma* la incorporó para aumentar la producción de color de hongos filamentosos para elaborar colorantes alimenticios naturales; *BioHeuris* está utilizando metodologías de edición génica múltiple para desarrollar cultivos resistentes a combinaciones de herbicidas, con distintos mecanismos de acción y menores concentraciones de cada principio activo; *CASPR* utiliza CRISPR en sus kits de diagnóstico de enfermedades, en formato de tira reactiva, para que sean más rápidos, económicos y portátiles que los métodos actuales; y *New Organs* trabaja en la posibilidad de utilizar órganos de cerdo en humanos (xenotrasplantes). Tres

de ellas tienen patrocinio y financiación de *GridX*, dedicada exclusivamente a proyectos biotecnológicos, y la otra, de *Aceleradora Litoral* (Bilański, 2022).

Dada la fuerte presencia material y simbólica del Estado en la I+D científico-tecnológica, y la centralidad que el desarrollo de las biotecnologías tiene en su agenda, los nuevos actores del “espacio intermedio” trabajan en estrecha relación con el sector público, del que provienen las ideas y conocimientos que capitalizan y los recursos humanos que lo hacen posible. A la vez, brindan a estos proyectos los conocimientos en “habilidades blandas”, el respaldo y la financiación –o el asesoramiento para acceder a ella– que necesitan para convertir la investigación en desarrollo (Bilański, 2022). La Ley de Capital Emprendedor de 2017 refleja algunos de estos acercamientos. Creó el Registro de Instituciones de Capital Emprendedor y el Fondo Fiduciario para el Desarrollo de Capital Emprendedor (FONDCE), que otorga créditos y/o asistencia financiera a emprendimientos y/o instituciones de capital emprendedor. Ofrece “fondos semillas” y “fondos de aceleradoras”, mediante los cuales el Estado co-financia algunas *startups* que han sido seleccionadas por las aceleradoras.

Los funcionarios de gobierno

Más allá del incipiente respaldo al emprendedorismo, la principal política estatal de fomento para aprovechar la “ventana de oportunidad” habilitada por CRISPR consistió en plasmar en la legislación que los organismos editados no están alcanzados por la normativa vigente para los OGM (Dederer y Hamburger, 2019). La Argentina fue el primer país del mundo en tomar esta decisión. Lo hizo mediante la Resolución N° 173 de 2015 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGyP),¹⁰ que 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 y no la técnica utilizada (Whelan y Lema, 2019), 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 (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, en contraste con los transgénicos, que se vuelven posibles para los laboratorios locales (Bilański, 2023). En simultáneo, también se incorporó la Instancia de Consulta Previa (ICP), que permite someter el producto a la evaluación de CONABIA, aunque aún está en fase de diseño.

La distinción entre editados y modificados también representó una diferenciación terminológica que los funcionarios, empresarios y científicos aprovecharon para “limpiar la fachada” de la ingeniería genética, despegando a los editados de los OGM y el creciente rechazo social que despiertan. 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” (entrevista realizada al investigador, el día 10/06/2019).

Los desafíos (geo)políticos y regulatorios

Como sostenían los entonces funcionarios de la Dirección de Biotecnología, 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, p. 79). 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 de los mínimos de inversión que se derivan de estas nuevas técnicas (Sztulwark y Girard, 2020).

Hasta el momento, los “inventores” no lograron consolidar barreras para el acceso a las nuevas técnicas (*idem*). Pese a que el patrimonio de las patentes de CRISPR aún está en disputa entre la Universidad de California y el Broad Institute, ambas instituciones concedieron licencias para desarrolladores académicos e industriales, y acordaron con más de 700 instituciones que las construcciones CRISPR que realicen y su propiedad intelectual estarán disponibles en *AddGene*, un repositorio sin fines de lucro (Sherkow, 2018). Sin embargo, el futuro es incierto porque el poder de la tecnología plantea cuestiones legales difíciles de resolver (*idem*), lo que implica riesgos para emprendedores e inversionistas. Como nos explicaban desde una *startup* argentina, “las empresas que empiezan a usar la tecnología licencian del que creen que puede llegar a ganar la patente” (entrevista realizada a la CEO, el día 15/11/2019).

La Argentina cuenta con los recursos humanos y materiales para innovar en genómica (Bilański, 2022; O’Farrell, Pizzo, Freytes, Aneise y Demeco, 2022), en tanto mantiene un sistema universitario y científico con nivel de excelencia (Stefani, 2018). La principal limitación para su competitividad internacional consiste en deficiencias organizativas y presupuestarias (*idem*). Lo mismo ocurre con las *startups*: los informes coinciden en que el principal problema para desarrollar el potencial de ese ecosistema es financiero. De Torres Carbonell (2012) identifica como obstáculos la falta de disponibilidad de financiamiento para nuevos emprendimientos, la ausencia de un activo mercado de capital de riesgo, la falta de una cultura inversora en la población y la desconfianza del emprendedor hacia el inversor financiero.

El principal desafío, entonces, está dado por el aprovechamiento de la reducción de tiempos y de los mínimos de inversión, cuestión que excede los aspectos técnicos y corresponde a decisiones de índole geopolítica y regulatoria. Es que, si bien CRISPR achica 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 su legislación. En ese sentido, la rápida y deliberada decisión del Estado argentino de no legislar los editados como OGM operó como un fomento para los desarrollos locales. Los eventos basados en estas nuevas técnicas que ya recurrieron a la ICP respaldan la tendencia: el 59 % fue presentado por instituciones públicas nacionales, como INTA y CONICET. Estas representan solo el 8 % del total de las solicitudes para OGM que se aprobaron en el país (Whelan, Gutti y Lema, 2020), lo que confirma que la “desregulación” de los editados fomenta que los laboratorios públicos accedan al mercado comercial con ingeniería genética.

Pero como en muchos países sigue creciendo el rechazo de consumidores y productores a ciertas aplicaciones biotecnológicas (Kuzma, 2018), no todos están abiertos a desregular los editados. Por ejemplo, la jurisprudencia de la Unión Europea resolvió adoptar un enfoque que analiza el proceso de elaboración de los organismos y no sólo su resultado, por lo que cualquiera que se logre con NBT, como CRISPR, estará alcanzado por la legislación de OGM (Vives-Vallés y Collonnier, 2020), aunque no incorpore ADN de otra especie. Muchos de los países que sostienen esta diferenciación amenazan con dejar de comprar productos argentinos, si se continúa avanzando con las técnicas de edición. Buen ejemplo de esto es lo que pasó con una línea de investigación que había obtenido embriones de equino editados con CRISPR. El CEO de la empresa argentina que llevó adelante este proyecto relató que los embriones no fueron transferidos porque “dimos a conocer un poco la noticia, nosotros, y se armó como un revuelo muy grande” (entrevista realizada el día 10/07/2019); “llamaron desde otros países también, al Ministerio de Agricultura de Argentina, preguntando si nosotros teníamos caballos modificados genéticamente; bueno, un lío” (*idem*). Alertados por la posibilidad de adquirir un ejemplar editado sin saberlo, los importadores amenazaron con dejar de comprarlos, frente a lo que el Ministerio de Agricultura y la CONABIA pidieron a la empresa una “presentación espontánea” en la que constara que los embriones no habían sido transferidos. Un investigador que colaboraba con la empresa lo relató así:

“CONABIA espantada, [quería] una citación jurada, diciendo `venga a darme explicaciones de por qué salió esta noticia... [...] Firmar una declaración jurada de 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” (entrevista realizada el día 19/03/2019).

Así, más allá de las facilidades técnicas, el éxito comercial de estos desarrollos dependerá de la aceptación social de la edición génica en los países que demandan nuestros bienes y servicios, y de la armonización con la normativa internacional (Marchant y Allenby, 2017). En los últimos años se produjeron algunas transformaciones en el comercio internacional que hacen estallar la concentración de poder que anteriormente ejercían los centros (europeos, occidentales, del norte), como ocurrió durante los noventa con la UE y su prohibición de los OGM. El incremento de la demanda de productos agropecuarios argentinos por parte de potencias emergentes (China) y grandes mercados del sur (África y Latinoamérica) multiplicó los importadores, que pasan a ser países periféricos y/o en vías de desarrollo, con legislaciones sobre biotecnología más parecidas a la nuestra. Esto presiona a la UE, en la que algunos argumentan que la imposibilidad de distinguir eficazmente los organismos editados de las variedades convencionales llevará a que aquellos acaben siendo consumidos más tarde o más temprano, por lo que retrasar su aceptación sólo perjudica a las propias iniciativas de I+D, ya que los entornos regulatorios restrictivos pueden ralentizar o detener la I+D, desincentivar la inversión e incluso impulsarla hacia otros países (Lemarié y Murette, 2022).

En línea con estas reconfiguraciones, los funcionarios de gobierno argentinos llevaron adelante diversas acciones destinadas a formar un bloque entre países de Asia, África y Latinoamérica, para presionar a la UE a adoptar un marco normativo similar al nuestro para los organismos editados (Bilański, 2022) y evitar obstáculos comerciales (Lema, 2019). Por lo tanto, la capacidad de influencia de los dirigentes en las negociaciones internacionales será decisiva para el destino de CRISPR.

Conclusiones

Las características técnicas de CRISPR simplifican y abaratan la I+D en ingeniería genética, ya que reducen los costos y tiempos de producción de bienes y servicios. Pero la posibilidad de que ello se traduzca en mejoras en la rentabilidad de los *commodities* de exportación, mayores ingresos de divisas y aumento de los actores que innovan en semillas –especialmente pequeñas y medianas empresas nacionales y laboratorios públicos–, y genere cierta autonomía tecnológica respecto de las grandes multinacionales que actualmente concentran el mercado de semillas OGM, excede las determinaciones técnicas. Descansa, en última instancia, en una serie de decisiones legales y políticas. Dicho de otro modo, el principal desafío para la apuesta por el desarrollo con las innovaciones en curso reside en el modo en que se configure el marco regulatorio de otros países. A su vez, dependerá de una serie de mecanismos de estímulo al interior del país para evitar que las ediciones inducidas acaben nuevamente concentrándose en los tipos de edición y de organismos que generan mayor rentabilidad (soja, sorgo, maíz, resistentes a plagas y pesticidas), en detrimento de otras variedades locales y mejoras en términos de nutrición y sustentabilidad que, si bien se están investigando, no cuentan con el mismo interés y financiación para desarrollarse a gran escala del que gozan los *commodities*.

Anexo

TABLA 2
FORMACIÓN, CARGOS Y TRAYECTORIA DE LOS ENTREVISTADOS, POR FECHA

Fecha	Formación	Cargos y trayectoria
08/03/2019	Dra. en Ciencias Biológicas	Gerenta de Innovación y Transferencia en una Universidad Nacional (UUNN). Directora y fundadora de una empresa, exgerenta de I+D biotecnológica en una empresa privada.
11/03/2019	Posdoctorado en Bioquímica. Dr. en Ciencias	Investigador adjunto CONICET y docente en UUNN

	Biológicas.	
19/03/2019	Dr. en Ciencias Biológicas	Investigador asistente CONICET y docente en UUNN
28/03/2019	Dra. en Investigación Biomédica	Becaria posdoctoral en una UNNN
12/04/2019	Dr. en Biotecnología y Biomedicina. Mg. en Ciencias-Reproducción Animal. Veterinario.	Investigador principal CONICET y docente en una UNNN. Obtuvo varios premios y reconocimientos a su trayectoria.
22/04/2019	Dr. en Biotecnología	Investigador adjunto CONICET y docente en UUNN. ExCEO de una empresa privada dedicada a la clonación
25/04/2019	Dr. en Ciencias Biológicas	Investigador adjunto CONICET y docente en UUNN
10/05/2019	Dr. en Biotecnología	Investigador adjunto CONICET y docente en UUNN, director de la Lic. en Biotecnología
12/05/2019	Dra. en Bioquímica. Posgrado en Administración de la Educación	Fundadora de Oficina de Bioemprendedores y Transferencia Biotecnológica de UUNN, docente, exinvestigadora
27/05/2019	Lic. en Genética	Becario doctoral CONICET en UUNN
10/06/2019	Dr. en Medicina. Mg. en ensayos clínicos. Médico.	Investigador clínico CONICET en una Fundación. Miembro de numerosas comisiones asesoras (MINCYT) y evaluadoras (INCUCAI)
11/06/2019	Mg. en Educación y Veterinario	Director del Centro de I+D de una Universidad Privada
04/07/2019	Ingeniero Agrónomo	Evaluador de Inocuidad de OGM en SENASA
10/07/2019	Dr. en Biotecnología	CEO y Fundador de una empresa dedicada a la clonación. Ex becario CONICET
22/07/2019	Ingeniero Industrial (ITBA). Asistió al Graduate Studies Program de la Singularity University (SU).	Trabaja en una <i>Company Builder</i> biotecnológica. Fue CEO y cofundador de una <i>startup</i> biotecnológica. ExSecretario de Emprendedorismo y PyMES del Ministerio de Producción
30/07/2019	Mg. en	Fundador de una <i>Company Builder</i> biotecnológica

	Finanzas. Lic. en Administración. Participó del Programa Ejecutivo de la SU.	
10/08/2019	Dr. en Microbiología y químico	Investigadora adjunta CONICET y docente en UUNN
15/11/2019	Lic. y doctoranda en Biotecnología	Cofundadora y CEO de una <i>startup</i> biotecnológica. Exbecaria doctoral CONICET
27/11/2019	Dr. en Ciencias Biológicas	Investigador adjunto CONICET y cofundador de una <i>startup</i> biotecnológica
27/11/2019	Lic. en Genética	Becaria doctoral CONICET

Fuente: elaboración propia.

Agradecimientos

Este trabajo resulta de mi investigación doctoral, que fue posible gracias a becas del CONICET y de la UNSAM, y a la financiación brindada por UNLAM mediante los Programas PROINCE y CyTMA2. Los comentarios de los evaluadores enriquecieron enormemente esta versión final.

Referencias

- Albornoz, M. (2007). Los problemas de la ciencia y el poder. *CTS*, 3(8), 47-65.
- Anokhin, S. y Wincent, J. (2012). Start-up rates and innovation: A cross-country examination. *Journal of International Business Studies*, 43, 41-60.
- Barsky, O. y Gelman, J. (2009). *Historia del agro argentino: desde la Conquista hasta comienzos del siglo XXI*. Buenos Aires: Sudamericana.
- Bevacqua, R., Fernandez-Martín, R., Savy, V., Canel, N., Gismondi, M., Kues, W., Carlson, D., Fahrenkrug, S., Niemann, H., Taboga, O., Ferraris, S. y Salamone, D. (2016). Efficient edition of the bovine PRNP prion gene in somatic cells and IVF embryos using the CRISPR/Cas9 system. *Theriogenology*, 86(8), 1886-1896. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.06.010>
- Bilański, G. (2022). *Entre las promesas de desarrollo y las prácticas con edición genética: la innovación biotecnológica en la periferia* (Tesis doctoral inédita). Universidad Nacional de San Martín, San Martín, Argentina. <https://ri.unsam.edu.ar/handle/123456789/2035>
- Bilański, G. (2023). El marco normativo como fomento a la I+D+i científico-tecnológica en Argentina: la edición genética en el campo agropecuario y su regulación geopolítica. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 199(809), a712.
- Bisang, R. (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* (pp. 187-260). Buenos Aires: CEPAL.
- Boltanski, L. y Chiapello, È. (2010). *El nuevo espíritu del capitalismo*. Madrid: Akal.
- Britto, F. y Lugones, G. (2020). *Bases y determinantes para una colaboración exitosa entre ciencia y producción*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CIECTI.
- Cáceres, D. (2015). Tecnología agropecuaria y agronegocios. La lógica subyacente del modelo tecnológico dominante. *Mundo Agrario*, 16(31), 1-30. <https://www.mundoagrario.unlp.edu.ar/article/view/MAv16n31a08>

- Córdoba, M. S. (2019). *La solidaridad en tiempos del agronegocio*. San Martín: UNSAM Edita.
- Crespi, G. y Dutrénit, G. (2013). *Políticas de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo. La experiencia latinoamericana*. México: FCCyT.
- De Angelis, I. (2015). El modelo de desarrollo argentino: límites y desafíos en las formas de regulación posconvertibilidad. *Realidad Económica*, 290, 63-84.
- De Torres Carbonell, S. (2012). Fuentes de financiamiento para innovadores en Argentina: venture capital, inversores ángeles, inversores institucionales. *Revista de la Bolsa de Comercio de Rosario*, 1517, 50-57.
- Dederer, H-G. y Hamburger, D. (2019). Introduction: Regulation of Plants Derived from Genome Editing. What Lessons To Be Learned from Other Countries? 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* (pp. 1-17). Suiza: Springer Nature.
- Duensing, N., Sprink, T., Parrott, W., Fedorova, M., Lema, M., Wolt, J. y Bartsch, D. (2018). *Novel Features and Considerations for ERA and Regulation of Crops Produced by Genome Editing*. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 6, e079. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2018.00079>
- Eyal, G. (2012). Spaces between fields. En P. Gorski (Comp.), *Bourdieu and historical analysis* (pp. 158-182). Estados Unidos: Duke University Press.
- Feingold, S. (4 de diciembre 2018). *Una nueva herramienta para el mejoramiento vegetal* [Conferencia]. Todo lo que querías saber sobre edición génica y no te animabas a preguntar. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- Feingold, S., Bonnacarrère, V., Nepomuceno, A., Hinrichsen, P., Cardozo Tellez, L., Molinari, H., Barba, P., Eyherabide, G., Ceretta, S. y Dujack, C. (2018). Edición génica: una oportunidad para la región. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 44(3), 424-427. <https://ria.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2018/12/ria-vol44-n3-diciembre-2018.pdf>
- Freytes, C. y O'Farrell, J. (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*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Presidencia de La Nación.
- González, M., Massa, G., Andersson, M., Turesson, H., Olsson, N., Fält, A., Storani, L., Décima Oneto, C., Hofvander, P. y Feingold, S. (2020). Reduced Enzymatic Browning in Potato Tubers by Specific Editing of a Polyphenol Oxidase Gene via Ribonucleoprotein Complexes Delivery of the CRISPR/Cas9 System. *Frontiers in Plant Science*, 10, e1649. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01649>
- Hernández, V. (2007). El fenómeno económico y cultural del boom de la soja y el empresariado innovador. *Desarrollo Económico*, 47(187), 331-365.
- Kuzma, J. (2018). Regulating Gene-Edited Crops. *Issues in Science and Technology*, 35(1), 80-85. <https://issues.org/regulating-gene-edited-crops/>
- Lavarello, P. (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, M. (2019). Regulatory aspects of gene editing in Argentina. *Transgenic Research*, 28, 147-150. <https://doi.org/10.1007/s11248-019-00145-2>
- Lemarié, S. y Marette, S. (2022). The socio-economic factors affecting the emergence and impacts of new genomic techniques in agriculture: A scoping review. *Trends in Food Science & Technology*, 129, 38-48. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.07.013>
- Liaudat, M. D., López Castro, N. y Moreno, M. (2021). Agroquímicos, discursos y actores agropecuarios en la pampa argentina. Un estudio a través de grupos focales en Junín (Buenos Aires). *La Rivada*, 9(16), 149-176.
- Marchant, G. y Allenby, B. (2017). Soft law: New tools for governing emerging technologies. *Bulletin of the Atomic Scientists*. 73(2), 108-114. <https://doi.org/10.1080/00963402.2017.1288447>
- Martin, P., Morrison, M., Turkmendag, I., Nerlich, B., McMahon, A., de Saille, S. y Bartlett, A. (2020). Genome editing: the dynamics of continuity, convergence, and change in the engineering of life. *New Genetics and Society*, 39(2), 219-242. <https://doi.org/10.1080/14636778.2020.1730166>
- Massa, G., González, M. y Feingold, S. (2020). Avances y desafíos de la edición génica para el mejoramiento de plantas. *Revista Farmacéutica*, 162(2), 36-42.

- Merlinsky, G. (2021). *Toda ecología es política. Las luchas por el derecho al ambiente en busca de alternativas de mundos*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Siglo XXI.
- MINCYT (2014). Encuesta nacional de grupos de investigación en biotecnología. *Documento de Trabajo N°1 - Resultados generales*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: MINCYT.
- Mucci, N. (4 de diciembre 2018). *Producción animal y su alcance en salud humana* [Conferencia]. Todo lo que querías saber sobre edición génica y no te animabas a preguntar. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- O'Farrell, J., Pizzo, F., Freytes, C., Aneise, A. y Demeco, L. (2022). *Pilares de la innovación en la biotecnología agrícola argentina. Pensar los recursos naturales como motor de la innovación*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundar. https://www.fundar.ar/wp-content/uploads/2022/06/Fundar_Pilares-de-la-innovacion-en-biotecnologia-agricola.pdf
- OGM vegetal: Eventos con autorización comercial (s/f). *Argentina.gob.ar*. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/alimentos-y-bioeconomia/ogm-vegetal-eventos-con-autorizacion-comercial>
- Ottaviano, M., Domingo Sánchez, F., Portillo, L., Galván, M. y Senra, N. (2021). *Sectores productivos: relevancia y proyección*. RIET. https://issuu.com/riet_inew/docs/sectores_productivos_2021
- Pellegrini, P. (2014). *Transgénicos: ciencia, agricultura y controversias en la Argentina*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- Polcz, S. y Lewis, A. (2016). CRISPR-Cas9 and the non-germline non-controversy. *Journal of Law and the Biosciences*, 3(2), 1-13. <https://10.1093/jlb/lsw016>
- Sherkow, J. (2018). The CRISPR patent landscape: past present, and future. *The CRISPR Journal*, 1(1), 1-5. <https://doi.org/10.1089/crispr.2017.0013>
- Stefani, F. (2018). *Rol actual y futuro de la ciencia en la innovación industrial y el crecimiento económico en Argentina. Recomendaciones para impulsar crecimiento económico sustentable en el mundo actual*. https://www.biologia.org.ar/wp-content/uploads/2018/10/Stefani-2018_Rol-actual-y-futuro-de-la-ciencia_en-la-innovacion-industrial-en-Argentina.pdf
- Svampa, M. (2013). «Consenso de los Commodities» y lenguajes de valoración en América Latina. *Nueva Sociedad*, 244, 30-46.
- Sztulwark, S. y Girard, M. (2020). La edición génica y la estructura económica de la agrobiotecnología mundial. Una mirada desde los países adoptantes. *CTS*, 15(44), 11-41. <http://hdl.handle.net/11336/169593>
- Vara, A. M. (2004). Transgénicos en Argentina: más allá del boom de la soja. *CTS*, 1(3), 101-129.
- Vercellone, C. (2011). *Capitalismo cognitivo. Renta, saber y valor en la época posfordista*. Buenos Aires: Prometeo libros.
- Versino, M. (2000). Las incubadoras universitarias de empresas en la Argentina: reflexiones a partir de algunas experiencias recientes. *Redes*, 7(15), 151-181.
- Vives-Vallés, J. y Collonnier, C. (2020). The Judgment of the CJEU of 25 July 2018 on Mutagenesis: Interpretation and Interim Legislative Proposal. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1813. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01813>
- Whelan, A. y Lema, M. (2017). A research program for the socioeconomic impacts of gene editing regulation. *GM Crops & Food*, 8(1), 74-83. <https://10.1080/21645698.2016.1271856>
- Whelan, A. y Lema, M. (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* (pp. 19-62). Suiza: Springer Nature.
- Whelan, A., Gutti, P. y Lema, M. (2020). Gene Editing Regulation and Innovation Economics. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8, 303. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00303>
- Winner, L. (2008). *La ballena y el reactor: Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología*. Barcelona: Gedisa.
- Wolt, J., Wang, K. y Yang, B. (2016). The Regulatory Status of Genome-edited Crops. *Plant Biotechnology Journal*, 14(2), 510-518. <https://doi.org/10.1111/pbi.12444>

Notas

- 1 Ejemplos de estas NBT son las *Zinc Finger Nucleases* (ZFNs) y las *Transcriptional Activator-Like Effector Nucleases* (TALENs). Ambas orientan la edición al gen objetivo a través de nucleasas programables obtenidas del dominio de unión de ADN basado en proteínas, mientras que CRISPR utiliza un único ARN guía para dirigir la endonucleasa derivada de una bacteria (Cas9) (Wolt, Wang y Yang, 2016).
- 2 El Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular (INGEBI); el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); el Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA) de la Facultad de Agronomía de la

- Universidad de Buenos Aires (UBA), el Instituto de Biodiversidad y Biología Experimental y Aplicada (IBBEA), el Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias (IFIBYNE) y el Instituto de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (IQUIBICEN) de la UBA; el Instituto de Investigaciones Farmacológicas (ININFA) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica (UBA-CONICET); el Centro Regional de Estudios Genómicos de la Universidad Nacional de La Plata; el Instituto de Microbiología Básica y Aplicada de la Universidad Nacional de Quilmes; diversos institutos y centros de la Universidad Nacional de San Martín; la Fundación para la Lucha contra Enfermedades Neurológicas en la Infancia (FLENI); el Hospital Italiano; la Universidad Maimónides; CASPR; Kheiron; Michroma; BioHeuris; New Organs; Aceleradora Litoral; GridX, entre otros que quedaron fuera de la muestra por no trabajar con edición genética al momento de delimitar el campo de la investigación.
- 3 Encontramos publicaciones en las siguientes revistas: *Frontiers in bioengineering and biotechnology*; *Gene*; *Genetic Engineering*; *GM Crops & Food*; *Journal of Advanced Research in Biotechnology*; *Journal of Bacteriology*; *Nature (Biotechnology)*; *Immunology*; *Microbiology*; *New phytologist*; *Plant Cell Report*; *Protein Cell*; *Reproductive Biology and Endocrinology*; *Revista de Investigaciones Agropecuarias*; *Science*; *The CRISPR Journal*; *Transgenic Research*, identificadas a partir de bases de indexación y de las páginas web de las instituciones de pertenencia de los autores.
 - 4 Eran alrededor de 35 investigadores y becarios hacia fines de 2018, además de otros actores no abocados exclusivamente al trabajo con CRISPR, aunque con un rol relevante en su desarrollo, como los encargados de la vinculación CyT de diversas instituciones y funcionarios de organismos públicos.
 - 5 *Clarín*, *Infobae*, *La Nación* y *Página|12*, entre otros, con búsqueda entre el 1°/1/ 2013 y el 31/12/2019.
 - 6 Los eventos observados fueron: Todo lo que querías saber sobre edición génica y no te animabas a preguntar, Edición Génica para profesionales de la Salud; Bioargentina 2018; Bioargentina 2020; Bioargentina 2021; Perfil Inversor Ángel Argentino; Panorama Argentino y Latinoamericano en la Industria de Venture Capital y Por qué emprender en biotecnología, Perspectiva de Silicon Valley.
 - 7 De modo no exhaustivo, podemos destacar entre la normativa argentina las Leyes nacionales n° 17.011; 20.247; 22.195; 23.877; 24.425; 24.481; 26.270; 27.349 y 27.570; las Resoluciones n° 167/96; 226/1997; 39/2003; 46/2004 y 640/2005 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos; y las n°17/2013; 173/2015; 241/2012; 3/2014; 318/2013; 60/2007; 701/2011 y 763/2011 de la SAGyP. También las Resoluciones n° 36/2019; 41/2020 y 44/2019 de la Secretaria de Alimentos y Bioeconomía y la Declaración Internacional sobre Aplicaciones Agrícolas de la Biotecnología de Precisión presentada en 2018 ante el Comité de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la Organización Mundial del Comercio. Entre la legislación de la Unión Europea se destacan la Decisión 2001/204/CE y 2002/811/CE, y las Directivas 90/219/CEE y 90/220/CEE del Consejo. También, la Decisión 2000/608/CE; la Decisión de Ejecución 2016/321, la Directiva 94/51/CE y el Reglamento (CE) n° 65/2004 de la Comisión. Finalmente, las Directivas 2001/18/CE; 2015/412 y 98/44/CE, y los Reglamentos (CE) n° 178/2002; 1829/2003; 1830/2003; 1882/2003; 1946/2003 y 258/97 del Parlamento Europeo y el Consejo; y la Sentencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea - Asunto C-528/16. Son relevantes el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología y el Protocolo de Nagoya-Kuala Lumpur sobre Responsabilidad y Compensación suplementario a aquel; el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio; el Convenio de París; el Tratado de Cooperación en materia de Patentes; la decisión de la Corte Suprema de Estados Unidos en el caso *Diamond vs. Chakrabarty* de 1980 y su Ley Bayh-Dole.
 - 8 Entre los efectos negativos que se derivan del abuso del glifosato y el glufosinato de amonio podemos mencionar cambios en la microflora del suelo, pérdida de fertilidad, problemas con la flora y fauna silvestre, degradación y contaminación de suelos y cursos de agua, desmontes, pérdida y destrucción de la biodiversidad, desplazamiento de poblaciones rurales, concentración de las tierras y la emergencia de nuevas plagas o malezas más resistentes (Vara, 2004).
 - 9 Los verbos “bloquear”, “noquear” o “romper” son expresiones nativas para referir a procesos en los que se impide que un componente del ADN del organismo editado se exprese o desarrolle normalmente.
 - 10 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, pp. 127-141).