

EDICIÓN GÉNICA EN AMÉRICA LATINA

PELIGROS, TRAMPAS Y PROBLEMAS



SILVIA RIBEIRO, COORDINADORA

NATALIA BAJSA • ELIZABETH BRAVO • FERNANDO FRANK
LIS GARCÍA • MARIA JOSÉ GUAZZELLI • LEONARDO MELGAREJO
EKATERINA PAPUSHEVA • ANNE PETERMANN • HENRY PICADO
MARÍA ELENA ROZAS • LUCY SHARRATT • GERMÁN VÉLEZ

EDICIÓN GÉNICA EN AMÉRICA LATINA

PELIGROS, TRAMPAS Y PROBLEMAS



SILVIA RIBEIRO, COORDINADORA

**NATALIA BAJSA • ELIZABETH BRAVO • FERNANDO FRANK • LIS GARCÍA • MARIA JOSÉ GUAZZELLI
LEONARDO MELGAREJO • EKATERINA PAPUSHEVA • ANNE PETERMANN • HENRY PICADO
MARÍA ELENA ROZAS • LUCY SHARRATT • GERMÁN VÉLEZ**

ALIANZA
BIODIVERSIDAD



SUSTENTO Y CULTURAS

EDICIÓN GÉNICA EN AMÉRICA LATINA

Peligros, trampas y problemas

Mayo de 2026

COORDINADORA

Silvia Ribeiro

COLABORADORES DE EDICIÓN

Equipo de investigación de la Alianza Biodiversidad,
Elizabeth Bravo, Marielle Palau, Camila Montecinos,
Maria José Guazzelli, Leonardo Melgarejo, Xavier Vega

TRADUCCIÓN

Colectivo Tu Abuela, Chile

AUTORES:

Natalia Bajsa, Uruguay
Elizabeth Bravo, Ecuador
Fernando Frank, Argentina
Lis García, Paraguay
Maria José Guazzelli, Brasil
Leonardo Melgarejo, Brasil
Ekaterina Papisheva, Alemania
Anne Petermann, Estados Unidos
Henry Picado, Costa Rica
Silvia Ribeiro, Uruguay/México
María Elena Rozas, Chile
Lucy Sharratt, Canadá
Germán Vélez, Colombia

PROYECTO GRÁFICO:

Jazmín Troche y Kattia Sánchez para Fábrica Memética



Esta publicación puede ser usada para su difusión sin fines de lucro, citando la fuente.

Aclaración editorial: Por la diversidad de autoras y autores, algunos artículos refieren a "soja" y otros a "soya". Mantuvimos en este y otros casos el uso de la región desde donde se escribe el artículo.



La Alianza Biodiversidad es una plataforma colectiva latinoamericana que reúne a 12 organizaciones y movimientos clave de la región que trabajan en defensa de la biodiversidad. Es el resultado consolidado de más de 20 años de cooperación, que incluye entre otras actividades la producción de la revista trimestral "Biodiversidad, sustento y culturas", así como el sitio Web "Biodiversidad en América Latina". La Alianza Biodiversidad dirige fundamentalmente sus acciones hacia los movimientos sociales que protagonizan las luchas en defensa de sus territorios y por la construcción de un modelo agroecológico de base campesina de producción de alimentos en América Latina. Todas las actividades que realizamos se enmarcan en estrategias de comunicación, de formación/educación, y de análisis crítico, y tienden a generar impactos positivos en el desarrollo de capacidades y participación en instancias concretas de defensa de los bienes comunes y los territorios.

<https://www.biodiversidadla.org/>

Contacto: alianza@biodiversidadla.org

Esta publicación es posible gracias al apoyo solidario de Agroecology Fund, HEKS y Thousand Currents.

CONTENIDO

- 6 SIGLAS Y DEFINICIONES**
- 7 INTRODUCCIÓN. LA TRAMPA CORPORATIVA A LA DEFENSA DE LA SOBERANÍA ALIMENTARIA**
Silvia Ribeiro
- 10 COSECHA AMARGA. TREINTA AÑOS DE TRANSGÉNICOS Y RESISTENCIA ANTE LAS FALSAS PROMESAS.**
Silvia Ribeiro
- 13 ¿QUÉ ES LA EDICIÓN GÉNICA? DEL USO DE LAS “TIJERAS GENÉTICAS” A LA INCERTIDUMBRE DE LA MODIFICACIÓN.**
Elizabeth Bravo
- 18 VANDALISMO GENÓMICO. LOS RIESGOS Y REALIDADES DE LA MANIPULACIÓN DEL ADN.**
Silvia Ribeiro
- 21 CULTIVOS EDITADOS GENÉTICAMENTE. PANORAMA EN AMÉRICA LATINA.**
- 23 LEYES A MEDIDA. MARCOS REGULATORIOS EN AMÉRICA LATINA MANIPULADOS PARA SALTAR EL CONTROL.**
Elizabeth Bravo
- 27 ARROZ MANIPULADO. PELIGRO QUE NACE EN EL CULTIVO Y LLEGA HASTA NUESTRAS MESAS.**
Germán Vélez
- 32 CHILE AMASA ENGAÑOS. LA PELIGROSA PROMESA DEL TRIGO “ALTO EN FIBRA” EN NUESTRO PAN**
María Elena Rozas
- 35 BIOINSEGURIDAD EN PARAGUAY LUCHA CONTRA TRANSGÉNICOS Y EDICIÓN GÉNICA**
Lis García
- 40 ARGENTINA, ENSAYO A CIELO ABIERTO. DE LOS TRANSGÉNICOS A LA EDICIÓN GÉNICA**
Fernando Frank
- 44 BRASIL Y LOS PELIGROS INVISIBLES. IMPACTOS DE LA EDICIÓN GÉNICA Y LOS MICROORGANISMOS MANIPULADOS**
María José Guazzelli, Leonardo Melgarejo
- 48 BANANO EDITADO . PROPAGANDA Y EROSIÓN REGULATORIA POSTRANSGÉNICA**
Henry Picado
- 52 SUELO ALTERADO. IMPACTOS DE USAR MICROORGANISMOS EDITADOS EN LA AGRICULTURA**
Natalia Bajsa
- 56 JUEGOS DE EXTINCIÓN. IMPULSORES GENÉTICOS Y LA FALSA PROPUESTA DE CONSERVACIÓN EN GALÁPAGOS**
Elizabeth Bravo
- 59 MADERAS MUTANTES. LA EXPERIMENTACIÓN CON ÁRBOLES MANIPULADOS, PONE EN PELIGRO NUESTROS BOSQUES**
Anne Petermann, Lucy Sharratt
- 63 SEMILLAS EN CÓDIGO. SECUENCIAS DIGITALIZADAS Y LA NUEVA ERA DE LA BIOPIRATERÍA GLOBAL**
Elizabeth Bravo
- 67 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EDICIÓN GÉNICA “CAJAS NEGRAS” QUE PONEN EN PELIGRO LA BIOSEGURIDAD**
Ekaterina Papusheva

SIGLAS Y DEFINICIONES

Ácido Nucleico: macromolécula formada por nucleótidos, la materia prima de la herencia. Pueden ser ADN o ARN.

ADN (ácido desoxirribonucleico): es el material genético básico que contienen todas las células vivas (y algunos virus), a partir del cual se construyen las proteínas. Se organiza en cadenas dobles en forma de “doble hélice”, formada por pares de bases nitrogenadas (o nucleótidos), que son las portadoras específicas de la información genética. Las moléculas de ADN se condensan en estructuras compactas llamadas cromosomas.

ARN (ácido ribonucleico): es una molécula compuesta por ácidos nucleicos que es complementaria al ADN y que actúa en la síntesis de proteínas. El ARN es el material genético de algunos virus.

Cas9: (Crispr Associated System 9) es una enzima endonucleasa de ADN dirigida por un ARN guía que se encuentra asociada con el sistema CRISPR. Funciona como “tijera genética” que corta las hebras del ADN.

CRISPR: Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas y Regularmente Espaciadas. Junto con la proteína Cas9 forman parte de un sistema de edición génica.

Enzima: son un tipo de proteína que facilita las reacciones bioquímicas en una célula. En la edición génica se usan “enzimas de restricción” que actúan como tijeras moleculares produciendo cortes de doble hebra en el ADN.

Gen: unidad funcional de la herencia. Son partes específicas de la molécula de ADN que contienen una secuencia de nucleótidos. Los genes estructurales tienen la información para producir una proteína; mientras que los genes reguladores activan o desactivan a los genes estructurales.

Genoma: la totalidad del material genético de una célula o un organismo. El juego completo de cromosomas de un individuo o especie.

Herencia: transmisión de caracteres de las y los progenitores a su descendencia.

Ingeniería genética (modificación genética): es la alteración selectiva y deliberada del genoma de un organismo, al introducir, modificar o eliminar genes específicos usando técnicas de biología molecular.

NTM: Nuevas tecnologías moleculares. Se refiere al conjunto de biotecnologías de manipulación genética para modificar o analizar la estructura de los ácidos nucleicos (ADN o ARN) y las proteínas.

Nucleasas: son un tipo de enzimas que cortan ADN o ARN. El ADN contiene la información que se transmite en la herencia, y es la materia prima de los genes.

Nucleasa Dirigida al Sitio: o “SDN” por sus siglas en inglés, son guiadas por algún sistema de reconocimiento molecular, a una secuencia específica del ADN. Las nucleasas más comúnmente utilizadas para la edición génica son Cas (para CRISPR) y FokI para TALEN y nucleasas de dedo de zinc.

OGM: Organismo genéticamente modificado: es un término amplio utilizado para identificar a los organismos que fueron manipulados mediante técnicas de genética molecular con el propósito de que exhiban nuevos caracteres.

OVM: Organismo vivo modificado: De acuerdo al Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología (Protocolo sobre bioseguridad de Convenio de Diversidad Biológica), es cualquier organismo que posea una combinación nueva de material genético obtenida mediante el uso de la biotecnología moderna.

OGE: Organismo Genéticamente Editado, organismo manipulado por ingeniería genética, resultante de la edición génica.

Plásmido: es una molécula pequeña de ADN de bacterias. Están separados físicamente del ADN cromosómico y se replican de manera independiente. Habitualmente tienen un número reducido de genes, algunos asociados a la resistencia a los antibióticos.

Transgénico: es un organismo resultante de la manipulación genética y que posee material genético (ADN) extraño que puede provenir de otro organismo vivo (bacterias, virus, plantas o animales), o de material genético sintético elaborado en un laboratorio. El ADN extraño (no nativo) se incorpora en una etapa temprana del desarrollo; está presente en las células germinales (o reproductoras) y en las células somáticas, y se transmite a la progenie por herencia.

Introducción

La trampa corporativa a la defensa de la soberanía alimentaria



SILVIA RIBEIRO *

América Latina es el continente donde las empresas transnacionales de semillas y agrotóxicos han ocupado más superficie con cultivos transgénicos en el planeta. Aunque a nivel global el 98 por ciento se planta en sólo diez países del mundo, cuatro de ellos están en nuestro continente. También fue la playa de desembarco global elegida por las transnacionales de agronegocios para la nueva generación de cultivos manipulados genéticamente, ahora bajo el nombre de edición génica.

No obstante, cuando se pregunta a una gran diversidad de personas si prefieren comer alimentos transgénicos, la vasta mayoría contesta que no. Es una victoria narrativa que se construyó a partir de la amplia resistencia contra los organismos modificados genéticamente desde organizaciones campesinas, productores, consumidores: el agronegocio transgénico colonizó la tierra, pero no la mente de las personas, que entienden que son cultivos nocivos, no naturales y llenos de agrotóxicos.

En treinta años, los cultivos transgénicos causaron una enorme contaminación de suelos, agua y alta presencia de residuos químicos en alimentos. Se han encontrado residuos de glifosato en orina, sangre y leche materna, en la población en general, en especial

en regiones de siembra, también en niños y docentes en escuelas rurales. El maíz y algodón transgénicos han contaminado con genes manipulados a variedades nativas y criollas.

Como una forma de no dar cuentas por estos graves impactos, escapar del estigma negativo del nombre “transgénico” y de paso evitar los controles de las leyes de bioseguridad en cada país, la industria biotecnológica y de agronegocios cambió el nombre a la nueva generación de cultivos y animales producto de la ingeniería genética a “edición génica”, o “edición genética”. Se basó en el uso de nuevas técnicas de manipulación genética como CRISPR-Cas9, que se incrementó desde fin de la década de 2010.

Complementando esta maniobra de ocultamiento, en varios países llaman a esos nuevos organismos modificados genéticamente productos de “técnicas de mejoramiento de precisión” o “nuevas tecnologías moleculares”. Así, las empresas lograron transgredir las leyes de bioseguridad en varios países, e incluso prohibiciones de transgénicos en la constitución, como es el caso de Ecuador.

Todas las técnicas de edición génica son formas de ingeniería genética que manipulan los genomas de cultivos o animales y conllevan nuevos impactos e incertidumbres, además de mantener los riesgos que ya tenían los transgénicos.

* **Silvia Ribeiro es investigadora y escritora uruguaya, co-fundadora de la Alianza Biodiversidad y coordinadora de su equipo de investigación; también es investigadora asociada del Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano, CECCAM, México; silviaribeiro@pm.me**

Al evadir la evaluación de riesgos, las empresas lograron que los cultivos de edición génica pasen a la siembra y comercialización como cultivos convencionales, no transgénicos. Pese a los nuevos riesgos que conllevan, no se informa a productores ni consumidores, lo cual plantea nuevos desafíos para poder identificarlos.

Actualmente, en el continente se está experimentando y en algunos casos comercializando, una variedad de especies de cereales, hortalizas y frutas, además de animales, insectos, árboles y microorganismos.

A diferencia de los transgénicos anteriores, ahora la industria va por la manipulación de cultivos de amplio consumo humano directo, bases de la alimentación, como arroz y trigo, sin siquiera informar de su siembra ni su presencia en alimentos a productores y consumidores.

También ha desatado otro experimento masivo con la liberación al medio ambiente de microorganismos modificados genéticamente, imposibles de rastrear hasta que lo sepamos por sus consecuencias.

La industria afirma que las nuevas formas de modificación genética son para conferir resistencia a la sequía, mejor contenido nutricional o propiedades que facilitan el uso industrial de los cultivos. Pero la historia que conocemos de los transgénicos indica que la apuesta real será por los cultivos tolerantes a varios agrotóxicos, que es la ganancia principal de las empresas que lo promueven y ya son una gran parte de los experimentos de edición génica.

En el paquete de tecnologías de edición génica también se incluye la riesgosa tecnología de *impulsores genéticos*, una técnica para engañar las leyes de la herencia de plantas y animales, y que los organismos manipulados genéticamente predominen en las generaciones siguientes. Se experimenta en insectos y plantas, en el intento, por ejemplo, de que las supermalezas que generó el uso de transgénicos vuelvan a ser susceptibles a glifosato, al que se han hecho resistentes. También presentan esta peligrosa tecnología como una forma de “conservación”, para extinguir especies invasoras, con organismos manipulados que se reproduzcan y predominen en la naturaleza.

Entre las empresas que anuncian estar trabajando con edición génica agrícola y pecuaria, aparecen nombres nuevos, de empresas creadas recientemente. No obstante las que tienen la mayor cantidad de patentes en esta forma de ingeniería genética de cultivos son Syngenta, Corteva y Bayer. Tal como ya pasó antes con los cultivos transgénicos, es alta la probabilidad de que estas gigantes absorban en el futuro a las más nuevas, y se aprovechen del trabajo en laboratorios públicos, sea por acuerdo de comercialización conjunta o compra.

TODAS LAS TÉCNICAS DE EDICIÓN GÉNICA SON FORMAS DE INGENIERÍA GENÉTICA QUE MANIPULAN LOS GENOMAS DE CULTIVOS O ANIMALES Y CONLLEVAN NUEVOS IMPACTOS E INCERTIDUMBRES.

El uso de programas de inteligencia artificial para la edición génica, agrega nuevos peligros, y facilita la irrupción, junto a las transnacionales de los agonegocios, de las grandes transnacionales de la tecnología. Son esas inmensas corporaciones, junto a las de agronegocios, que lucran con el enorme acervo de información genética digitalizadas de plantas, animales y microorganismos en bancos públicos y privados en todo el mundo, lo que además de los riesgos que conlleva, significa una enorme escalada de biopiratería global.

Reconociendo estas graves realidades y el lugar crítico que ocupan en América Latina, desde la Alianza Biodiversidad nos propusimos generar documentos de información que contribuyan a informar y alertar a las organizaciones populares, campesinas, de consumidores, ambientales y otras sobre estas nuevas trampas y riesgos.

La presente publicación contiene artículos que explican qué es la edición génica y qué riesgos conlleva, un vistazo panorámico de los organismos que se están manipulando y las normativas que los permiten en América Latina, mostrando con artículos más detallados la situación de la edición génica en los países donde más se ha expandido. Tomamos también especialmente los casos del arroz y el trigo transgénico,

por ser junto al maíz, granos emblemáticos para la alimentación, la seguridad y la soberanía alimentaria. También los casos altamente preocupantes de árboles transgénicos, impulsores genéticos y microorganismos manipulados, todos con consecuencias impredecibles y de largo plazo en el ambiente.

Explicamos cómo se está usando la inteligencia artificial para la edición génica, los nuevos riesgos que implica y por qué la evaluación de riesgos de los anteriores transgénicos es insuficiente frente a esta nueva tecnología. Asimismo, cómo el uso de la información digitalizada de semillas en bancos genéticos públicos y privados es la materia prima imprescindible de estas nuevas tecnologías, escalando la privatización de semillas y la biopiratería a hiperescala.

Todo ello plantea nuevos retos y desafíos que es imperativo encarar colectivamente, desde las organizaciones sociales y populares, campesinas, ambientales, de consumidores, sindicales, ya que se trata de un nuevo asalto tecnológico y empresarial contra la soberanía alimentaria, las economías campesinas y agroecológicas, contra el medio ambiente, la biodiversidad y la salud de todas y todos.



Esta publicación es complementaria y agradece los aportes del informe Cortando y pegando genes para manipular la vida. *La edición génica: sus peligros y normativas en América Latina*, publicado por la Alianza Biodiversidad y Acción Ecológica, Ecuador, en 2025, disponible en <https://tinyurl.com/Cortando-Genes>.

También recomendamos para su amplia difusión, el video corto *Edición génica y transgénicos, lo mismo pero con más riesgos*, publicado por la Alianza Biodiversidad y BASE IS, Paraguay, en 2025 <https://tinyurl.com/video-edic-genica>, así como otros artículos e información actualizada sobre edición génica en el portal electrónico que mantiene la Alianza Biodiversidad con la CLOC-Vía Campesina <https://www.biodiversidadla.org/>

Cosecha amarga

Treinta años de transgénicos y resistencia ante las falsas promesas.



SILVIA RIBEIRO*

Tres décadas han pasado desde que se inició la siembra de cultivos transgénicos a nivel comercial en América Latina. El resultado es una lista de promesas fallidas y un reguero de contaminación de suelos, agua y aire con glifosato y otros agrotóxicos, que invadió los cuerpos de agricultores, vecinos y millones de consumidores, dejando residuos químicos en sangre, orina y leche materna, con mayor gravedad en los países del Cono Sur que son los que más superficie han sembrado con transgénicos.¹

Las transnacionales de transgénicos prometieron mayores rendimientos y menor uso de agrotóxicos. También cultivos con más nutrientes como el “arroz dorado” con vitamina A y otros supuestos beneficios. Nada se cumplió.²

Hace 30 años eran sólo seis empresas, ahora luego de fusiones y ventas, son apenas 4 empresas las que controlan los cultivos transgénicos sembrados a nivel mundial: Bayer (dueña de Monsanto), Corteva (fusión de DuPont-Pioneer y Dow), Syngenta (propiedad de Sinochem Holding) y Basf. Juntas controlan también la mitad del mercado mundial de semillas comerciales y dos terceras partes del de agrotóxicos.³

La propaganda de esas empresas, a través de diversas asociaciones con las que pretenden ocultarse (como Chilebio, Argenbio, Agrobio México) quiere dar la imagen de que los transgénicos están en todo el mundo.

La realidad, según sus propios datos, es que el área sembrada globalmente con transgénicos no llega al 13 por ciento de la tierra arable del planeta, y solo diez países siembran el 98 por ciento de esa superficie. Apenas tres países ocupan el 80 por ciento del área sembrada: Estados Unidos, Argentina y Brasil. Siguen Canadá, India, Paraguay, China, Sudáfrica, Pakistán y Bolivia.⁴

Estados Unidos fue el primero en sembrar soja transgénica tolerante a glifosato, seguido por Argentina en 1996. Actualmente hay 32 países que aprueban la siembra comercial de uno o más cultivos transgénicos, pero solamente una decena de países tienen áreas significativas. En contraste, más de 150 países no permiten su siembra y al 2025, 38 países tienen restricciones o prohibición de siembra de uno o más cultivos transgénicos, entre ellos México, Ecuador, Perú, Belice, Venezuela.

* Investigadora y escritora uruguaya, co-fundadora de la Alianza Biodiversidad y coordinadora del equipo de investigación de esta Alianza; investigadora asociada del Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano, CECCAM, México; silviaribeiro@pm.me

¹ Acción por la Biodiversidad (2020) *Atlas del agronegocio transgénico en el Cono Sur*, <https://www.biodiversidadla.org/Atlas>

² GM Watch, 2025, “Bitter harvest — 30 years of broken GMO promises” <https://tinyurl.com/35b2unt6>

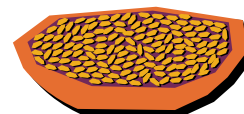
³ ETC group y Grain (2025) La concentración corporativa en la alimentación y en la agricultura, <https://grain.org/e/7288>

⁴ Chilebio (2025) “2024: superficie récord de transgénicos”, Chilebio Noticias <https://tinyurl.com/2s6h3ez4>

Cuatro cultivos ocupan casi la totalidad del área sembrada y todos son commodities (mercancías de comercio internacional): soya, maíz, algodón, canola. Decían que los transgénicos iban a aliviar el hambre en el mundo, pero los cultivos transgénicos no se destinaron a la alimentación humana sino a la industria. La mayoría va para forraje de animales en confinamiento, cerca de una tercera parte a combustibles y otros usos industriales.

En resumen: 4 transnacionales controlan todos los cultivos transgénicos, solo 10 países tienen el 98% del área sembrada, 4 cultivos ocupan el 99,4 por ciento de esa área (soya, maíz, algodón canola) y solo hay 2 tipos de transgénicos: más de 90 por ciento tolerantes a agrotóxicos y el resto "insecticidas" con la toxina Bt, que en muchos casos tienen genes apilados para ser también tolerantes a agrotóxicos.

PARA CONTINUAR EL NEGOCIO Y ENGAÑAR A PRODUCTORES Y CONSUMIDORES, LAS EMPRESAS DE TRANSGÉNICOS LE CAMBIARON EL NOMBRE A "CULTIVOS DE EDICIÓN GÉNICA"



¿Se usaron menos agrotóxicos? No, al contrario, aumentaron exponencialmente. Al ser manipulados para ser tolerantes a glifosato, aumentó más de 20 veces el uso de ese herbicida, clasificado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como cancerígeno. Generaron así decenas de "supermalezas": hierbas invasoras que se hicieron resistentes al glifosato. Para combatirlas se aumentaron las concentraciones y dosis aplicadas y pusieron a la venta transgénicos con genes apilados tolerantes a varios agroquímicos como glufosinato, dicamba, 2,4-d; cada vez más tóxicos y peligrosos.⁵

¿Mayores rendimientos? Tampoco. Estudios de largo plazo muestran que rinden igual o menos que los cultivos híbridos. Un estudio de la Unión de Científicos Preocupados de Estados Unidos sobre 13 años de siembra, mostró que los cultivos transgénicos sólo aumentaron el rendimiento un 0,2 por ciento anual, mientras que el manejo agronómico de cultivos convencionales y agroecológicos lo aumentó más de 10 por ciento en ese período.⁶ Los cultivos de maíz Bt parecían rendir más y al inicio usar menos agroquímicos, pero fueron paulatinamente sacados del mercado porque las orugas que se

⁵ GMWatch (2025) "GM crops fuel rise in pesticide use despite early promises, study shows". <https://tinyurl.com/38r94xup>

⁶ Gurian-Sherman, Doug (2009) "Evaluating the Performance of Genetically Engineered Crops", UCS, <https://tinyurl.com/bd69y37>

suponía iban a combatir se hicieron resistentes, lo cual también motivó el uso de más agrotóxicos. Estudios posteriores confirmaron las mismas tendencias.⁷

Todos los transgénicos están patentados y las semillas son hasta 30 por ciento más caras.⁸ Las empresas han hecho un negocio adicional con miles de juicios contra agricultores por “uso” de genes patentados cuando sus campos se contaminaron por polinización cruzada.

En muchos países se han llevado batallas con amplio apoyo popular para no permitir su siembra ni su consumo. En cualquier parte del mundo, si se pregunta, la vasta mayoría de las personas contestan que prefieren no comer transgénicos.⁹

En resumen, treinta años de transgénicos en América Latina han significado un reguero de contaminación y una mayor dependencia de las transnacionales del agronegocio, que se traduce en más trabas a la soberanía alimentaria. Para continuar el negocio, con mayor impunidad, y de paso engañar a productores y consumidores, la trampa de las empresas ahora es cambiar el nombre de los cultivos manipulados genéticamente, llamándole resultado de “edición génica”, con lo cual han conseguido evadir las leyes de bioseguridad y etiquetado en varios países.

⁷ Third World Network, (2016) “GM Delivers No Advantage in Crop Yields After 20 Years” <https://tinyurl.com/4ev29kts>

⁸ Ribeiro, Silvia (2021) “Asalto corporativo a las semillas”, en *La Revolución de una semilla*, Editorial El Colectivo, Fundación Rosa Luxemburgo.

⁹ <https://rosalux-ba.org/2021/07/26/la-revolucion-de-una-semilla/>
Ribeiro, Silvia (2021) *Maíz, transgénicos y transnacionales*, 327 pág. Editorial Itaca, México.

Disponible en <https://tinyurl.com/LibroMaizRibeiro>



¿Qué es la edición génica?



Del uso de las “tijeras genéticas” a la incertidumbre de la modificación.

ELIZABETH BRAVO *

Se conoce como **edición génica** a un tipo de ingeniería genética que produce cambios específicos en el ADN de una célula u organismo en condiciones de laboratorio. Al resultado se le llama un **organismo genéticamente editado** (OGE). Esta técnica se llama también **edición genética** o **edición genómica** porque altera la función de sus genes y por tanto su genoma.

Existen distintas técnicas de edición genómica, entre ellas las llamadas CRISPR-Cas9, TALEN, ODM, pero una abrumadora mayoría de investigaciones trabajan con CRISPR/Cas9.

Cuando se usa CRISPR-Cas9, la edición genética empieza con una ruptura en la doble cadena de ADN en una ubicación específica del genoma.

La ruptura se produce por la acción de dos moléculas que se construyen en laboratorio: una es la proteína Cas9, que actúa como una especie de «tijera» genética, cortando las dos hebras del ADN en zonas específicas. La otra es un segmento de ARN (que se llama también ARN guía) prediseñada para conducir a la proteína Cas9 para que aplique el corte en el lugar elegido dentro del genoma.

Esta ruptura desencadena distintos mecanismos de reparación del ADN, porque el corte activa señales de alarma en la célula, ya que el ADN roto es peligroso para el organismo. Por lo tanto, la célula inicia una “reparación” de ADN.

Con esto se originan cambios en la secuencia ‘editada’: se puede adicionar, quitar, reordenar o cambiar nucleótidos en dicha ubicación del genoma, dependiendo de la configuración del experimento.

Debido a la naturaleza específica de la ruptura de la doble cadena de ADN y la modificación genética resultante, los promotores a estas nuevas tecnologías moleculares afirman que la edición genética es precisa, pues capacidad de la edición genética para determinar la ubicación de la modificación contrasta con las técnicas de modificación genética más antiguas, en las que el o los genes modificados genéticamente se insertan en ubicaciones del genoma de forma semi aleatoria.

Sin embargo, si bien la rotura inicial del ADN puede dirigirse a un punto específico del genoma, la “reparación” posterior se lleva a cabo por mecanismos de reparación propios de la célula y no puede ser controlada por el ingeniero genético. La reparación a menudo no es precisa. Puede provocar un “desorden cromosómico” en el genoma.¹

* Elizabeth Bravo Velásquez es ecuatoriana, bióloga y autora de numerosos artículos y libros sobre modificación genética. Es integrante de Acción Ecológica y coordinadora de la red por una América Libre de Transgénicos. ebravo@rallt.org

¹ The Greens/EFA in the European Parliament (2022). Gene Editing, Myths and Realities. A guide through the smokescreen.

El proceso de reparación del ADN tras la creación de la rotura de doble cadena de ADN mediante la herramienta de edición genética (como CRISPR/Cas9) es inherentemente impreciso.

Esta imprecisión en la reparación del ADN se puede aprovechar intencionalmente para destruir la función de un gen nativo en un sitio previsto. Pero por otro lado, puede provocar daños no deseados en el ADN; esto es, mutaciones en ubicaciones genómicas distintas a las que se quería manipular, a las que se las llama **mutaciones fuera de objetivo**. Se pueden también producir además mutaciones no deseadas en el sitio de edición previsto, llamadas **mutaciones en el objetivo**.

Estas mutaciones no intencionadas, abarcan desde grandes deleciones, inserciones y reordenamientos del ADN, incluyendo fragmentaciones o reunificación aleatoria en los cromosomas, e incluso la pérdida de secuencias completas

A EDICIÓN GÉNICA ES SIEMPRE UNA TÉCNICA DE MODIFICACIÓN GÉNICA

Las tecnologías de edición génica son una forma de **manipulación genética**, por lo tanto, los organismos resultantes son **genéticamente modificados**.

Se afirma comúnmente que la edición genética no implica la introducción de ADN extraño en el genoma y que la edición genética simplemente produce cambios que son similares a los que podrían suceder en la naturaleza, pero esto no es así. Aunque la modificación genética y el mejoramiento convencional dan lugar a la creación de nuevas variedades, son métodos distintos y no son intercambiables. La edición genética es claramente una técnica de modificación genética, con ingeniería genética y consecuencias en el genoma que no se darían en la naturaleza.

Como mencionamos antes, la edición genómica es un tipo de ingeniería genética a través de la cual se hacen cambios específicos en el ADN de una célula u organismo in vivo.

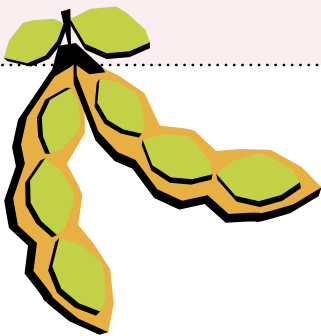
En este sentido, se pueden hacer algunas clarificaciones sobre estas nuevas tecnologías moleculares:

1. Las semillas “genéticamente editadas”, son organismos genéticamente modificados, y por lo mismo no pueden considerarse como “semillas convencionales”. Aunque las y los campesinos están mejorando y adaptando continuamente sus semillas en sus fincas, nunca son semillas genéticamente editadas. Estas técnicas tampoco las puede hacer un gran empresario agrario en sus campos.
2. Son tecnologías experimentales porque empezaron a investigarse hace poco tiempo, y hasta el momento no existe una producción masiva a nivel comercial hecha con semillas genéticamente editadas. Por lo tanto, son inherentemente experimentales. Al ser experimentales, son muchos los aspectos sobre su seguridad que no se conocen.
3. Estas nuevas tecnologías moleculares, llamadas en muchas regulaciones latinoamericanas “técnicas de mejoramiento de precisión”, en realidad no son tan precisas y pueden ser peligrosas, ya que en el proceso de edición génica pueden ocurrir mutaciones y desarreglos genómicos, que entrañan riesgos para el medio ambiente, la salud humana y los ecosistemas. También pueden contaminar las semillas nativas y criollas, poniendo en riesgo el patrimonio genético agrícola.
4. En la aplicación de estas tecnologías a veces se añade al organismo manipulado, ADN foráneo, de manera intencional o no. Por lo que se trata entonces de organismos genéticamente modificados transgénicos, con todos los impactos graves en la biodiversidad y la salud humana, propios de los transgénicos. La edición génica comprende un conjunto de tecnologías que deben ser hechas en condiciones muy específicas y en laboratorios especializados, generalmente controlados por corporaciones biotecnológicas.

En la técnica de edición génica llamada SDN-3, se introducen secuencias de ADN recombinante de origen ajeno en el genoma de las plantas; es decir que aunque sea editado, el organismo resultante es un transgénico.

Pero aún si no se insertan secuencias genéticas ajenas, todos los organismos genéticamente editados son producto de ingeniería genética y como tales, genéticamente modificados, porque en todos se interviene la base material de la herencia que es el ADN, usando herramientas moleculares para producir inserciones, supresiones o alteraciones del material genético; y en todos se alteran las barreras fisiológicas naturales de reproducción o mutaciones naturales.

Todos estos nuevos organismos entrañan peligros a la salud y el ambiente, y están controlados por corporaciones biotecnológicas transnacionales.



INCERTIDUMBRES Y RIESGOS DE LA EDICIÓN GENÉTICA

Estas nuevas tecnologías moleculares tienen sus propios **riesgos e incertidumbres**. Algunas de ellas incluyen las mismas técnicas de ingeniería genética previas (con sus propios impactos), pero además existen algunas preocupaciones adicionales graves.

Los procesos de edición genética **introducen material genético** extraño en las células, que **puede integrarse inadvertidamente** en el genoma. El ADN que se introduce en las células para realizar la edición genética se produce y se aísla de microorganismos (bacterias). El ADN de los microorganismos puede acabar integrándose, sin querer, en el genoma del organismo que se está editando genéticamente.

En la actualidad, la gran mayoría de la edición de genes vegetales mediada por CRISPR se lleva a cabo mediante técnicas de transgénesis “antigua”, introduciendo plásmidos en células vegetales, que codifican la herramienta de edición genética.

Se pueden insertar intencionalmente genes o ADN extraños. Un tipo de organismos editados genéticamente (a los que a veces se hace referencia como SDN-3), son el resultado de la inserción intencional de un nuevo gen y por tanto son transgénicos.

Esto se consigue de la siguiente manera:

1. La herramienta de edición de genes identifica el sitio específico a cortar y realiza un corte de doble hebra en el ADN con la “tijera genética” (nucleasa).
2. Se inserta un gran fragmento de ADN extraño en el genoma del organismo objetivo en el lugar de la rotura del ADN de doble hebra. Este fragmento de ADN puede contener un gen completo u otros elementos genéticos (por ejemplo, secuencias reguladoras de genes) y actúa como plantilla para la reparación de la rotura del ADN de doble hebra, provocada por la “tijera genética”.

De esta manera, el gen extraño u otros tipos de material genético de ADN se integran intencionalmente en el genoma de la planta para conferir un nuevo rasgo.

Esto significa que en el plásmido hay genes que codifican la enzima nucleasa y guían los elementos del ARN del complejo CRISPR/Cas. Una vez dentro de las células vegetales, estos genes se expresan, lo que da como resultado el ensamblaje de la herramienta de edición CRISPR/Cas, que luego puede continuar con su trabajo.

En estas circunstancias, el plásmido introducido en las células vegetales puede fragmentarse, insertándose estos fragmentos aleatoriamente en el genoma de la célula vegetal.²

Quienes desarrollan las semillas genéticamente editadas, a menudo pasan por alto la presencia del ADN extraño, y utilizan métodos de detección inadecuados. Como resultado, es fácil que haya ADN cromosómico o plásmido extraño en las semillas resultantes de edición génica, la que contiene material genético extraño.

Ese ADN extraño puede ser funcional, es decir, que codifica genes, lo que significa que puede producir una o más proteínas nuevas, con consecuencias desconocidas para el ambiente, la salud humana y los sistemas productivos.

LOS RIESGOS NO SE LIMITAN AL ADN AJENO

Los organismos genéticamente editados plantean riesgos que no se limitan a la presencia de ADN extraño. Las plantas y animales editados genéticamente pueden contener, y de hecho contienen, material genético extraño en sus genomas, ya sea intencionalmente o inadvertidamente debido a la imprecisión y debido a las limitaciones del proceso de edición génica.

Un conjunto de riesgos surge del cultivo de tejidos vegetales, que es una parte necesaria del proceso de elaboración de todos los transgénicos de estilo antiguo y de la gran mayoría de las plantas editadas genéticamente.

Se sabe que la técnica de cultivo de tejidos puede causar muchas mutaciones (daño al ADN). Un estudio separado encontró que la edición de genes CRISPR en arroz causó un gran número de mutaciones dentro y fuera del gen objetivo, aunque no se sabe si estas

LA EDICIÓN GÉNICA PUEDE PRODUCIR LOS MISMOS IMPACTOS QUE LOS TRANSGÉNICOS Y GENERAR PELIGROS ADICIONALES

surgieron del cultivo de tejidos o de la transformación génica hecha a través de edición de genes o por otros elementos del proceso de edición de genes. Los investigadores advirtieron que “la comprensión de las incertidumbres y los riesgos relacionados con la edición del genoma es necesaria y crítica antes de que se establezca una nueva política global para la nueva biotecnología”.²

CAMBIOS EN EL GENOMA

Otros estudios han demostrado que la tecnología de edición génica con CRISPR/Cas puede producir cambios estructurales en el genoma. Los cambios estructurales relacionados con la tecnología CRISPR/Cas, ocurre en los cromosomas con mucha más frecuencia en las regiones genómicas a las que se dirigen las «tijeras genéticas» de lo que ocurriría en condiciones naturales.³

² Ver por ejemplo, Kim J. Kim J.S. (2016). Bypassing GMO regulations with CRISPR gene editing. *Nature Biotechnology* 34:1014–1015. <https://www.nature.com/articles/nbt.3680>

³ Biswas S. et al (2020). Investigation of CRISPR/Cas9-induced SD1 rice mutants highlights the importance of molecular characterization in plant molecular breeding. *Journal of Genetics and Genomics*. May 21. doi:10.1016/j.jgg.2020.04.004

MUTACIONES NO DESEADAS PROVOCADAS POR EDICIÓN GENÓMICA

Todos los métodos utilizados en edición genómica son propensos a cometer errores. Estos radican en la acción de las nucleasas sobre secuencias distintas a las que se pretenden editar.

Cada vez hay más estudios científicos en células humanas, animales y vegetales que demuestran que la edición genética no es precisa, sino que da lugar a numerosos errores genéticos, conocidos también como mutaciones no intencionales, que de hecho son daño al ADN). Estas se producen:

- en sitios no deseados del genoma (ubicaciones distintas a las identificadas para la edición)
- en el sitio deseado (en el sitio de edición previsto).
- Estas mutaciones incluyen grandes deleciones, inserciones y reordenamientos del ADN.⁴

DELECIÓN	INSERCIÓN	REORDENAMIENTOS DEL ADN
Es una mutación génica que se produce cuando se pierde un segmento de ADN. Puede ser tan pequeña como la eliminación de una sola base o tan grande como la pérdida de un cromosoma completo.	Es un tipo de mutación que consiste en agregar uno o más nucleótidos en una secuencia de ADN. Esto puede suceder en cualquier parte del ADN, y afectar desde un solo nucleótido o a una parte de un cromosoma.	Es un cambio en la estructura del ADN dentro de una célula. Puede ocurrir por la ruptura y reunión de segmentos de material cromosómico.

Estas mutaciones pueden conducir a la creación de nuevas secuencias genéticas que producen nuevas proteínas mutantes, con efectos no conocidos para los trabajadores agrícolas, que están en contacto directo con la planta manipulada, así como los trabajadores que participan en toda la cadena de valor (transporte, transformación, empaqueo, etc.). Se pone en peligro además la salud de los consumidores del organismo genéticamente editado.

Estas mutaciones pueden ocurrir en varias etapas del proceso de modificación genética ligada a la edición génica.

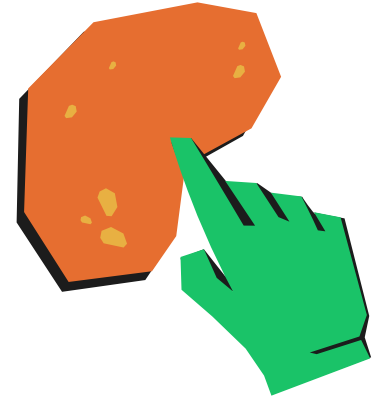
Las semillas editadas genéticamente, que pueden contener ADN extraño, incluso si no ha sido detectado, pueden cruzarse con variedades no transgénicas convencionales, criollas o nativas, produciendo una contaminación masiva de nuestro patrimonio genético.



⁴ Agapito-Tenfen S.F. et al (2018). Revisiting risk governance of GM plants: The need to consider new and emerging gene-editing techniques. *Front Plant Sci.* 2018;9. doi:10.3389/fpls.2018.01874

Vandalismo genómico

Los riesgos y realidades de la manipulación del ADN



SILVIA RIBEIRO *

La edición génica (también llamada edición genética o genómica) refiere a un conjunto de nuevas biotecnologías para manipular el genoma de los seres vivos: plantas, animales y microorganismos. Pese a que las empresas de transgénicos y sus promotores la presentan como una tecnología “más exacta”, que permite alterar con precisión los genomas, la realidad contradice esta afirmación. Pero aun si así fuera, no significa que estas alteraciones sean inocuas. **Los organismos manipulados con edición génica conllevan una enorme cantidad de incertidumbres y nuevos riesgos: al medioambiente y a la biodiversidad, a la salud de plantas, animales y humanos, a los sistemas de alimentación campesinos, a la seguridad y soberanía alimentaria.** Aquí presentamos algunas de las razones para ello.

Toda edición génica es ingeniería genética. La técnica más usada es CRISPR, una construcción sintética que imita la de una bacteria, a la que se le adosa un sistema asociado para alterar el genoma (Cas). Se le ha llamado “GPS con tijeras”, porque puede reconocer un sitio específico en un genoma y cortar las dos hebras del ADN. Ese corte daña al gen y puede silenciarlo, o si se inserta nuevo material genético es un transgénico. En todos los casos altera las funciones naturales del organismo.

La edición génica no es precisa. Aunque con CRISPR-Cas se pueda intervenir en un sitio elegido como objetivo, ahí termina la supuesta precisión. La “reparación” de esa rotura no puede ser controlada por quien usa la técnica y en muchos casos es defectuosa, con impactos imprevistos. Además, es frecuente que CRISPR-Cas cause mutaciones no intencionales en otras partes del genoma, con efectos potencialmente peligrosos y alterando funciones vitales de los organismos. Por ejemplo, se han encontrado vértebras extra en cerdos manipulados con CRISPR para tener más músculo, para lo cual los científicos no tienen explicación. Los cambios inesperados en el genoma derivados de CRISPR son tantos que Georges Church, de la Universidad de Harvard, referente de la biotecnología llamó a CRISPR “un hacha desafilada”. Agregó “le llaman edición, pero en realidad es “vandalismo genómico”.¹

Es riesgosa y los productos no son seguros. Por las incertidumbres y falta de control de la edición génica, los productos resultantes pueden ser riesgosos en el consumo. Las alteraciones genómicas, intencionales o no, pueden ser origen de alergias, toxicidades y/o exacerbar esas propiedades en productos de consumo. También pueden producir resistencia a antibióticos en humanos y animales, un grave problema de salud en el mundo. Esto debido a que usan plásmidos para

* Investigadora y escritora uruguaya, co-fundadora de la Alianza Biodiversidad y coordinadora de su equipo de investigación; Investigadora asociada del Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano, México; silviaribeiro@pm.me

¹ Ribeiro, S. (2019) “Vandalismo genómico”, en *La Jornada*, México, 16 de marzo 2019, <https://tinyurl.com/bdemuzps>

introducir CRISPR-Cas a los organismos, una molécula de ADN de bacterias, que se ha asociado a la transferencia de genes con resistencia a antibióticos.^{2,3}

Expande el uso de agrotóxicos. Se afirma que los productos de edición génica tendrían beneficios nutricionales, resistencia a la sequía, a plagas, etc. Pero un gran porcentaje está manipulado para hacerlos tolerantes a nuevos agrotóxicos aún más peligrosos, porque las malezas se han hecho resistentes a los más usados por los transgénicos. Adicionalmente, la industria quiere desarrollar con CRISPR-Cas “impulsores genéticos”, una técnica de edición génica de alta peligrosidad, para que las malezas vuelvan a ser susceptibles a glifosato y otros agrotóxicos, o para extinguir especies enteras de malezas y plagas.

No es “mejoramiento” convencional. La industria y científicos afines afirman que si no detectan material genético foráneo en una planta “editada”, sería igual que una de mejoramiento convencional y no es transgénica. Esto es una falsedad, ya que las alteraciones que se provocan en el genoma nunca ocurrirían de forma natural, entre otras cosas, porque la técnica CRISPR-CAS está diseñada para evitar las defensas naturales de la planta, y los cambios no intencionales suceden en regiones de los genomas que las plantas naturales, sin CRISPR-CAS, no permiten mutaciones.

También es falso que no se puedan detectar los cambios genómicos y que no se introduzca nuevo material genético, intencional o no, por ejemplo, de plásmidos, pero incluso proveniente del uso mismo de CRISPR-Cas9. Para supervisarlos, habría que adecuar los métodos de detección y análisis de riesgo, pero eso es lo que la industria quiere evitar.

Asalto a productos básicos de la alimentación humana. La mayor parte de la manipulación edición génica en nuestro continente se está haciendo con arroz y varios países lo han liberado para siembra y venta como “cultivo convencional”, también con trigo manipulado genéticamente, bajo las falsas premisas descritas arriba y se pretende avanzar con maíz, amaranto, frijoles. La mayor parte de los transgénicos “anteriores”, se destinan en su vasta mayoría a usos industriales y forraje, por lo que no llegan en forma directa a la alimentación.

En el caso de las plantas con edición génica, se trata de cultivos que van directamente a la alimentación humana, que agregan nuevos riesgos y que pueden llegar a nuestra mesa sin que sepamos de sus peligros.

Contaminación de cultivos nativos y criollos. Los promotores de la edición génica comparan la creación de semillas tradicional y colectiva de las comunidades o la labor de fitomejoradores convencionales afirmando que la manipulación genética que se hace con edición génica sería lo mismo, lo cual es absurdo. Las y los campesinos y fitomejoradores se basan en trabajar con la naturaleza, que pone límites y previene los peores efectos. Con edición génica, las semillas, insectos o microorganismos producen construcciones artificiales que jamás existieron y burlan los límites de la naturaleza. Además, se liberan sin información a nadie, por lo que se pueden cruzar y contaminar cultivos nativos y criollos, sea en campo, en transporte o procesamiento. Como ha sucedido con la contaminación transgénica del maíz. La edición génica es más de lo mismo, pero con más riesgos y menos controles.

LOS ORGANISMOS MANIPULADOS CON EDICIÓN GÉNICA CONLLEVAN UNA ENORME CANTIDAD DE INCERTIDUMBRES Y NUEVOS RIESGOS

² Bravo, E. (2025). Cortando y pegando genes para manipular la vida. La edición génica, sus peligros y normativa en América Latina. Quito, Acción Ecológica. Disponible en <https://tinyurl.com/Cortando-Genes>

³ GMWatch (2024) Gene Editing Myths, Risks, & Resources (Edición génica: mitos, riesgos y recursos) Disponible en inglés en <https://www.gmwatch.org/en/20386-gene-editing-myths-risks-resources>

No hay bioseguridad, ni información a productores y consumidores. Con el falso argumento de que los organismos editados no serían transgénicos si no se detecta ADN ajeno en el producto final, la industria ha conseguido cambiar las normas de bioseguridad de 11 países en América Latina para evadir las evaluaciones de riesgo y bioseguridad. También que no se informe al público, porque se comercializan como cultivos convencionales. Es muy grave, porque son productos manipulados genéticamente que acarrearán nuevos riesgos.

Uso de inteligencia artificial. Muchos experimentos para “editar” genéticamente cultivos, animales y microorganismos, parten de la selección de genes de interés con programas de inteligencia artificial (IA) que comparan millones de secuencias digitales de cultivos y otros seres vivos, para predecir cuáles podrían ser útiles para características buscadas. El trabajo de los fitomejoradores que llevaba meses o años, se hace en horas, con una máquina y por personas y empresas que no saben de agricultura ni de las comunidades que crearon las semillas.

Las transnacionales de semillas y transgénicos (Bayer-Monsanto, Syngenta, Corteva, Basf) han creado con las mega tecnológicas (Microsoft, Google, Nvidia, Meta, Amazon) este tipo de programas. También otros programas, parecidos a ChatGPT, para lo que llaman “biología generativa”, es decir sintetizar en laboratorio y por medio de máquinas, genes y organismos que nunca antes existieron. Los algoritmos usados y la lógica de construcción de dichos genes permanecen en una “caja negra” que no es posible conocer. Cómo sucede con la IA, genera errores, falsedades y “alucinaciones” como se nombra a los errores de la IA generativa que ponen tres brazos en una persona. Lo grave es que ahora se trata de organismos vivos que están destinados a ser liberados en el ambiente, cultivados y consumidos. Todo ello sin informar del proceso al público, porque las regulaciones de bioseguridad sobre edición génica no existen o se han evadido declarando a estos cultivos como “convencionales” porque no se detectan transgenes en el producto final.^{4,5}

Biopiratería a hiperescala. La materia prima de esos sistemas de selección y construcción sintética de genes, se basa en el acceso a bancos genéticos públicos y privados que han colocado miles de millones de secuencias genéticas digitalizadas, de mapas genómicos de organismos vivos, plantas, animales, microorganismos, humanos. La inmensa mayoría se accede sin información ni consentimiento. El Convenio de Diversidad Biológica estableció en 2024 el Fondo de Cali, al que las empresas deberían pagar voluntariamente un porcentaje de sus ganancias, que sería destinado a comunidades por el uso de sus recursos y conocimientos sobre semillas, plantas, etc. Casi tan plausible como que Estados Unidos desarrolle bioarmas solo para defensa.

Controlada por grandes de agronegocios y transgénicos. Corteva, Bayer-Monsanto y Syngenta controlan la vasta mayoría de patentes de CRISPR-Cas en agricultura. Aunque han surgido nuevos nombres, de empresas que parecen “nacionales” como Bioheuris en Argentina o Neocrop en Chile, en realidad dependen de las transnacionales de agronegocios, para comercializar sus productos. Algo parecido sucedió con el inicio de los transgénicos hace 30 años, al comienzo surgieron pequeñas empresas, pero luego desaparecieron al ser compradas o puestas fuera de competencia por los gigantes los agronegocios.

⁴ Vogel, B. (2025), *When chatbots breed new plant varieties*. Save Our Seeds, Alemania. Informe disponible en <https://tinyurl.com/Chatbot-breeding>

⁵ Thomas, Jim (2024) *La caja negra de la biotecnología. Integración de la inteligencia artificial con la biología sintética*, African Center for Biodiversity, disponible en <https://tinyurl.com/Caja-Negra-AI>



Cultivos editados genéticamente

Panorama en América Latina



Argentina, Brasil, Paraguay y otros países sudamericanos se encuentran entre los principales productores de cultivos editados genéticamente en ensayos de campo con fines de investigación y propagación, principalmente para empresas estadounidenses. Dado que los ensayos de campo realizados en Argentina son confidenciales y situaciones similares ocurren en otras partes de Latinoamérica, la información es difícil de acceder, ya que en general no se publican cifras oficiales sobre el número de eventos ni el tamaño de las parcelas. Una fuente disponible son las declaraciones voluntarias de las empresas que realizan dichos ensayos, pero que muchas veces no son precisas.

En **Argentina**, la empresa Calyxt informó que produjo 30 toneladas de soja genéticamente editada con un alto contenido de ácido oleico, en 2016.¹ Separadamente, algunas empresas nacionales están usando edición génica para cultivos con resistencia a herbicidas, y esperan que no se los consideren como transgénicos para saltarse las pocas regulaciones a las que tendría que sujetarse. En Argentina se trabaja en soja, sorgo, arroz, algodón y alfalfa, además de microorganismos.

En **Brasil** la mayoría de solicitudes son microorganismos (bacterias, virus y levaduras), con aplicaciones industriales como la producción de etanol, fijación biológica de nitrógeno y elaboración de vacunas. Las solicitudes presentadas para cultivos genéticamente editados, incluyen el maíz ceroso, caña de azúcar (para una mejor digestibilidad de azúcar), soja (tolerancia a sequías y alteración del valor nutricional), arroz y algodón (para resistencia a herbicidas), eucaliptos con resistencia a herbicidas. Las empresas que han

solicitado la aprobación son Embrapa Soja y Embrapa Energía (Brasil), DuPont do Brasil, Corteva (Estados Unidos) y Bioheuris (Argentina).

La CTNBio consideró que una soja modificada por edición del genoma con la técnica CRISPR de la soja, realizada por Embrapa para desactivar algunos factores antinutricionales, es igual que una soja convencional, por lo que la considera como no transgénica o no modificada genéticamente, lo que le permite quedar exenta de las regulaciones de bioseguridad.

En **Perú**, a pesar de la moratoria a los Organismos Vivos Modificados, se excluyó de ésta a los organismos resultantes de la edición génica, por lo que ya hay varias investigaciones en edición de genes, algunas de ellas financiadas por agencias gubernamentales. Entre las investigaciones que usan la tecnología CRISPR-Cas9 incluyen: cacao con baja absorción de cadmio, papa con tolerancia a estreses bióticos y/o abióticos, *Lupinus sp.* con bajo contenido en alcaloides, *Chenopodium sp.* con bajo contenido de saponina.

En **Colombia** se ha aprobado que los organismos genéticamente editados pueden considerarse, como “organismos vivos modificados” (OVM) o como organismos convencionales, según si se puede detectar o no secuencias genéticas de otras especies en el producto final. Si son declarados “convencionales” no tienen que sujetarse a las normas de bioseguridad). Hasta el momento el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) ha aprobado 4 eventos editados genéticamente: arroz con resistencia al tizón bacteriano, maíz ceroso con la composición de almidón modificada, hojas de mostaza con sabor mejorado, soja con bajo contenido de rafinosa.

¹ Informe anual de Calyxt (2016).

AGROSAVIA (Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias) en colaboración con las Universidades de Cornell, Minnesota y el USDA-ARS, trabajan con arroz como modelo de mejoramiento para la tolerancia a estreses abióticos, en cultivares adaptados a las condiciones de suelos ácidos y mejorados de la Altillanura de los Llanos Orientales de Colombia. Por su parte el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) está haciendo investigación de edición génica con arroz, yuca, cacao y fréjol.²

En **Chile** el INIA trabaja en edición génica de especies frutales leñosas, incluyendo vides (para tolerancia a enfermedades fúngicas y bacterianas) y *Prunus*.³ Además, Neocrop, una empresa startup de biotecnología agrícola con sede en Valdivia, al Sur de Chile, consiguió la aprobación como trigo convencional de un trigo editado genéticamente alto en fibra. También están desarrollando lupino resistente a antracnosis y avena con mayor cantidad de betaglucanos, aplicando una plataforma de edición genética e inteligencia artificial de su propiedad.⁴

En **Paraguay**, de 2019 a agosto de 2025 se han liberado al menos 25 eventos de edición genómica. Entre ellos se encuentran 20 cepas transgénicas del microorganismo *Saccharomyces cerevisiae*, conocido comúnmente como “levadura de la cerveza”, (solicitadas por las empresas Novozymes, Danisco Brasil, Lallemand y Proquitech); dos vacunas recombinantes veterinarias; un insecto, la *Spodoptera frugiperda* llamada coloquialmente “gusano cogollero” (de la empresa Oxitec); y dos variedades de arroz de edición genómica (de Bioheuris Argentina y Urgos/ Paraguay).⁵

En **Ecuador**, la Escuela Superior Politécnica del Litoral desarrolló protocolos para CRISPR/Cas9, para mejorar la resistencia del banano a enfermedades.⁶

En mayo de 2025, el Ministerio de Agricultura de Ecuador aprobó como cultivo convencional para su siembra y comercialización un evento de arroz editado genéticamente, tolerante a herbicidas de la empresa Cibus. Esta decisión se amparó en un Acuerdo Ministerial de 2023 sobre “técnicas de mejoramiento de precisión”, pero viola la Constitución de Ecuador en su artículo 401, que “prohíbe la aplicación de biotecnologías riesgosas o experimentales”.⁷

El INIA de **Uruguay** tiene proyectos vinculados a la edición génica de tomate, mandarina y soya. En soya, se trabaja en la tolerancia a sequía y mejora de la calidad nutricional del grano.⁸

También en colaboración con el Instituto Pasteur de Montevideo, están investigando la aplicación de impulsores genéticos para exterminar el gusano barrenador o mosca bichera del ganado (*Cochliomyia hominivorax*). Actualmente el programa oficial de Uruguay usa la Técnica de Insecto Estéril para controlarlo, pero también están investigando el uso de impulsores genéticos con CRISPR-Cas9 para erradicar las poblaciones en esa región.⁹

En **Costa Rica**, el Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular de la Universidad de Costa Rica (CIBCM-UCR) investiga arroz editado genéticamente editado para ser tolerante a la sequía y alta salinidad del suelo. Otros investigadores de la Universidad de Costa Rica están investigando en banano editado genéticamente para ser resistentes a hongos, como la sigatoka negra y fusarium.¹⁰

² Núñez Zarrantes et al (2020). Aplicación de la edición génica en la agricultura para América Latina y el Caribe. FONTAGRO - Banco Interamericano de Desarrollo.

³ Prieto H. (2019). Mejoramiento genético vegetal en INIA – Chile (Humberto Prieto, 2019). Taller Técnico Edición génica en cultivos y ganadería para América Latina y el Caribe. Fontagro. AGROSAVIA. Bogotá, Colombia.

⁴ ChileBio (2023). Startup chilena que mejora cultivos con edición del genoma avanza en levantamiento de capital y nuevos proyectos. ChileBio Noticias. <https://chilebio.cl/2023/12/21/startup-chilena-que-mejora-cultivos-con-edicion-del-genoma-avanza-en-levantamiento-de-capital-y-nuevos-proyectos/>

⁵ García, Lis (2026). Transgénicos, edición génica y bioinseguridad en Paraguay, ver artículo en esta publicación, pág 35

⁶ Santos E, et al (2023) Establishing a genome editing platform of banana in Ecuador: challenges and regulation. Acta Horti 1362:43–48.

⁷ Acción Ecológica (2025), Ministerio de Agricultura aprueba arroz genéticamente modificado. <https://www.accionecologica.org/el-ministerio-de-agricultura-aprueba-arroz-geneticamente-modificado/>

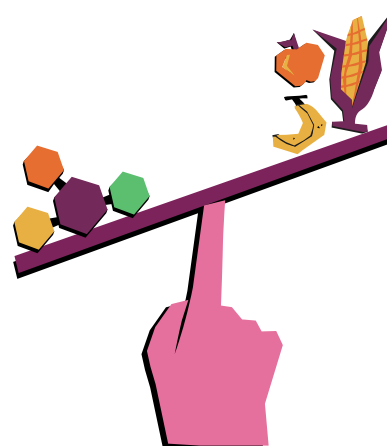
⁸ Bonnacarrere V. (2019). Mejoramiento genético vegetal. Unidad de Biotecnología, INIA – Uruguay. Taller Técnico Edición Génica en cultivos y ganadería para América Latina y el Caribe. Fontagro - AGROSAVIA. Bogotá, Colombia.

⁹ INIA (2019) Control de la mosca bichera usando CRISPR. <https://inia.uy/proyectos/control-de-la-mosca-de-la-bichera-usando-crispr>

¹⁰ Picado, Henry “Banano editado: propaganda y erosión regulatoria postransgénica”, ver artículo en esta publicación, pág 50 (agregar luego de formateado)

Leyes a medida

Marcos regulatorios en América Latina manipulados para saltar el control.



ELIZABETH BRAVO *

Toda la normativa que se está desarrollando en torno a los organismos genéticamente editados y la edición génica a nivel global apuntan a que estos se salten las regulaciones y/o prohibiciones que se han desarrollado en relación a los organismos transgénicos; así como a los requerimientos del Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad, que es el marco internacional sobre bioseguridad de organismos vivos modificados genéticamente.

Esto a pesar de que muchos organismos genéticamente editados incluyen de manera deliberada o accidental segmentos de ADN ajeno y que hay muchas incertidumbres y falta de precisión en los procedimientos de edición génica, así como otros problemas generados en el proceso de manipulación genética.

América Latina sigue en esta misma línea. La mayoría de las normativas llaman a la edición génica “Nuevas tecnologías de mejoramiento de precisión” o “biotecnologías de precisión”, y adoptan un procedimiento que puede establecer que estos nuevos organismos no son transgénicos, generalmente basado en la ausencia de transgenes detectables en el organismo resultante.

En las nuevas regulaciones, hay una flexibilización de los procesos regulatorios para los organismos genéticamente editados (OGE). En la mayoría de los casos, la propuesta es que un comité vinculado a los organismos de bioseguridad, decidan frente a cada evento de un organismo genéticamente editado, si contiene ADN ajeno o no, en base a documentación entregada por la empresa o centro de investigación que quiere experimentar con un OGE. Si la empresa declara que una semilla editada genéticamente no contiene ADN ajeno, ese comité u organismo, decide que sea tratada como semilla convencional y no tendrá que pasar por ningún procedimiento de bioseguridad ni otros requisitos ligados a los transgénicos en la producción o venta, como el etiquetado.

En los marcos regulatorios sobre edición génica en plantas América Latina, se han eliminado además otros requisitos de evaluación de riesgo para determinar si el producto final es convencional o no, como proporcionar información sobre las mutaciones fuera de objetivo. Si se ha determinado que es equivalente a un cultivo convencional, no se pide más información sobre el producto final ni cómo éste se comporta en la naturaleza, ni otros detalles sobre el proceso de manipulación genética.

* Elizabeth Bravo Velásquez es ecuatoriana, bióloga y autora de numerosos artículos y libros sobre modificación genética. Es integrante de Acción Ecológica y coordinadora de la red por una América Libre de Transgénicos. ebravo@rallt.org

LAS REGULACIONES DE BIOSEGURIDAD SOBRE EDICIÓN GÉNICA NO EXISTEN O SE HAN BURLADO DECLARANDO ESOS CULTIVOS COMO "CONVENCIONALES".

Tampoco tienen que sujetarse a las normativas nacionales en los países que prohíben la reproducción de semillas modificadas o su importación como alimentos.

Otro aspecto que influye en esta flexibilización de las regulaciones, es la homologación regulatoria entre países, con el argumento de evitar futuras disrupciones comerciales, para “aumentar la coherencia en la toma de decisiones transfronteriza”. Este tipo de cooperación relacionado a la edición génica comenzó en 2018 cuando Argentina presentó una declaración sobre cooperación en nuevas biotecnologías ante la Organización Mundial de Comercio, que fue apoyada por Australia, Brasil, Canadá, República Dominicana, Guatemala, Honduras, Paraguay y Estados Unidos.¹

Entre otros aspectos, la homologación regulatoria establece que si en algún país se determina que un organismo genéticamente editado OGE no es un transgénico, eso sirve como precedente en el proceso de toma de decisiones en otros países.

Con esta base, se proponen procedimientos de aprobación simplificados para eventos que hayan sido evaluados por “sistemas regulatorios sólidos y experimentados”. ¿Qué países serán considerados como portadores de regulaciones sólidas? ¿Aquellos que han ampliado muchísimo su frontera transgénica, y que han aceptado una gran cantidad de eventos transgénicos o genéticamente editados, con graves impactos ambientales? Son a estos países que se les puede considerar “experimentados”.

Es necesario señalar que en muchos países, aún aquellos con larga trayectoria en la adopción masiva de transgénicos, las evaluaciones de riesgo, finalmente constituyen meros trámites burocráticos.

En el proceso regulatorio de un nuevo OGE, es el proceso y no el producto final lo que se debe regular o prohibir, pues pueden darse efectos no intencionales, como inserciones, eliminaciones o translocaciones no intencionales en el material genético, producción de nuevas proteínas, etc., que no son identificadas por los reguladores en el producto final.



¹ OMC (2018) Declaración internacional sobre aplicaciones agrícolas de la biotecnología de precisión. Comunicación de Argentina.

En la siguiente tabla se resume la normativa existente en varios países de América Latina.

PAÍS	NORMA	OBSERVACIONES
MÉXICO	En marzo de 2025 el Diario Oficial de la Federación publicó la reforma constitucional que prohíbe el cultivo de maíz transgénico en el país.	La norma dice: el cultivo de maíz en México “debe ser libre” de modificaciones genéticas realizados “con técnicas que superen las barreras naturales”. La Secretaría de Humanidades, Ciencia y Tecnología alega que los OGE podrían no estar incluidos.
GUATEMALA	Acuerdo 271-MAGA	Establece el Manual de Procedimientos Técnicos para uso confinado, experimental, pro-comercial y comercial de semilla genéticamente modificada.
HONDURAS	Acuerdo C.D. SENASA 008-2019	Aprueba el procedimiento de autorización para solicitudes relacionadas con el uso de NTM
COSTA RICA	Decreto No. 44244-MAG	Reforma el Reglamento a la Ley de Protección Fitosanitaria. Define y norma las Nuevas técnicas de mejoramiento genético y sus organismos resultantes
COLOMBIA	Resolución ICA 22991/2022	Establece el procedimiento para determinar si las aplicaciones desarrolladas utilizando técnicas de edición génica son Organismos Vivos Modificados o no (OVM).
ECUADOR	Acuerdo Ministerial 063. Septiembre 2023	Aunque la Constitución del Ecuador prohíbe los cultivos genéticamente modificados, este acuerdo regula los OGE
PERÚ	Reglamento de la Ley N° 29811, que establece la moratoria al ingreso y producción de Organismos Vivos Modificados (OVM) hasta 2035	Según el Ministro de Agricultura, aunque Perú tiene una moratoria a los organismos vivos modificados, se excluye de ésta a los OGE
CHILE	Resolución 1.523/2001	Marco regulatorio para la internación e introducción al medio ambiente de organismos vegetales vivos modificados de propagación.
BRASIL	Resolución CTNBio-No. 16, (RN 16)2018 ,para TIMP (tecnologías de mejoramiento de precisión) y RN21 para microorganismos	Marco regulatorio de la edición genética para el mejoramiento vegetal.
PARAGUAY	Resolución MAG 842-2019	Aprueba un formulario para consulta previa para productos obtenidos mediante “Nuevas Técnicas de Mejoramiento” para determinar si requiere una evaluación de riesgos
URUGUAY	Decreto N° 84/024	Establece un mecanismo para determinar si se aplica la norma para OGM a los productos obtenidos a través de “nuevas tecnologías de mejoramiento”.
ARGENTINA	Resolución 21/2021	Establece los procedimientos para determinar si organismos obtenidos por “Nuevas Técnicas de Mejoramiento” están en el marco de la Resolución N° 763 – 2011 que norma los OGM

Fuentes: Hernández-Soto y Gatica-Arias (2024) y Wray Cahen et al (2024)

Existen también algunos acuerdos regionales como el existente entre Guatemala, Honduras, El Salvador (RT 65.06.01:18 GT-HN-SV)

Declaración de cooperación Sudamericana sobre biotecnología de precisión (WTO-G/SPS/GEN/699, entre Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay.

Declaración de la OMC sobre biotecnologías de precisión (WTO-G/SPS/GEN/1658/rev.3), entre Argentina, Australia, Brasil, Canadá, República Dominicana, Reino Unido, Honduras, Paraguay, Estados Unidos y Uruguay.

La posición impuesta por sectores afines a la expansión desregulada de las semillas controladas por corporaciones, es que estos nuevos organismos manipulados genéticamente, no pasen por los mismos procesos regulatorios que los “antiguos” cultivos transgénicos. En algunos sistemas regulatorios las comisiones de bioseguridad deben decidir “caso a caso” si los organismos resultantes de estas nuevas tecnologías son transgénicos o productos de la modificación genética, o son convencionales, y si deben pasar por las regulaciones de bioseguridad.

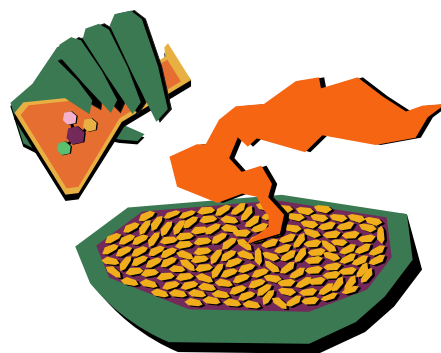
En países como el Ecuador, donde hay una prohibición constitucional a los cultivos transgénicos, y Perú donde hay una moratoria por 10 años, se están obviando los organismos resultantes de estas nuevas tecnologías. En México, donde la siembra de maíz transgénico está prohibida en la Constitución, las secretarías de agricultura, y de ciencia y tecnología, promueven que el maíz editado genéticamente no sea considerado transgénico.

Está claro que la tendencia “regulatoria” sobre estas nuevas formas de manipulación genética es la “no regulación”, un grave retroceso en la protección de la salud y el ambiente.



Arroz manipulado

Peligro que nace en el cultivo y llega hasta nuestras mesas.



GERMÁN VÉLEZ *

El arroz es uno de los alimentos más importantes para más de la mitad de la población mundial, especialmente en Asia, Latinoamérica y África. Tiene un genoma relativamente pequeño y fue el primer cultivo importante en la alimentación humana al que se le secuenció completamente su genoma, por ser más fácil manipular con mayor precisión su genoma. Esto ha facilitado el desarrollo de la edición génica, mediante tecnologías como CRISPR/Cas9, que se pueden aplicar a otros cereales como el trigo y el maíz. La edición de genes en el cultivo de arroz, han generado preocupación y debate, ya que conlleva riesgos y posibles impactos adversos ambientales, para la salud humana y socioeconómicos.¹

RIESGOS AMBIENTALES

- El flujo de genes editados a través de la polinización cruzada (por ejemplo, de genes editados que confieren resistencia a herbicidas) podrían llegar a variedades criollas o parientes silvestres o a malezas como el "arroz rojo", lo que podría crear supermalezas resistentes, que obligaría a los agricultores a usar herbicidas más potentes o en mayor cantidad.

- La adopción a gran escala de una variedad de arroz editada genéticamente podría llevar a la *pérdida de la diversidad genética*, puesto que si los agricultores abandonan las variedades nativas en favor de una única variedad comercial; también los sistemas agrícolas podrían volverse más vulnerables a nuevas plagas o enfermedades o a eventos climáticos extremos.
- *Efectos no deseados o "fuera de objetivo" (off-target)*, existe el riesgo de que la edición cause cambios genéticos no intencionados en otras partes del genoma de la planta, lo que podría tener consecuencias impredecibles en su crecimiento, rendimiento o en la composición del grano.

RIESGOS PARA LA SALUD HUMANA

La modificación de genes en el arroz podría *alterar la composición bioquímica del arroz*, lo que generaría posibles reacciones alérgicas o toxicidad con efectos inesperados en la salud. Para el caso de variedades editadas tolerantes a herbicidas, podría aumentar el uso de herbicidas y una mayor presencia de residuos químicos en el suelo, el agua y en el grano de arroz, lo que podría tener impactos negativos a largo plazo en la salud.

* Germán Vélez es ingeniero agrónomo, fundador y director del Grupo Semillas, Colombia. Correo: german@semillas.org.co

¹ Bravo, Elizabeth, 2025. Cortando y pegando genes para manipular la vida. La edición génica. Sus peligros y normativa en América Latina. Acción Ecológica, Naturaleza con Derechos, Alianza Biodiversidad.

IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS Y DE BIOSEGURIDAD

- *Las patentes asociadas a las variedades de arroz editado genéticamente* podrían consolidar el control de la cadena de producción en manos de unas pocas empresas biotecnológicas y la dependencia de los agricultores a la compra de un paquete tecnológico que incluye las semillas y los herbicidas.
- *Falta de transparencia y participación:* La clasificación de los cultivos editados genéticamente como "convencionales" por algunas regulaciones nacionales, puede eludir la participación pública y el debate sobre los riesgos y beneficios de estas tecnologías. Esto genera desconfianza y preocupación sobre el derecho de los consumidores a elegir qué alimentos consumen.
- *Contaminación de variedades nativas y criollas,* mediante la polinización cruzada con las variedades editadas genéticamente, lo que podría generar que los agricultores pierdan sus variedades tradicionales y se afectaría sus bienes comunes y su soberanía alimentaria.

Un estudio, sobre las características moleculares y el rendimiento de producción de mutantes SD1 (semi-enanos 1) generados por CRISPR/Cas9² revelaron que se presentaron mutaciones en el objetivo y fuera del objetivo y también elementos exógenos en plantas independientemente de la presencia o ausencia de Cas9, mientras que algunas líneas mostraron patrones hereditarios inesperados de Cas9 o algunos elementos exógenos. El estudio evidenció que el sistema CRISPR/Cas9 es eficaz en la producción de mutantes homocigotos para el análisis funcional; pero podría no ser tan preciso como se espera en el arroz. Los autores plantean que sería necesario realizar una caracterización y un cribado molecular tempranos y precisos durante varias generaciones antes de pensar en una transición del sistema CRISPR del laboratorio al campo.

INVESTIGACIONES EN AMÉRICA LATINA SOBRE EDICIÓN GENÉTICA DE ARROZ

Estas investigaciones se han enfocado principalmente en el desarrollo de variedades de arroz con la meta de conferir resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia al estrés ambiental y optimización de algunos rasgos agronómicos.

COLOMBIA

La Alianza Bioersity International - CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) ha hecho varias investigaciones en edición genética en arroz, mediante la técnica CRISPR/Cas9, sobre resistencia a enfermedades, especialmente investigan arroz resistente al tizón bacteriano (causado por la bacteria *Xanthomonas oryzae*); también edición del gen GN1A, que se busca aumente la cantidad de granos por planta. Buscan también desarrollo de variedades con mayor eficiencia fotosintética, tolerancia a sequía, a la salinidad y reducción de metales pesados; variedades con mayor eficiencia en el uso de fósforo en el suelo; variedades con esterilidad masculina y femenina; también mejoramiento de la calidad nutricional del grano de arroz, granos con mayor contenido de amilopectina. Las promesas son muchas, pero los resultados en campo no necesariamente confirman las expectativas.

En 2020, el Instituto Colombiano Agropecuario ICA aprobó el uso del arroz resistente al tizón bacteriano, una plaga causada por la bacteria *Xanthomonas oryzae* (*Xoo*). Esta decisión fue tomada en conjunto con la Inspección Sanitaria de Animales y Plantas (APHIS) del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). Para la aprobación de estas plantas, se partió de la consideración que la modificación genética que no contiene ADN foráneo no son consideradas como organismo transgénico, por lo que no están reguladas bajo las regulaciones de bioseguridad de organismos vivos modificados (OVM). Por tanto, se aprobó como producto de técnicas convencionales de mejoramiento.

La enfermedad del tizón bacteriano activa la expresión de genes que promueven la sobreproducción de azúcares, que bloquean el sistema vascular y que

² Sukumar Biswas, Jiaqi Tian, Li Rong, Xiao Fei Chen, 2020. La investigación de mutantes de arroz SD1 inducidos por CRISPR/Cas9 destaca la importancia de la caracterización molecular en el mejoramiento molecular de plantas. Revista de Genética y Genómica 47(5) Mayo de 2020.

pueden llevar a la muerte de la planta. Mediante la edición de algunos genes, se interrumpió la sobreproducción de azúcares, lo que resultó en una planta resistente a la infección de la bacteria. Esta enfermedad se ha presentado especialmente en la región subsahariana de África y en Asia, pero no tiene presencia virulenta en América. En Colombia esta enfermedad aún no ha sido detectada y no se ha reportado aún en el país que autorizó la siembra comercial del arroz resistente al tizón. Por tanto no hay ninguna demostración de que tal manipulación genética fuera efectiva.

AGROSAVIA en Colombia está desarrollando investigaciones en colaboraciones con la Universidad de Cornell, la Universidad de Minnesota y el USDA-ARS, con tecnologías de edición de genomas que involucran el sistema CRISPR-Cas9. Se está investigando en arroz para tolerancia a estreses abióticos, particularmente la eficiencia en el uso del fósforo y la calidad del grano en cultivares adaptados a las condiciones de suelos ácidos de la Altillanura de los Llanos Orientales de Colombia.

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) expidió la Resolución 22991/2022³ que estableció el procedimiento para determinar si las aplicaciones desarrolladas utilizando técnicas de edición génica son Organismos Vivos Modificados o no (OVM). Esta evaluación se enfoca en si el producto final contiene secuencias de ADN exógeno o no. Si el producto cumple con la definición de ser un OVM, tendrá que atravesar el marco regulatorio existente para OVM bajo el decreto 4525, lo que incluye una evaluación de riesgo y pruebas de campo. Si se determina que el producto no es un OVM, será tratado bajo la regulación de cultivos convencionales existentes, como ya sucedió con el arroz editado genéticamente.

ECUADOR

Ministerio de Agricultura y Ganadería -MAG aprobó en mayo de 2025 la comercialización de una *variedad de arroz tolerante a los herbicidas HT1 y HT3* obtenidas mediante tecnología de edición génica, propiedad de la empresa Cibus Inc. Esta variedad editada le permitiría a los agricultores aplicar herbicidas más fuertes y en mayor cantidad, para controlar malezas sin afectar

el cultivo de arroz. Esta empresa planea introducir este cultivo de arroz tolerante a herbicidas en los mercados latinoamericanos. El MAG determinó que esta variedad de arroz, al ser el resultado de un "mejoramiento de precisión" que no introduce ADN foráneo, puede ser regulada como una semilla convencional. Esto le permite el registro y la comercialización sin tener que pasar por el estricto proceso de aprobación que la Constitución de Ecuador exige para los organismos genéticamente modificados (OGM).

Las organizaciones de la sociedad civil denuncian que la aprobación se realizó sin una consulta pública ni un debate nacional, lo que vulnera el derecho de la ciudadanía a decidir sobre su alimentación y el modelo agrícola del país; argumentan que se está violando la Constitución de Ecuador que prohíbe el uso de semillas y tecnologías genéticamente modificadas que representen un riesgo para la salud, el medio ambiente o la soberanía alimentaria. También existe el riesgo que la siembra de este arroz editado para resistencia a herbicidas, conlleve al uso masivo de los herbicidas a los que es resistente y genere malezas super resistentes; adicionalmente estos eventos incorporados mediante la edición genética podrían contaminar a las variedades nativas o criollas de arroz.⁴

PARAGUAY

Ha dado luz verde a la liberación de dos variedades de arroz (AR-BH-Do1 y AR-BH-Do2) desarrolladas con tecnología de edición genómica, que pertenecen a la empresa argentina BioHeuris⁵, cuya representación realiza en el país la empresa paraguaya Urgos. Estas variedades se caracterizan por modificar los genes de la propia planta para ser resistentes a herbicidas, específicamente a los del grupo de las imidazolinonas, para que el herbicida no tenga efecto en la planta, permitiendo su aplicación para controlar las malezas sin dañar el cultivo de arroz.

³ Resolución ICA. 22991/2022. "Procedimiento para el trámite ante el ICA de las solicitudes de nuevos productos obtenidos por innovación en mejoramiento genético, con el fin de determinar si corresponden a organismos vivos modificados (OVM) o a organismos convencionales"

⁴ Acción Ecológica, 2025. El arroz ecuatoriano está en riesgo. Boletín de prensa 15/5/2025, <https://www.accionecologica.org/el-arroz-ecuatoriano-esta-en-riesgo/>

⁵ BioHeuris, Fundada en 2016, se especializa en desarrollar cultivos que toleren herbicidas, un modelo de negocio que perpetúa la dependencia del agronegocio de los agrotóxicos. En su descripción la empresa señala la utilización de una combinación de Biología Sintética para identificar mutaciones de resistencia y Edición Genética para incorporarlas en los cultivos.

Esta liberación se basó en el argumento de la carencia de presencia de organismos genéticamente modificados en el producto final, con lo cual la Comisión Nacional de Biotecnología (CONBIO) ha instado a manejar tales materiales como si fueran convencionales, que no requieren ser regulados. El proceso de aprobación se realizó mediante una simple nota firmada por el director general de Planificación del MAG (Nota DGP N° 247/2025), en representación de CONBIO.

Grupos de la sociedad civil han expresado su preocupación por la aprobación de estas semillas⁶, señalando la falta de información para consumidores y productores, así como la ausencia de un marco regulatorio adecuado que evalúe de forma independiente los riesgos, lo que podría afectar la soberanía alimentaria del país, y se abriría la puerta a tecnologías que no son debidamente controladas y que pueden alterar los sistemas alimentarios locales.

ARGENTINA

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), y la Universidad Nacional de Quilmes, investiga en edición genómica del arroz para mejorar la adaptación a condiciones de estrés, como la toxicidad del suelo y las altas temperaturas nocturnas, que afectan negativamente el rendimiento del arroz. También buscan cambiar el contenido de almidón en los granos.

BRASIL

Embrapa (Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria) y diversas universidades; se han centrado en la edición genética de microorganismos utilizados en el control biológico de plagas, con la meta de hacerlos más efectivos y resistentes a condiciones ambientales, por ejemplo, uso de microorganismos editados para

controlar al tizón del arroz, enfermedad causada por el hongo *Magnaporthe oryzae*. También investiga en variedades de arroz que toleren el aumento de las temperaturas nocturnas y el estrés por deshidratación⁷, y en el desarrollo de variedades de arroz que aumentarían la eficiencia de la producción.

COSTA RICA

La Universidad de Costa Rica a través del Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM) y la Universidad TEC trabajan en edición genética en plantas de arroz para conferirle la capacidad de resistir condiciones como la sequía y la salinidad.

CONCLUSIONES

La edición genética es imprecisa, sus resultados son incontrolables y existe el riesgo que puede provocar mutaciones imprevistas, reordenamientos e inserciones en los sitios de destino y fuera de ellos en el genoma. Estos cambios podrían causar alteraciones en la función de los genes, en la composición de las plantas que podrían provocar toxicidad o alergenidad.

Dados los riesgos e incertidumbres que conlleva la edición genética, es inaceptable debilitar las regulaciones que rigen las técnicas de manipulación genética. Por el contrario, los protocolos existentes para la evaluación de riesgos de los OGM deben ampliarse y reforzarse para tener en cuenta los riesgos particulares de la edición genética.⁸ Las crisis climática y de sostenibilidad exigen que se implementen soluciones agroecológicas de eficacia probada para los problemas de nuestros sistemas alimentarios y agrícolas, en lugar de seguir enfoques de edición genética arriesgados y costosos.

⁶ BASE-is, 2025. Paraguay abre las puertas al arroz editado genéticamente, una amenaza a la soberanía alimentaria [1]

⁷ Nizolli, V.O. y Costa de Oliveira, Antonio, 2023 "Genome editing in rice: current advances and future perspectives", revista CABI Reviews, 2023. Universidad Federal de Pelotas, Brasil.

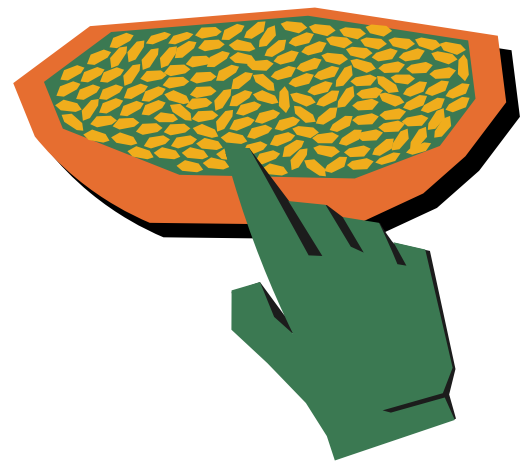
⁸ Claire Robinson, MPhil, Michael Antoniou, Franziska Achterberg, 2021. Mitos y realidades de la edición genética. Gene Editing Myths and Reality. A guide through the smokescreen. The Greens/EFA. GMWatch.org

El arroz es un alimento fundamental en el sistema agroalimentario global. Con el arroz editado genéticamente se busca consolidar el control corporativo de la producción y generar una mayor dependencia de los agricultores a los paquetes tecnológicos para el control de malezas, plagas y enfermedades, un enfoque que las tecnologías transgénicas convencionales ya han evidenciado que ha fracasado.

Las técnicas de edición genética son falsas soluciones, puesto que de ninguna manera contribuirán a que los sistemas alimentarios y agrícolas sean más resilientes a condiciones meteorológicas extremas y otras crisis externas. Al contrario, exacerbarán la pérdida de biodiversidad y no producirán alimentos más sanos, nutritivos y diversos para nuestros pueblos, ni permitirán mejores ingresos ni precios más justos para los agricultores.⁹

Estas nuevas formas de manipular y controlar la vida, la producción de alimentos y las materias primas, se presentan como “soluciones verdes y amigables” con el ambiente y con los consumidores, como una forma de no dejarnos ver los aspectos críticos y los falsos fundamentos sobre las cuales se sustentan estas tecnologías, que son los mismos que hemos visto con los cultivos transgénicos convencionales. Es por ello que estas técnicas deben prohibirse y se debe transitar hacia sistemas productivos más sostenibles, ecológica y socialmente justos.

MANIPULAR GENÉTICAMENTE EL ARROZ, UN ALIMENTO BÁSICO, ES UN ASALTO CORPORATIVO A NUESTRA ALIMENTACIÓN



⁹ Mayet, Mariam, 2022. La batalla por la regulación de las nuevas técnicas genéticas en Sudáfrica. Centro Africano para la Biodiversidad. <https://www.acbio.org.za/battle-over-regulation-new-breeding-techniques-south-africa>

Chile amasa engaños

La peligrosa promesa del trigo "alto en fibra" en nuestro pan

MARÍA ELENA ROZAS, RAP-CHILE *

El 25 de julio de 2025, el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de Chile, dio luz verde regulatoria a una nueva variedad de trigo harinero, editada genéticamente, siendo el primer trigo editado genéticamente con autorización para liberación en campo. El SAG lo clasificó como convencional, por tanto, permitió su avance a ensayos de campo y validación comercial. Como han informado las empresas dueñas de la patente, se podrá cultivar en el país sin restricciones adicionales durante un tiempo ilimitado.¹ El inicio de ensayos de campo está previsto para la temporada 2025/2026, como una etapa obligatoria previa a la comercialización.

En Chile, con un elevadísimo consumo de pan per cápita, estimado en más de 90 kilos de pan al año, los dueños de esta tecnología dan un paso más en el control de la alimentación. Además, sin ninguna regulación sobre etiquetado que acredite una mínima transparencia, los consumidores no tendremos el derecho a saber si el pan que llega a nuestras mesas está fabricado con trigo editado genéticamente-GM.

Los dueños de este trigo editado-GM (trigo genéticamente manipulado) son la empresa chilena Neocrop en alianza con la semillera nacional Chile Agroindustry Seeds Center-Campex Baer (Empresa Erik Von Baer,



miembro de la Asociación Nacional de Productores de Semillas, ANPROS) y la semillera argentina Buck Semillas. Lo promocionan como el primer trigo editado con CRISPR/Cas9 permitido en América, lo que abre nuevas vías para la biotecnología agrícola en Chile y en el continente.²

A la inversión privada, Neocrop Technologies, se sumó en 2023 más de USD \$710 mil obtenidos de fondos públicos debido a que la empresa cuenta con el apoyo de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), un servicio público que depende del Estado. Además, en 2023, se adjudicaron un proyecto de la Fundación para la Innovación Agraria, FIA, para desarrollar un trigo editado con tolerancia a sequía.

Neocrop Technologies trabaja con un software patentado de selección de genes, Neomics Miner* que funciona en combinación con un sistema de crecimiento acelerado en *speed-breeding* (fitomejoramiento a partir de selección rápida de genes), consistente en cámaras de crecimiento automatizadas con el fin de obtener varias generaciones de un cultivo dentro de un mismo año.

* La autora es coordinadora de la Red de Acción en Plaguicidas de Chile (RAP-Chile) rapal.contacto@gmail.com

¹ ChileBio Noticias, 2025, <https://chilebio.cl/2025/08/04/hito-regulatorio-chile-da-luz-verde-al-primer-trigo-editado-geneticamente-de-las-americas/>

² Centro de Biotecnología, 2025, <https://www.centrobiotecnologia.cl/general/chile-marca-un-hito-en-biotecnologia-agricola-con-el-primer-trigo-editado-geneticamente-en-america/>

La propiedad intelectual de este trigo-GM, se rige por leyes de patentes y derechos de obtentor,³ por tanto, les asegura un muy buen negocio. Cuando los socios del consorcio firmaron, en 2023, el acuerdo comercial para desarrollar el trigo-GM, establecieron, “igual repartición de los royalties (regalías) por las ventas”.⁴ Según informa el consorcio, el trigo editado es el “trigo del futuro” porque permitirá contar con un “pan blanco alto en fibras”, al que se le incrementó, específicamente, el almidón resistente (amilosa),⁵ pero intencionalmente no aclaran que las partes más ricas en fibra y otros nutrientes esenciales del trigo, el salvado y el germen, se eliminan en el proceso de refinamiento para obtener harina blanca.⁶

La industria biotecnológica y sus encargados de relaciones públicas han realizado en el país una amplia campaña de prensa y lobby para obtener la aprobación de las nuevas técnicas genómicas, y para que los agricultores las acepten como “beneficiosas ambientalmente y para la agricultura”. Omiten que los cultivos genéticamente modificados conllevan nuevos riesgos, amenazan a la biodiversidad y van en detrimento de cultivos antiguos o tradicionales que tienen excelentes propiedades nutricionales, debido a que son tolerantes a la sequía naturalmente o luego de largos procesos de adaptación en el medio, requieren poco o ningún riego, presentan muy pocas plagas y enfermedades y no conllevan ninguna de las incertidumbres que rodean a los cultivos modificados con la tecnología CRISPR/Cas9.

El trigo editado-GM, solo ha sido evaluado por SAG para determinar si se considera transgénico o no, por tanto, no tendrá que someterse a evaluaciones de riesgos antes de su introducción al ambiente. Además, fue aprobado con criterios arbitrarios impuestos por las propias empresas biotecnológicas, bajo la premisa de una supuesta “equivalencia”. Definir a plantas cuyo genoma ha sido manipulado, como equivalentes a plantas convencionales, carece de una base científica debido a que la aprobación se ha realizado sin

considerar estudios científicos que revelan que los organismos editados genéticamente conllevan impactos en la diversidad y riesgos por mutaciones, efectos “fuera del objetivo”, etc.⁷

En enero de 2026 el SAG realizó la Consulta Pública N° 31.216/2025 sobre el proyecto de Resolución que regulará el uso de NTG en la agricultura. Este proceso fue altamente cuestionado por grupos de interés de la sociedad civil debido a que desestima las advertencias científicas sobre los efectos negativos y riesgos potenciales para la biodiversidad de tecnologías como CRISPR/Cas9, no entrega certeza jurídica y propone, en cambio, clasificar a las NTG en función de si los cultivos son o no transgénicos mediante procedimientos rápidos, de bajo costo y basados principalmente en información proporcionada por las propias empresas desarrolladoras, sin una verificación independiente y robusta.

En Chile, la desregulación radical de las plantas obtenidas mediante “nuevas técnicas genómicas”, NTG, ha permite liberar a los reguladores de su responsabilidad de realizar análisis a los cultivos editados-GM, que permitan asegurar, antes de su introducción al ambiente, que los cultivos editados-GMs no contienen pequeños fragmentos de ADN extraño en su genoma, y eximir a las empresas dueñas de las patentes del cumplimiento de todas las normas de responsabilidad y de sus obligaciones de precaución, entre otras.

Hasta 2025 se ha evaluado la entrada de otros 63 cultivos editados-GM, según la información entregada por SAG, en respuesta a una consulta por transparencia realizada en el marco del “Acceso a la información pública”.⁸ Los casos evaluados corresponden a arroz, choclo, manzano, uva vinífera, soja o soya, canola, mostaza, sésamo, sorgo bicolor. Según SAG, “entre el año 2017 y el 4 de septiembre de 2025, se han registrado 71 casos de evaluaciones y la totalidad de las solicitudes evaluadas corresponden a etapas de investigación, por tanto, no se encuentran en fase de comercialización”. De los

³ Servicio Agrícola y Ganadero, SAG, Chile, <https://www.sag.gob.cl/ambitos-de-accion/registro-de-variedades-protégidas-proteccion-derecho-de-obtentor>

⁴ El Mercurio – Innovación / 1 de junio, 2023. Startup chilena firma acuerdos comerciales con dos semilleras para futura venta de trigo editado genéticamente alto en fibra. Ver en: <https://chilebio.cl/2023/06/01/startup-chilena-firma-acuerdos-comerciales-con-dos-semilleras-para-futura-venta-de-trigo-editado-geneticamente-alto-en-fibra/>

⁵ ChileBio Noticias, 2025, <https://chilebio.cl/2025/09/22/mas-saludable-startup-chilena-obtiene-luz-verde-para-el-primer-trigo-editado-geneticamente-en-argentina/>

⁶ Chilenos editan genéticamente trigo para que tenga más fibra: Ver en: <https://youtube.com/shorts/1YUBjoHNUk?si=Whg066ouPL4zTrP>

⁷ Críticas de la Red Europea de Científicos por la Responsabilidad Social y Medioambiental (ENSSER). En: https://www.ig-saatgut.de/media/ig_saatgut_-_analyse_verordnungsvorschlag_neue_gentechnik_final.pdf

⁸ Críticas de la Red Europea de Científicos por la Responsabilidad Social y Medioambiental (ENSSER). En: https://www.ig-saatgut.de/media/ig_saatgut_-_analyse_verordnungsvorschlag_neue_gentechnik_final.pdf

casos evaluados, 6 casos son variedades transgénicas (maíz y soja), sujetas a la Resolución Exenta N° 1.523 de 2001 sobre transgénicos, y 63 solicitudes corresponden a variedades editadas genéticamente pero que el SAG determinó que no son OGM, porque, según afirmó, no presentan genes de otra especie. A pesar de que los riesgos de los productos editados-GM no se limitan a la presencia de ADN extraño, el SAG no ha realizado ni ha exigido a los dueños de la patente analizar al trigo editado-GM mediante la secuenciación del genoma completo, que es lo que permitiría observar cambios genómicos imprevistos y que pueden ser riesgosos.

Además, Meristem, especializada en el desarrollo de nuevas variedades de cítricos editados genéticamente, desarrollará en Chile mandarinas y otras variedades genéticas propias. Según sus fundadores, “sólo unas pocas empresas en el mundo están aplicando esta tecnología en frutales, lo que convierte a Chile en uno de los países pioneros en el área”.⁹

No solo las ONGs socioambientales y agricultores ecológicos tienen una posición crítica frente a la aprobación del trigo editado-GM, también ha expresado su preocupación, la asociación Agricultores Unidos, AU, de la Región de Araucanía, donde se produce el 51% del trigo nacional. Según su presidente, Camilo Guzmán, la aprobación del trigo editado-GM, exige certezas jurídicas para proteger semillas nativas y resguardar el patrimonio agrícola nacional. Necesitamos, dice, “exigir reglas claras que eviten la contaminación genética, responsabilicen a quienes la provocan y compensen a los productores afectados”.¹⁰ Acusan al SAG de adoptar, “una medida de alto impacto, sin evaluar integralmente sus efectos sobre nuestras semillas, nuestros mercados y nuestra soberanía alimentaria”.¹¹

A la falta de transparencia respecto a los transgénicos y las nuevas técnicas de modificación genética, se suman regulaciones insuficientes o nulas. Los alimentos transgénicos no se rotulan, se les considera sustancialmente equivalentes a su contraparte convencional y los cultivos editados-GM se regulan como convencionales. El secretismo en torno a los OGMs, es otro obstáculo difícil de sortear.¹² Cabe recordar que, en 2009, a raíz de los perjuicios causados a los apicultores por la contaminación de la miel con polen de maíz y soja transgénico, la Red de Acción en Plaguicidas de Chile, presentó una demanda ante el Consejo para la Transparencia (CPLT), a raíz de la denegación del SAG de entrega de la información sobre la ubicación de los cultivos transgénicos.¹³ Esta acción legal fue el inicio de un largo y engorroso proceso, por la fuerte oposición de Monsanto y las semilleras, que culminó en 2012 cuando el CPLT ordenó al SAG poner fin al secreto.¹⁴ Esta decisión permitió a los apicultores conocer las especies y superficies sembradas con OGM más cercanas a un apiario y la implementación del Sistema Geográfico de Consulta Apícola Nacional, del SAG.

La concientización del consumidor sobre los riesgos y consecuencias perjudiciales de la edición genética para la salud y el ambiente, es esencial para difundir, al mismo tiempo, los beneficios del consumo de los trigos antiguos y tradicionales. Asimismo, para poder exigir el etiquetado de los productos editados-GM y terminar con el vacío legal promovido desde las corporaciones biotecnológicas mediante lobby y campañas agresivas de marketing bajo la falsa afirmación de que son similares a los cultivos convencionales.



⁹ Meristem revoluciona la fruticultura chilena con edición genética de vanguardia en cítricos. https://www.portalfruticola.com/noticias/2025/09/30/meristem-chile-citrico/?utm_campaign=191141e69d&utm_source=mailchimp&utm_medium=email&utm_content=604939&utm_term=cc37d2091a

¹⁰ Trigo editado genéticamente: AU exige certezas jurídicas para proteger semillas nativas. <https://www.litoralpress.cl/SimbiuPDF/2025/08/19/6109835.pdf>

¹¹ <https://araucaniadiario.cl/contenido/29197/agricultores-unidos-encaran-al-ministro-de-agricultura>

¹² Decisión A59-09 del CPLT en respuesta al recurso presentado por María Elena Rozas, el 3 de junio de 2009, por denegación de información. <https://www.consejotransparencia.cl/se-entrega-fallo-definitivo-en-caso-transgenicos/>

¹³ https://www.biodiversidadla.org/Noticias/Chile_apicultores_perderan_mercados_europeos_por_contaminacion_de_miel_con_transgenicos

¹⁴ Histórico fallo de Consejo para la Transparencia confirma el fin al secreto sobre transgénicos <https://olca.cl/articulo/nota.php?id=101611>

Bioinseguridad en Paraguay

Lucha contra transgénicos y edición génica



LIS GARCÍA, BASE IS *

LA “BIOSEGURIDAD” EN PARAGUAY

En Paraguay, la responsabilidad de introducir y liberar organismos genéticamente modificados (OGM) recae en la Comisión Nacional de Bioseguridad Agropecuaria y Forestal (CONBIO). Está compuesta por representantes de diversas instituciones estatales, aunque a partir del año 2012 el poder regulatorio se concentra en el Ministro de Agricultura y Ganadería (MAG) como instancia coordinadora que ejerce además el mandato de autoridad de aplicación de la misma. Esta comisión fue creada en el año 1997, y desde ese momento se ha caracterizado por un ejercicio regulatorio desorganizado y vertical, con una clara intervención de los intereses de las corporaciones transnacionales del agronegocio.¹

Ha pasado por una serie de cambios políticos e institucionales, especialmente tras el golpe de Estado que derrocó al gobierno de Fernando Lugo en 2012.² Este quiebre democrático puso fin a un breve ensayo de regulación interinstitucional que intentó un enfoque de precaución que frenara el avance transgénico.³ Como consecuencia directa del golpe se derogó toda la normativa vigente hasta ese momento sobre los procedimientos para la introducción y liberación de semillas transgénicas en el Paraguay.⁴ Esto se institucionalizó

con la creación de un nuevo marco legal a través de la promulgación del Decreto 9699/12, que instituyó una nueva Comisión de Bioseguridad, referida como CONBIO desde entonces.⁵

Esta arquitectura institucional permitió que en la práctica las decisiones de liberación de transgénicos dependan en última instancia del visto bueno de tan solo tres instituciones.⁶ Además, se han eliminado criterios específicos para la evaluación del impacto ambiental de los OGM, así como sobre la aptitud alimentaria, animal y la conveniencia comercial. A finales del 2012, el MAG firmó acuerdos de articulación con asociaciones internacionales como la Fundación de Investigación del Instituto Internacional de Ciencias de la Vida (ILSI por sus siglas en inglés), instituto financiado por corporaciones de la industria alimentaria, y otras donde se agrupan las principales corporaciones semilleras a nivel mundial, tales como la Federación Internacional de Semillas y la Asociación de Semillas de las Américas. El objetivo de esas alianzas consistió en facilitar el flujo comercial de semillas transgénicas a través de la estandarización de las reglas de aprobación de OGM entre países de la misma región.⁷

* Socióloga. Investigadora de BASE-IS, <https://www.baseis.org.py>, lis@baseis.org.py

¹ Palau, Tomás; Cabello, Daniel; Maeyens, An; Rulli, Javiera y Segovia, Diego. 2007. *Los refugiados del Modelo Agroexportador. Impactos del monocultivo de soja en las comunidades campesinas paraguayas*. Asunción: Base-Is

² Acción por la biodiversidad. 2020. *Atlas del agronegocio transgénico en el Cono Sur: Monocultivos, resistencias y propuestas de los pueblos*.

³ Hetherington, Kregg. 2023. *El gobierno de la soja. La regulación de la vida en la era de los monocultivos*. (Asunción: CEADUC).

⁴ Específicamente los Decretos N° 18.481/97, 12.706/08 y 6581/11.

⁵ González, S. (2015). Semillas transgénicas y agronegocios. Variedades y procedimientos para su aprobación. Con la soja al cuello 2015. https://www.baseis.org.py/wp-content/uploads/2015/12/2015Dic_ConLaSojaAlCuello.pdf

⁶ Art. 9 de la Resolución MAG N° 1348

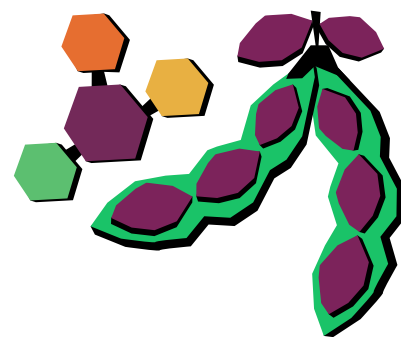
Sobre esta base normativa e institucional, la desregulación en la liberación de OGM se aceleró en los gobiernos sucesivos al proceso autoritario del año 2012. En el año 2015 se aprobó el tratamiento diferenciado para eventos apilados, con lo cual aumentó dramáticamente la aprobación de cultivos que combinaban características de modificaciones genéticas ya autorizadas. En el año 2019 el MAG promulgó resoluciones⁸ que le otorgan la potestad de aprobar eventos transgénicos que ya hayan sido liberados comercialmente en otros países, tan solo con la presentación de la constancia de evaluación en los mismos. Esto significó que las autoridades paraguayas redujeran su papel a un ejercicio meramente burocrático, sometiendo sus decisiones de bioseguridad a criterios desarrollados en terceros países en función a los intereses de las corporaciones transnacionales.⁹

Este proceso ha resultado en un incremento exponencial del número de liberaciones comerciales de eventos genéticamente modificados. Hasta junio de 2012 el único evento transgénico aprobado era la soja resistente al glifosato (RR1), pero para el 2025 el número de organismos genéticamente modificados aprobados se acerca a 74, 13 en cultivos de soja, 8 en algodón, 27 en maíz y uno en trigo. La mayor parte de ellos se caracteriza por presentar tolerancia hacia más de dos agrotóxicos altamente peligrosos. Además, desde el 2019 se han empezado a liberar organismos de edición genómica.

Este enfoque se fundamenta en argumentos contruidos por sectores cercanos al agronegocio que presupone que las modificaciones genéticas aplicadas a través de las nuevas técnicas de ingeniería genética podrían ser equivalentes a los procesos naturales.¹⁰ En base a ello, si la empresa declara que el producto final no contiene material genético foráneo, como un OGM, éste se registra como si fuera convencional, luego de una evaluación sin criterios definidos con claridad. Si la empresa solicitante declara la presencia de genes de

otras especies, la evaluación se alinea a la normativa vista previamente, caracterizada por su completa desregulación. Este sistema no utiliza listas predeterminadas de técnicas o sistemas de clasificación, lo que deja el proceso al arbitrio de la comisión de bioseguridad.

En este escenario, investigadores de la Universidad Nacional de Asunción (UNA), algunos con roles en la CONBIO, buscan la legitimación científica de los OGM argumentando que las regulaciones basadas en el método de obtención (ingeniería genética) son obsoletas debido a la existencia de "transgénicos naturales", con el objetivo explícito de flexibilizar aún más los marcos regulatorios. Basado en este enfoque el avance del agronegocio sigue su curso: en 2025 se aprobaron nuevos ensayos regulados de soja y maíz OGM de Bayer-Monsanto, los cuales serán ejecutados en un futuro cercano por el Instituto de Biotecnología Agrícola (INBIO), una entidad que tiene entre sus miembros a gremios conformados por las mismas corporaciones transnacionales (Bayer-Monsanto, Syngenta, BASF) que buscan su aprobación. Paralelamente, se intensifican los esfuerzos técnico-políticos para la introducción del trigo transgénico HB4, incluyendo un programa de "mejoramiento" desarrollado por INBIO y la promoción de investigaciones en biotecnología vegetal y edición genómica desde el Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas (CEMIT) de la UNA, en colaboración con instituciones académicas de Europa.¹¹



⁷ García, Lis. 2024. El mecanismo de liberación de semillas transgénicas bajo el control de las corporaciones transnacionales del agronegocio. *Informe especial* N° 71. Asunción: Base-Is

⁸ Específicamente la Resolución MAG N° 1030 que permitió la ampliación del Inc. C) del artículo 31 de la Resolución MAG N° 1348 a través del cual se reglamentó el nuevo marco regulatorio; y la Resolución MAG N° 1071 que reglamentó la anterior.

⁹ También en 2019, el MERCOSUR promulgó la Resolución 23/19, a partir de la cual se estableció un mecanismo para disminuir la ocurrencia de presencia en bajos niveles (PBN) de OGM entre los Estados parte, que tiene como uno de sus objetivos facilitar el comercio internacional de transgénicos, evitando lo que desde las corporaciones transnacionales denominan como "asincronía" de las aprobaciones entre los países.

¹⁰ Fernández Ríos, D., Benítez Candía, N., Quintana, S. A., Goberna, M. F., Nara Pereira, E., Arrúa, A. A., y Castro Alegría, A. 2025. Naturally transgenic plants and the need to rethink regulatory triggers in biotechnology. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2025.1600610>

¹¹ García, Lis. 2025. Avances sobre el control corporativo de las semillas. Con la soja al cuello 2025. Asunción: Base-IS

AUTORIZACIÓN DE LIBERACIÓN COMERCIAL EN PARAGUAY Y ALGUNOS GRAVES IMPACTOS PREVISTOS

Desde el 2019 a agosto del 2025 se han liberado al menos 25 eventos de edición genómica en Paraguay. Entre ellos se encuentran: 20 cepas transgénicas del microorganismo *Saccharomyces cerevisiae*, conocido comúnmente como “levadura de la cerveza”; 2 vacunas recombinantes veterinarias; 1 insecto, específicamente la *Spodoptera frugiperda* llamada coloquialmente “gusano cogollero”; y 2 variedades de arroz de edición genómica.

Las cepas transgénicas de *Saccharomyces cerevisiae* o levadura de la cerveza pertenecen a las empresas Novozymes (6), Danisco Brasil (7), Lallemand Specialities Inc. (5) y Proquitech S.A. (2). Las tres primeras tienen relaciones comerciales con Corteva, BASF y Monsanto respectivamente.¹²

En todos los casos la aprobación de estas cepas modificadas genéticamente tiene como destino la fabricación de etanol, producto de la agroindustria paraguaya que ha impulsado el avance extractivista en el territorio. Además, la liberación de cepas transgénicas del microorganismo *Saccharomyces cerevisiae* al ambiente es particularmente riesgosa e impredecible, tanto por su capacidad de mutaciones, ya que la transferencia horizontal de genes a otros microorganismos es común, como por el hecho de que es imposible darle seguimiento en el medioambiente. Por lo tanto, representa una amenaza para el equilibrio de los ecosistemas ya que forma parte de los seres vivos que conforman la base de la fertilidad del suelo y del ciclo de nutrientes. También se ubica como un potencial peligro para la salud humana, ya que este microorganismo constituye un componente transitorio de las microbiotas digestiva y cutánea humanas; además es utilizado cotidianamente en la elaboración de alimentos altamente consumidos como el pan y la cerveza.¹³

En el caso del evento transgénico del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), fue desarrollado por la empresa Oxitec, y tiene como característica la incorporación de un gen autolimitante que impide que las hembras de su descendencia alcancen la madurez y se reproduzcan. Este evento, fue liberado comercialmente en Paraguay en 2024 sin comunicación ni debate público. Se presenta como una solución frente al fracaso de la primera generación de transgénicos – especialmente el maíz transgénico BT al cual adquirió resistencia este insecto, pero tanto la tecnología como la liberación al medio ambiente está plagada de incertidumbres. La empresa Oxitec ha hecho anteriormente experimentos con insectos con genes autolimitantes en Brasil y África, que han resultado en problemas graves en el medio ambiente, además de ser un fracaso desde el punto de vista de control de enfermedades.¹⁴

La liberación de las vacunas recombinantes destinadas a la producción avícola también plantea nuevos riesgos y grandes incertidumbres, por ejemplo, no se puede asegurar, ni mucho menos controlar, el efecto que tales organismos genéticamente modificados tendrán en el material genético de los pollos destinados a la alimentación humana. El funcionamiento desregulado de la bioseguridad y el demostrado hecho de que no tiene en cuenta el interés público ni los riesgos de salud animal o humana, empeora la situación.

A puertas cerradas, sin debate público, ni la mínima mención informativa se aprobó en agosto del 2025 el registro de dos variedades de arroz de edición genómica (AR-BH-Do1 y AR-BH-Do2) como si se tratara de semillas convencionales en el Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas (SENAVE).¹⁵

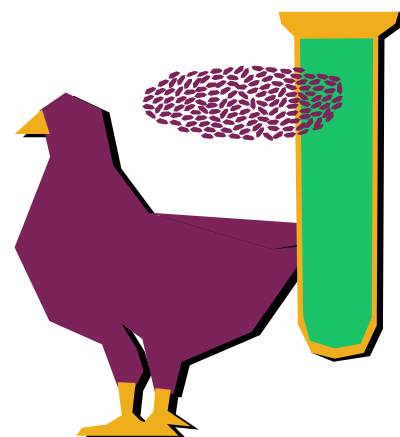
¹² García, Lis. 2024. Corporaciones del agronegocio, privatización de semillas y otros organismos vivos. *Con la soja al cuello 2024*. Asunción: Base-Is

¹³ Suárez-Machín, C; Garrido-Carralero, N; Guevara-Rodríguez, Carmen A. 2016 Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar (Ciudad de La Habana: Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar

¹⁴ Ribeiro, Silvia. 2019. *Mosquitos transgénicos fuera de control*. Biodiversidad en América Latina. <https://www.biodiversidadla.org/Recomendamos/Mosquitos-transgenicos-fuera-de-control>

¹⁵ Hasta agosto de 2025 desde el Departamento de Protección y Uso de Variedades de la Dirección de Semillas del SENAVE informan que “no cuenta con registros, informes u otros documentos de organismos que han sido desarrollados utilizando las Nuevas Técnicas de Mejoramiento (NBT), también conocidas como técnicas de edición genómica. Además, no se han iniciado gestiones para los Registros Nacionales de Cultivares Protegidos y Comerciales de la especie de ARROZ con NBT”. Fuente: https://informacionpublica.paraguay.gov.py/public/2025/1756385577_1_respuestameu4914.pdf

CUENTA DE EVENTO LIBERADO		AÑO						GRAND TOTAL
ORGANISMO	EMPRESA	2019	2020	2021	2023	2024	2025	
		9	0	1	3	4		
Arroz	Empresa URGOS, en representación de BIOHEURIS S.R.L.						1	1
Arroz Total							1	1
Saccharomyces cerevisiae	Danisco Brasil Ltda.				3			4
	Danisco Brasil Ltda.			2				3
	Lallemand Specialities Inc.			3			1	3
	Lallemand Specialities, Inc				2	1		2
	Novozymes Latin America Ltda						2	2
	Novozymes Latin America Ltda.			3	1			4
	Proquitec S.A.	1	1					2
Saccharomyces cerevisiae Total		1	1	8	6	1	3	20
Spodoptera frugiperda	OXYTEC					1		1
Spodoptera frugiperda Total						1		1
Vacuna	Logistik Servicios Corporativos S.A.			1				1
Vacuna Total				1				1
Vacuna recombinante veterinaria (avícola)	Schering Plough S.A.						1	1
Vacuna recombinante veterinaria (avícola) Total							1	1
Grand Total		1	1	8	7	2	5	24



Ambas variedades pertenecen a la empresa argentina BioHeuris, cuya representación realiza en el país la empresa paraguaya Urgos. Tal como ocurrió en el caso de Ecuador, esta liberación se basó en el argumento de la no presencia de organismos genéticamente modificados en el producto final, con lo cual la CONBIO ha instado a manejar tales materiales como si fueran convencionales.¹⁶ Esta determinación se estableció a partir del parecer elaborado por un Grupo Ad Hoc, creado para el análisis del Expediente en cuestión, con representantes afines a los intereses del agronegocio, sin participación de otros sectores, en base al marco normativo desregulado que antecedió a este proceso.¹⁷

Los detalles específicos de los organismos editados de arroz liberados en Paraguay no se encuentran aún disponibles de manera pública. Sin embargo, la naturaleza de la empresa que los produce revela un enfoque claro: desarrollo de cultivos tolerantes a herbicidas, los ya usados y otros nuevos, también altamente tóxicos. El sigilo autoritario de este proceso visibiliza que las/os consumidoras/es no sabrán que se trata de un arroz con modificaciones genéticas, cultivado con agrotóxicos altamente peligrosos para la salud y los ecosistemas. Este modelo refuerza la lógica del monocultivo transgénico tradicional con uso intensivo de agrotóxicos, lo que representa la profundización del modelo extractivista que atenta contra la soberanía alimentaria y salud humana, animal y ambiental en el país y la región.

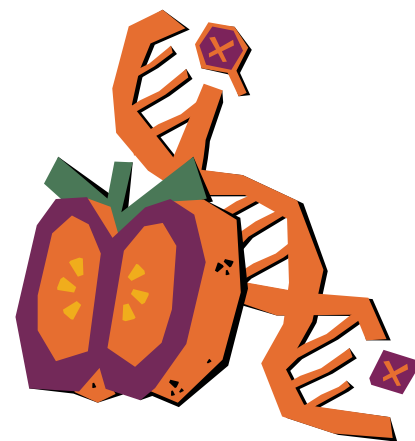
ORGANISMOS Y EMPRESAS	2019	2020	2021	2023	2024	2025	TOTAL GENERAL
Saccharomyces cerevisiae	1	1	8	6	1	3	20
Danisco Brasil Ltda.				3	1		7
Lallemand Specialities Inc.			3				5
Novozymes Latin America Ltda						2	6
Proquitec S.A.	1	1					2
Spodoptera frugiperda					1		1
OXYTEC					1		1
Vacuna recombinante veterinaria							2
Logistik Servicios Corporativos S.A.				1			1
Schering Plough S.A.						1	1
Arroz							2
Empresa URGOS, en representación de BIOHEURIS S.R.L.						2	2
Total general							24

¹⁶ El dictamen técnico de la CONBIO manifiesta explícitamente: “Por tal motivo, el desarrollo del producto tal como fue descrito en el Formulario 3 remitido a la CONBIO, no se encuentra dentro del ámbito del Decreto N° 9699/2012 y sus Resoluciones pertinentes, por lo tanto, puede ser manejado como material convencional, no regulado”. (CONBIO, 2025)

¹⁷ López, M. del C. (2025, abril). Entrevista Coordinadora de CONBIO en el MAG [Personal].

Argentina, ensayo a cielo abierto

De los transgénicos a la edición génica



FERNANDO FRANK *

Argentina fue uno de los primeros países del mundo en aplicar la tecnología de la transgénesis en cultivos agrícolas, a partir del año 1996, con la introducción de la soja resistente al glifosato. En mayo del año 2015 nuestro país se convirtió en el primero en el mundo en aprobar una normativa para las manipulaciones genéticas realizadas con las llamadas “Nuevas técnicas de mejoramiento aplicables a vegetales” (NBT, por sus siglas en inglés), a través de la Resolución 173/2015¹ de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. En esa resolución se establece que las plantas manipuladas mediante estas técnicas, en los casos en que la autoridad regulatoria lo determine, no deberán pasar por las evaluaciones previstas para los cultivos transgénicos.

Las empresas desarrolladoras de la tecnología ven a las evaluaciones de transgénicos como un proceso largo, caro y trabado burocráticamente. Consideran que les hace perder tiempo, recursos y oportunidades de negocios. Desde la perspectiva de las organizaciones críticas en el campo argentino y en el Cono Sur, las evaluaciones están completamente viciadas por los conflictos

de interés, no tienen en cuenta las voces críticas de consumidores/as, agricultores/as, defensoras/es de la Naturaleza, etc.² Con una concepción acorde a la tecnocracia capitalista, el Estado argentino plantea que las evaluaciones tienen que estar en manos de “expertos” en ciertas disciplinas, en particular agronomía e ingeniería genética. Pero no incluyen a voces expertas, de estas mismas disciplinas, con visiones críticas a las aprobaciones e implementaciones de los transgénicos en agricultura. Tampoco son escuchadas las voces que representan críticas desde la cultura, la economía, las ciencias sociales, etc.³

LOS TRANSGÉNICOS EN EL CAMPO ARGENTINO

El fortalecimiento del extractivismo en el campo argentino de la mano de los agronegocios produjo una transformación muy profunda. En palabras de Andrés Carrasco, “*Lo que sucede en Argentina es casi un experimento masivo*”.⁴ En esta expresión podemos ver que lo que debería haberse estudiado en ambientes controlados

* **Fernando Frank, es ingeniero agrónomo, especialista en agroecología y soberanía alimentaria. Es docente e investigador de la Universidad Nacional de San Luis, Argentina, y miembro de la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad y la Naturaleza en América Latina (UCCSNAL) Correo: fernando.frank80@gmail.com**

¹ Normativa disponible en <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-173-2015-246978>

² Randa, D. 2017. Conabia 2017: la corrupción transgénica. En Revista Mu N°112. Disponible en <https://www.lavaca.org/wp-content/uploads/2017/06/mu112.pdf>

³ Poth, C. 2017. La inserción del conocimiento científico en los organismos estatales y las políticas públicas: el caso de la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA) y las regulaciones sobre bioseguridad en semillas transgénicas en Argentina, 1991-2010. Tesis doctoral. Disponible en <https://repositorio.sociales.uba.ar/items/show/1054>

⁸⁵⁴ Entrevista de Darío Aranda a Andrés Carrasco, diario Página 12, 3 de mayo de 2009. Disponible en <https://www.paginat2.com.ar/diario/elpais/1-124288-2009-05-03.html>

en términos experimentales, se masificó y se experimentó “a cielo abierto”, sobre los territorios y en los cuerpos. Hoy, que estos cultivos ya se han integrado masivamente al sistema de agronegocios, podemos observar sus consecuencias al analizar la situación actual. Argentina hoy cultiva millones de hectáreas con cultivos transgénicos, principalmente de soja y maíz. También hay eventos transgénicos aprobados para algodón, papa, alfalfa, cártamo y trigo.⁵

Los transgénicos en nuestro país fueron parte fundamental del desarrollo de los agronegocios, y produjeron una transformación del agro muy negativa y con daños muy evidentes. Entre estos podemos listar: un crecimiento continuo del uso de agrotóxicos (principalmente herbicidas), la deforestación de grandes extensiones (principalmente en regiones del llamado “Gran Chaco americano”), concentración en el uso y tenencia de la tierra y otros medios de producción, desalojos de familias campesinas y/o indígenas, reemplazo de cultivos de pastos de sistemas mixtos agrícolas ganaderos por monocultivos anuales, degradación de los suelos, degradación de la alimentación en diversidad y calidad, contaminación de aguas, etc.⁶

La especialización de la agricultura argentina en monocultivos de granos (soja, maíz y trigo) es evidente. Los destinos principales de estos granos son la exportación directa de granos y derivados (harinas, aceites, etc.), la ganadería industrial, los agrocombustibles, la industria de comestibles ultraprocesados y los alimentos para mascotas. Como vemos, el foco no está puesto en la alimentación sino en los negocios.⁷ Una gran proporción de los granos tiene destinos no alimentarios: exportación directa, forraje de ganadería industrial, combustibles y alimentos de mascotas. Por medio de la ganadería industrial se producen a su vez, alimentos con impactos negativos en la salud de las personas y de los ecosistemas. Los comestibles ultraprocesados son los responsables directos de la pandemia de enfermedades crónicas no transmisibles que transitamos. La agricultura transgénica tiene un impacto muy negativo sobre el país.

MANIOBRAS PARA EVADIR LA EVALUACIÓN DE LA EDICIÓN GÉNICA

Las técnicas de manipulación de la información genética de los organismos desarrolladas posteriormente a las usadas para transgénesis en la décadas de 1990-2000, son vendidas por sus promotores como seguras, precisas, rápidas y positivas. Desde el pensamiento crítico consideramos que estas afirmaciones deben ser probadas en ambientes controlados, antes de ser aprobadas para liberación y comercializadas. Pero no vemos interés en estudiar los riesgos posibles y probables por parte del Estado argentino.

Cuando analizamos la legislación que citamos en la introducción, vemos que el Estado, la ciencia funcional a la industria y las empresas mismas, buscan intencionalmente confundir y forzar las interpretaciones de las definiciones. Por ejemplo se dice que un Organismo Vegetal Genéticamente Modificado (OVGM) es “aquel organismo vegetal que posea una *combinación de material genético* que se haya obtenido mediante la *aplicación de la biotecnología moderna*”.⁸ Si hacemos una lectura literal de esta definición, claramente una modificación por medio de edición génica, independientemente de la técnica y de la adición o no de material extraño a la especie modificada, será un Organismo Vegetal Genéticamente Modificado. Por lo tanto debería ser estudiado en sus riesgos y daños probables y posibles, antes de ser liberado a los ambientes y a los mercados.

Cuando vemos la definición de “transgénico” vemos que se refiere a “la inserción en el genoma vegetal en forma estable y conjunta, de uno (1) o más genes o secuencias de ADN que forman parte de una construcción genética definida”. Si se “edita” y no se inserta material genético foráneo, se podría decir que no hubo “inserción”. Pero nunca se puede concluir que no haya habido “modificación”.⁹

La normativa argentina prevé que la evaluación se deberá hacer “caso por caso a los fines de determinar si los mismos se encuentran comprendidos en la regulación aplicable a los Organismos Vegetales

⁵ Listado completo de eventos aprobados, con cultivo, característica introducida, nombre del evento, empresa solicitante, fecha y documento del acto administrativo, disponibles en <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/alimentos-y-bioeconomia/ogm-vegetal-eventos-con-autorizacion-comercial>

⁶ Desarrollamos muchos de estos aspectos, también para otros cuatro países del Cono Sur (Brasil, Bolivia, Paraguay y Uruguay) en el “Atlas de los agronegocios transgénicos en el Cono Sur”, disponible en <https://www.biodiversidadla.org/Atlas>

⁷ Desde esta perspectiva crítica, y considerando las resistencias y propuestas desde una mirada de Soberanía alimentaria, escribimos con Marcos Filardi “Alimentación en Argentina: entre los derechos y los negocios”, publicado en 2022. Disponible en <https://www.biodiversidadla.org/Recomendamos/Alimentacion-en-Argentina-entre-los-derechos-y-los-negocios>

⁸ Resolución N° 701/11 del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Disponible en https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/biotecnologia/solicitudes/_experimental/archivos/resolucion%20OVGM%20701-2011.pdf

⁹ “Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/inase/biotecnologia/glosario-biotecnologico>”

Genéticamente Modificados (OVGM) o por el contrario, *no se encuentran alcanzados por la misma*". Esta formulación es, como mínimo, problemática. Entendemos que la expresión "caso por caso" en otros contextos puede sonar a un estudio pormenorizado y a una regulación más exigente. Pero, por lo que vemos en concreto, se busca eludir las evaluaciones, a partir de poder demostrar que los organismos a evaluar no tienen ADN de otra especie. Así lo explica la investigadora Gisele Bilañski: "Argentina fue el primer país del mundo en establecer que los organismos que resulten de nuevas técnicas de edición genética (GE, en sus siglas en inglés) no estarán alcanzados por la normativa para Organismos Genéticamente Modificados (OGM), siempre y cuando una primera evaluación concluya que no incluye ADN de otra especie".¹⁰

Como ya mencionamos, las empresas consideran a las regulaciones sobre transgénicos del Estado argentino como procesos largos, caros y trabados burocráticamente. Por el contrario, en la realidad, las empresas se controlan entre sí, ya que la CONABIA (Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria) está compuesta en su mayoría por representantes del sector privado, específicamente por empresas desarrolladoras de transgénicos. En cuanto a los criterios de evaluación para las aprobaciones, no han tenido nunca en cuenta las voces críticas que advirtieron sobre las consecuencias negativas de la liberación comercial de eventos transgénicos que modificaron sustancialmente la producción agraria del país. Las evaluaciones se limitaron a exámenes de alergenicidad, cruzamientos con especies nativas y pocos aspectos más, en general a partir de referencias parcializadas por las propias industrias. Nunca consideraron ninguna de las consecuencias ambientales (deforestación, contaminación, reemplazo de cultivos, degradación de suelos, etc.) ni económicas (concentración, extranjerización, desplazamientos de producciones y comunidades, etc.).

Un criterio que no es ni científico ni legal fue el de la llamada "equivalencia sustancial". Según este criterio, si

LOS CULTIVOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS AMENAZAN A LA BIODIVERSIDAD Y A LOS CULTIVOS TRADICIONALES QUE TIENEN EXCELENTES PROPIEDADES NUTRICIONALES

algo es declarado "sustancialmente equivalente" a cultivos ya existentes, no es necesario que sea estudiado en detalle en sus consecuencias negativas. Es decir, una hipótesis deviene conclusión. Esto es cualquier cosa menos ciencia: para ser ciencia deberían evaluarse los riesgos como hipótesis, deducir consecuencias que se puedan observar en experimentos controlados, y sacar conclusiones abiertas a la comunidad para poder ser debatidas. Cerrar el debate antes de generar la información no es ciencia: simplemente es imposición política antidemocrática. Y eso es lo que tenemos en Argentina. Un modelo productivo impuesto. Obviamente, los promotores de los agronegocios tampoco quieren, hoy, evaluar los efectos del "*experimento masivo*". La ciencia digna sí.

¹⁰ Bilañski, 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*, 199(809), a712.

EXPERIMENTOS Y PRODUCTOS DE EDICIÓN GÉNICA

Como describimos anteriormente, el Estado argentino no tiene interés en informar a la población ni a investigadores/as sobre los desarrollos o aprobaciones de organismos editados genéticamente. Lo que está disponible es publicidad y comunicados de las mismas empresas y sus aliados, usualmente en lenguaje “solucionista”, sin el énfasis necesario en los riesgos asociados con las tecnologías.

Los desarrollos de experimentos a campo, en muchos casos para empresas estadounidenses, se realizan bajo secreto comercial. Además, como los organismos editados pueden ser considerados como cultivos convencionales, tampoco es posible obtener información detallada. No obstante, contamos con información sobre investigaciones en edición génica en Argentina para manipular **arroz** (para modificar enzimas vinculadas con la síntesis de aminoácidos), **soja** (con alto contenido de ácido oleico), **papa** (para evitar la oxidación o “pardeamiento enzimático”), **maíz** (conocido como ceroso o “waxy”, con mayor contenido de amilopectina en su almidón), **sorgo** (tolerancia a herbicidas y dormición de las semillas), **algodón** (resistencia a herbicidas) y alfalfa (calidad forrajera).¹¹

También hay investigación y experimentos en animales. Por ejemplo modificaciones para producción de leche bovina (con características hipoalérgicas y protección antibacteriana y antiviral), **peces** (por ejemplo las tilapias), **vacas** (sin cuernos, resistencia a calor) y **caballos**. También bacterias que tendrían capacidad de producir fertilizantes para soja.

CONCLUSIONES

El Estado argentino tiene registros muy completos de algunos aspectos de la producción y el comercio de productos agropecuarios. Pero de algunos temas sensibles, que nos proporcionarían información para construir argumentos críticos, no se registra y/o no se publica información detallada.

Por ejemplo, no se publican qué variedades e híbridos se cultivan en las diferentes regiones del país, para evaluar la “adopción” de determinadas tecnologías de modificación genética. Tampoco hay información detallada disponible de las cantidades de agrotóxicos utilizados. En este marco no sorprende que no podamos saber qué aplicaciones concretas de las técnicas de edición génica hay hoy en el mercado nacional. Esto marca algunos límites para nuestros análisis.

De todas maneras, de acuerdo a lo expuesto anteriormente, afirmamos que las tecnologías desarrolladas con cualquiera de las técnicas de manipulación genética, deben ser evaluadas en un sentido amplio, sistémico y detallado, antes de liberarse a los ambientes. Y esto aplica también a los transgénicos que ya se difundieron. En el caso del trigo HB4, muy publicitado por el Estado y las empresas, lo que vemos a campo no es sólo un aumento de los riesgos previstos¹², sino un fracaso productivo y tecnológico.¹³ Las organizaciones socioambientales y los movimientos campesinos e indígenas lo plantean con claridad: para **decirle sí a la agroecología y la soberanía alimentaria**, hay que decir un claro y contundente **no a la manipulación genética y a los agronegocios**.



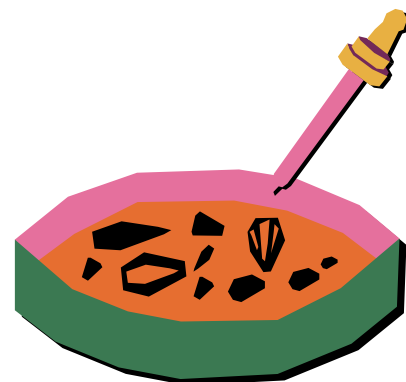
¹¹ Bravo, E. 2025. Cortando y pegando genes para manipular la vida. La edición génica: sus peligros y normativa en América Latina. <https://www.biodiversidadla.org/Recomendamos/Cortando-y-pegando-genes-para-manipular-la-vida.-La-edicion-genica-sus-peligros-y-normativa-en-America-Latina>

¹² Colectivo Trigo Limpio, 2021. Implicancias socio-ambientales vinculadas a la aprobación del primer trigo transgénico del mundo. <https://www.biodiversidadla.org/Recomendamos/Implicancias-socio-ambientales-vinculadas-a-la-aprobacion-del-primer-trigo-transgenico-del-mundo>

¹³ Frank, F. 2024. La mentira productiva del trigo transgénico HB4. <https://agenciaterraviva.com.ar/la-mentira-productiva-del-trigo-transgenico-hb4/>

Brasil y los peligros invisibles

Impactos de la edición génica y los microorganismos manipulados



LEONARDO MELGAREJO Y MARIA JOSÉ GUAZZELLI *

Este texto resume la situación de la manipulación genética de organismos vivos en Brasil. Nos referimos especialmente al nuevo instrumento tecnológico con el que un pequeño grupo de empresas biotecnológicas transnacionales busca controlar las economías y subordinar la naturaleza: la edición génica o genómica. Como tecnología sucesora de las plantas y animales transgénicos anteriores, mantiene su misma lógica, pero en Brasil se han ido desmantelando las normas de bioseguridad, para dar paso a un amplio espectro de experimentos de edición génica de plantas, animales y especialmente, microorganismos, sin tener en cuenta el principio de precaución y con menos información al público. Para las empresas, los microorganismos genéticamente modificados aparecen como productos con atractivas ventajas comparativas, por la reducción de costos y el corto tiempo de vida útil de esas innovaciones, en un contexto donde la obsolescencia programada se ve como una fuente de ganancias adicionales.

Los cambios en las normas legales para los casos de edición génica que involucran nuevos procedimientos, que en Brasil se les denominó **tecnologías innovadoras de mejoramiento de precisión** (TIMP), han

evolucionado en paralelo al desmantelamiento de las regulaciones que exigen evaluaciones de riesgos antes de la liberación comercial y posteriores monitoreos de los posibles impactos derivados de su uso.

Brasil es uno de los países con trayectoria más larga y mayor producción del mundo de organismos modificados genéticamente, pero se había centrado principalmente en la producción de soja, maíz y algodón transgénico. En 2018, se convirtió en el segundo país del mundo en facilitar, sin debate ni información pública, el desarrollo y la posterior liberación de cultivos, animales y microorganismos manipulados mediante nuevas formas de ingeniería genética, como la edición génica, eximiéndolos en la práctica de las evaluaciones de bioseguridad.

Este artículo presenta un panorama de esos cambios y cómo han llevado al abandono de la evaluación de riesgos y a no considerar los nuevos riesgos que la edición génica supone para la salud humana y animal, así como para el medio ambiente.

La Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNBio), creada en 1996 y reestructurada en 2005, ha ido cediendo gradualmente, y de forma acumulativa, sus responsabilidades en materia de análisis de bioriesgos en Brasil.

* María José Guazzelli es agrónoma, directora y fundadora del Centro Ecológico, Brasil, correo: serra@centroecologico.org.br.

* Leonardo Melgarejo es agrónomo, miembro y co-fundador del movimiento Ciência Cidadã Brasil, correo: melgarejo.leonardo@gmail.com

Esta realidad se basa principalmente en tres factores: la migración de intereses de las empresas transnacionales de biotecnología de las plantas transgénicas a los organismos cisgénicos y otros en los que es muy difícil o imposible detectar material genético exógeno; la disponibilidad de nuevas tecnologías de manipulación genética; y las sucesivas flexibilizaciones de las normas legales, que van en contra de las disposiciones de la Ley Nacional de Bioseguridad.

Los organismos cisgénicos son aquellos en los que la alteración genética se produce con material genético de la misma especie o parientes cercanos sexualmente compatibles, por lo cual es muy complejo detectar la modificación. En el caso de técnicas de edición genética, se pueden realizar modificaciones genómicas significativas sin necesariamente introducir secuencias genéticas exógenas, de tal forma que la identificación en el producto final es imposible en la forma que se usaba anteriormente para detectar si un organismo es transgénico.

El análisis de las sucesivas Resoluciones Normativas (RN) que alcanzaron su punto máximo con la exención del análisis de riesgo para productos editados genéticamente, si son obtenidos mediante la aplicación de las denominadas Técnicas Innovadoras de Mejoramiento de Precisión (TIMP), demuestra la imprudencia de este proceso y cómo ha ido sistemáticamente desmantelando las provisiones de precaución en la Ley Nacional de Bioseguridad.

Estas técnicas, especialmente CRISPR-Cas¹, que permiten la introducción de mutaciones dirigidas en el genoma de cualquier ser vivo con bajos costos y sin necesariamente insertar secuencias genéticas exógenas, han sido interpretadas por la CTNBio como generadoras de organismos no modificados genéticamente y, por lo tanto, elegibles para la exención de las evaluaciones estipuladas en la Ley de Bioseguridad.²

Esta confianza absoluta en la tecnología, que niega el método científico (que se basa en la duda), desvirtúa los objetivos de la CTNBio y vulnera el principio de precaución y es especialmente grave en el caso de los microorganismos genéticamente modificados (MGM). Sus características particulares, en cuanto a su casi invisibilidad, rápida multiplicación y adaptación a diferentes entornos, facilitan el ocultamiento de impactos y daños.

Estas tecnologías, al no ser sometidas a evaluación de riesgo y prometer ganancias extraordinarias, también fomentan la proliferación de startups (empresas emergentes) que bajo nuevos nombres, operan de hecho al servicio de las grandes empresas transnacionales del sector, pero borrando los caminos de los vínculos que denotarían responsabilidad compartida, por ejemplo en caso de daños inherentes a la fuga de microorganismos genéticamente modificados (MGM) perjudiciales para la salud humana y ambiental.

La trayectoria de flexibilización en las evaluaciones de riesgo ha ido en paralelo al aumento de la cantidad de MGM exentos de evaluaciones de riesgo y liberados para uso comercial en Brasil. Tiene como marco inicial el funcionamiento de un grupo de trabajo desde 2016 a 2018 que propuso regulaciones específicamente orientadas a las particularidades de los microorganismos modificados genéticamente.

**NOS COLOCAN
EN MAYOR
VULNERABILIDAD,
CON MÁS
RIESGOS PARA LA
BIODIVERSIDAD,
LA SALUD, EL MEDIO
AMBIENTE Y LA
SOBERANÍA
ALIMENTARIA DE
NUESTROS PUEBLOS.**

¹ Repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente interespaciadas, del inglés, *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*

² Más detalles sobre las TIMP y las controversias en torno a la resolución RN16, consultar: *Novas biotecnologias, velhos agrotóxicos: um modelo insustentável que avança e pede alternativas urgentes* de Gabriel Bianconi Fernandes e Maureen Santos, editora. Fundação Heinrich Böll Brasil, 2019. 60 p.

Crear nuevas normas era necesario. Hasta 2018, la CTNBio usaba como referencia la normativa RN5³ establecida para la evaluación de plantas genéticamente modificadas (PGM) al examinar los biorriesgos relacionados a cualquier organismo vivo genéticamente modificado (OVGM), aunque no fueran plantas. La inconsistencia normativa era evidente, ya que las diferenciaciones en los ciclos de vida, que abarcan desde unas pocas horas, como en el caso de bacterias, hasta cientos de años, como en el caso de árboles, se examinaban desde la perspectiva de las plantas de cultivo estacional en campo.

La Ley Nacional de Bioseguridad exige un monitoreo post liberación comercial durante un período de 5 años. Este requisito (contemplado en la norma RN5) se basa en la necesidad de monitorear la evolución de los riesgos asociados a la escala de cultivo en campo, que no serían perceptibles en estudios *in vitro* ni en parcelas experimentales. Está claro que un horizonte temporal de 5 años no se ajusta a las particularidades de organismos genéticamente modificados con diferentes períodos de vida, algo que resulta particularmente absurdo en el caso de los microorganismos.⁴ Los ciclos generacionales de los microorganismos —que pueden ser cientos de generaciones en un año— llevan a la rápida obsolescencia y sustitución de las cepas que respondían inicialmente al objetivo para el que fueron creadas, por lo que después de cierto tiempo ya no se puede considerar como el mismo organismo al que se autorizó su liberación inicialmente. Además, el monitoreo en sí, presenta otras grandes dificultades operativas para las empresas debido a la casi invisibilidad de los MGM y considerando el alto potencial de fugas y accidentes en las unidades de procesamiento de sus subproductos.

Por todo ello, las presiones para obtener una exención del requisito de monitoreo se materializaron mediante nuevas resoluciones normativas (RN).⁵ Paralelamente,

los avances de conocimientos en tecnologías TIMP, que incluyen las ediciones génicas con CRISPR-Cas9, con un amplio potencial de uso y reducción de los costos asociados a la manipulación de organismos vivos modificados, han aumentado el atractivo de las operaciones con productos de edición génica, especialmente microorganismos modificados genéticamente (MGM).

En 2016, la CTNBio creó un grupo de trabajo para proponer regulaciones sobre la evaluación de biorriesgos en microorganismos modificados genéticamente y otro para las Técnicas Innovadoras de Mejoramiento de Precisión o TIMP. Como resultado, en 2018, la CTNBio aprobó la norma RN16⁶, referente a las TIMP y la norma RN21⁷ referente a los MGM.

Desde entonces, las solicitudes presentadas para cultivos genéticamente editados en referencia a la norma RN16, incluyen maíz ceroso, caña de azúcar (para aumentar digestibilidad de azúcar), soja (tolerancia a sequías y cambio de valor nutricional), arroz y algodón (para tolerancia a herbicidas), banano (para que no se oxide al pelar), eucalipto (tolerancia a herbicidas, insecticida y rápido crecimiento)

En forma muy notoria, la evolución en las solicitudes, aprobación y liberación de microorganismos modificados genéticamente (MGM) se aceleró vertiginosamente, tanto los que fueron reconocidos como OGMs, en base a la norma anterior RN5 o en base a la nueva norma RN21, o por ser considerados como no OGM (liberados sin evaluación de riesgos, basados en la norma RN16). Aunque la información precisa es difícil de obtener, vemos que se liberaron nueve MGM hasta 2015, y en 2016 y 2017, tres cada año. En 2018, 17 y otros 100 en el período 2019-2024. La información numérica es aproximada ya que es difícil identificar algunos productos aprobados como MGM, o derivados con usos relacionados con la agricultura, por ejemplo, en el control de insectos, o como bioinsumos.

³ Resolución Normativa 05 del 2008 https://www.normasbrasil.com.br/norma/resolucao-normativa-5-2008_109128.html

⁴ Sin embargo, al menos 13 OGM fueron aprobados por la CTNBio con base en estándares inadecuados para sus características específicas.

⁵ Melgarejo, Leonardo; Ferraz, José Maria e Fernandes, Gabriel B. Transgênicos no Brasil: a manipulação não é só genética. *Agriculturas*, v. 10 - n. 1 de marzo de 2013. <https://tinyurl.com/mpj9t57n> Melgarejo, Leonardo; Fernandes, Gabriel B.; RAMOS, Paulo Cezar M. - Flexibilização das normas de biossegurança – O Caso do Monitoramento Pós-Liberação Comercial de Plantas Geneticamente Modificadas no Brasil. Resúmenes del VIII Congreso Brasileiro de Agroecología – Porto Alegre/RS – 25 a 28/11/2013; Fernandes, G. B., SILVA, A. C. de L., Maronhas, M. E. S., Dos Santos, A. da S., & Lima P. H. C., 2023. Fluxo transgênico: desafios para a conservação on farm de variedades crioulas de milho no Semiárido brasileiro. *Desenvolvimento E Meio Ambiente*, 61. <https://doi.org/10.5380/dma.v61n0.85886> Disponible en <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/85886>. Accesado 2 de agosto 2025

⁶ CTNBio, <https://tinyurl.com/3j7nxxxa>. Accesado 14 de agosto 2025.

⁷ CTNBio, <https://prpi.usp.br/wp-content/uploads/sites/1239/2024/08/RN-21.pdf>

Brasil también aprobó “mejoramiento” genético de animales mediante TIMP, buscando lo que definió como “resultados de modificaciones genéticas mucho más rápidas y dirigidas”.⁸ Entre los experimentos realizados con animales editados genéticamente encontramos: tres bovinos con diferentes características, uno de ausencia de cuernos (experimento que fue cancelado por efectos secundarios no previstos); semen de un toro Nelore (Samson) para aumentar masa muscular; ganado Angus editado para mayor resistencia térmica y reducción de los efectos del estrés térmico (debido a su pelo más corto); una tilapia, con un fenotipo para mayor rendimiento de filetes; un mosquito para el control de vectores de enfermedades y un cerdo para resistencia al síndrome reproductivo y respiratorio porcino.

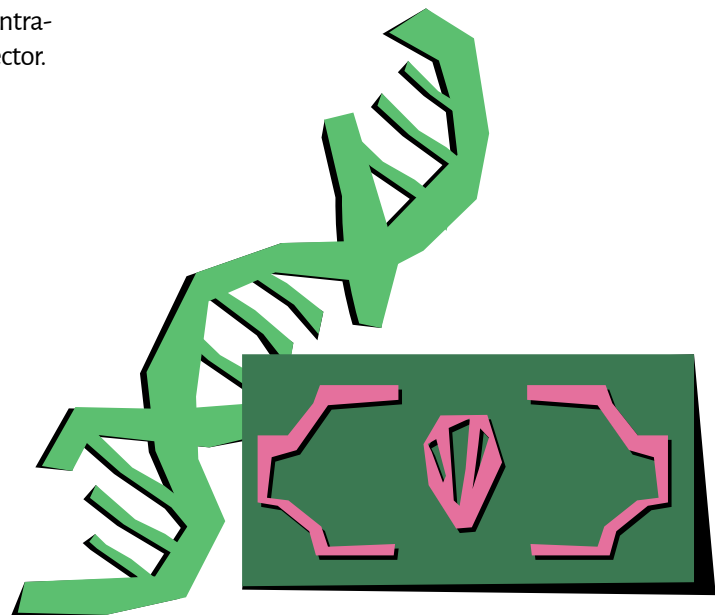
Es importante destacar que la combinación de las regulaciones RN16 y RN21 también abrió espacio para que nuevas *startups*, luego de solicitar la emisión de un Certificado de Calidad de Bioseguridad (CQB), comenzaran a prestar servicios a grandes empresas del sector.

Como muestra del importante atractivo de los MGM para las empresas, uno de los primeros cambios importantes en el sector de negocios de las biotecnologías registradas por la CTNBio se produjo tan pronto como se aprobó la norma RN21.

Solazyme, pionera en la aprobación de MGM en Brasil, vendió sus cepas ya autorizadas (líneas de la microalga *Prototheca moriformis*) a Corbion-Purac, “una empresa biotecnológica global centrada en la producción de ingredientes para alimentos, nutrición y bioplásticos”, sentando un precedente en la subcontratación de las investigaciones, lo cual traslada la concentración de riesgos a un espacio ajeno a los gigantes del sector.

Con las llamadas tecnologías innovadoras de mejora de la precisión, estamos expuestos a riesgos de daños impredecibles, que pueden pasar desapercibidos hasta que sea demasiado tarde para controlarlos, ya que sabemos muy poco sobre el complejo tejido de los sistemas biológicos.

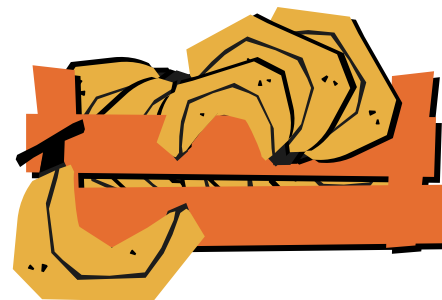
Por lo tanto, estas nuevas formas de biotecnología nos colocan en una situación de mayor vulnerabilidad, donde se multiplican riesgos significativos, quizás irreversibles, tanto para la biodiversidad como para la salud, el medio ambiente y la seguridad y soberanía alimentaria de nuestros pueblos.



⁸ Elaborado por Gabriel Bianconi Fernandes con base en datos de CTNBio.

Banano editado

Propaganda y erosión regulatoria postransgénica



HENRY PICADO CERDAS *

En Costa Rica los organismos genéticamente modificados son impulsados desde plataformas que se arropan de un supuesto prestigio académico para incidir políticamente con el fin de imponer los intereses de las corporaciones dueñas de estas tecnologías.¹ En el caso de los cultivos con edición génica, instituciones de los ámbitos público y privado lograron erosionar la normativa de bioseguridad y abrir el país a la edición génica sin ningún tipo de evaluación previa o posterior.

El Servicio Agrícola para el Exterior del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA por su siglas en inglés) anunció en un boletín de febrero del 2024, su expectativa de que: “la actualización del marco regulatorio de biotecnología costarricense facilite la utilización de biotecnologías innovadoras y reduzca las barreras a las aplicaciones comunes de la biotecnología moderna”.² La normativa a la que la USDA se refería era a la modificación del Reglamento a la Ley de Protección Fitosanitaria por medio del Decreto No 44244 - MAG.

En ese mismo boletín, el USDA destacó que esperaban “que una variedad de banano con genoma editado, resistente a las enfermedades fúngicas que reducen el

rendimiento, como la sigatoka y el marchitamiento por fusarium, sea el primer producto con genoma editado comercializado en Costa Rica”.

Según la propaganda de la misma industria, mediante técnicas de edición genética supuestamente obtuvieron un banano “resistente” al Mal de Panamá Raza 4 (*Fusarium oxysporum*) conocido también como TR4, un hongo que puede destruir cientos de hectáreas de este monocultivo en días y que por la cual múltiples países de África y América Latina desplegaron estrictos sistemas de cuarentena y controles fitosanitarios (financiados por los Estados) para proteger a las transnacionales fruteras.

La Red de Coordinación en Biodiversidad consultó al Sistema Fitosanitario del Estado (SFE) en marzo del 2024 sobre los permisos de esta nueva variedad de banano supuestamente resistente a la TR4. La sorpresa fue que las autoridades al parecer no conocían de ningún experimento que se estuviera desplegando en el territorio costarricense. Según Nelson Moreira jefe a.i. de la Unidad de Organismos Genéticamente Modificados del Departamento de Biotecnología “A la fecha, La Corporación Bananera Nacional (CORBANA) ni ninguna otra organización ha presentado trámites

* **Henry Picado, Integrante de la asociación Red de Coordinación en Biodiversidad de Costa Rica. Trabaja para el Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica. Correo: picadohenry@gmail.com**

¹ Katzy O`neal Coto. Universidad de Costa Rica. “La región está por definir el tratamiento legal para los productos derivados de la edición de genomas”. Oficina de Divulgación e Información. Costa Rica, 20/12/2025. <https://tinyurl.com/47m8psxu>

² Víctor Gonzales. Foreign Agriculture Service. “Costa Rica Opens Door to Innovative Biotechnologies”, Voluntary Report, USA, 27/2/2024. <https://tinyurl.com/jajs9faz>

ante el SFE para realizar investigaciones con plantas de banano producidas empleando las técnicas de edición génica, tal como CRISPR-Cas o similares.” Al parecer tanto las “mejoras regulatorias” como los procesos de investigación y liberación de materiales editados genéticamente se conocen y se aprueban en Estados Unidos antes de que se sepa en nuestro país, que parece funcionar como una colonia.

¿SUPERAR LOS TRANSGÉNICOS?

Pero esa no fue la primera vez que los operadores políticos de la agroindustria post-transgénica hicieron aparición en Costa Rica con la idea de “superar los transgénicos”. En 2019 en el curso “Edición de genomas: ciencia, política y comunicación” se proponían como desafío “aumentar la aceptación social de la tecnología de modificación genética en la agricultura” y sin ningún pudor señalaban (3 años antes de la firma del nuevo decreto) que: “Si la normativa diferencia los productos de edición genómica de los productos transgénicos, el coste de producción baja significativamente. Si se crean regulaciones, el costo aumenta, pues se deben realizar las pruebas de seguridad y valoración del riesgo requeridas por la regulación de cada país”. Es decir, los supuestos defensores de los avances tecnocientíficos en la agricultura, están en contra de analizar y generar ciencia sólida y que evalúe los riesgos de la edición génica, prefieren su ciencia mercenaria³

Con esta misma lógica, la iniciativa privada auspiciada por la Fundación Bill y Melinda Gates llamada Alianza por la Ciencia de la Universidad de Cornell, realizó una serie de eventos desde el año 2016 en los que promocionaron la edición genética y su desregulación. En eventos realizados en América Latina, África y Asia impulsaron la idea de que si los productos de la edición génica se sometían a los protocolos de bioseguridad de los transgénicos, el desarrollo de estos sería mucho más caro y complejo.

Uno de sus representantes de este grupo de lobby que visitó Costa Rica para impartir un curso corto llamado “Edición de Genomas en la Agricultura: Acción para Políticas y Ciencias” en diciembre del 2019 como el director de “CALS Plant Transformation Facility de la Universidad de Cornell” llegó a señalar que: *“si estos productos son considerados como transgénicos, el costo de llevarlos al mercado aumenta, pues se deben realizar las pruebas de seguridad y valoración del riesgo requeridas por la regulación de cada país. Esto limitará el acceso a la tecnología y la restringiría sólo a las grandes multinacionales que tienen suficiente financiamiento para pasar por todas las pruebas regulatorias, como ha sucedido en el caso de los OGM”*, según detalló Matthew Willmann integrante de la ONG *Cornell Alliance for Science*.

Superficialmente pareciera una propuesta para democratizar una tecnología. Lo que en realidad esconde es una excusa para que las técnicas de edición génica no sean evaluadas por sus riesgos nuevos y específicos, que no sean parte del escrutinio público, que no haya debate científico sin conflicto de interés, ni regulación social y estatal o incluso la prohibición de estas técnicas, como en el caso de los transgénicos.

Si la imposición de los esquemas de bioseguridad en marcos neoliberales fue la estrategia para legalizar la comercialización y la contaminación transgénica, cabría preguntarse ahora ¿Será la erosión y evasión regulatoria en el nuevo contexto de autoritarismo y militarización creciente la nueva forma de operar la imposición de las tecnologías post-transgénicas?

El lobby empleado por supuestos académicos para cambiar la normativa de bioseguridad cristalizó en un cambio sustancial para permitir la entrada a Costa Rica de cultivos editados sin tener que pasar siquiera por la evaluación empleada para Organismos Vivos Modificados (transgénicos). Desde noviembre del 2023, se publicó un nuevo reglamento (Decreto Ejecutivo 44.244) que autoriza dar permisos para la liberación de organismos producidos por edición genética, sin que tenga que pasar por la evaluación de la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNBIO). Esta erosión de la normativa se encuentra presente en el artículo 118 bis de este reglamento.

³ Vicente, C. 2024. Mark Lynas y la ciencia mercenaria al servicio de Monsanto. Aportes al debate. GRAIN y Acción por la Biodiversidad. 8 julio 2014. <https://tinyurl.com/biodiversidadla>

NUEVAS TECNOLOGÍAS, VIEJAS PROMESAS Y LOS MISMOS IMPACTOS

Pese a que desean desmarcarse de sus antecesores, la propaganda de los promotores de la edición genética en la agricultura sigue prometiendo lo mismo que los transgénicos: “resistentes a enfermedades, aumento de la productividad, mejorar su valor nutricional, resistencias a la sequía, etc”. En el caso del banano editado, la promesa que más se destaca es la supuesta disminución del consumo de plaguicidas debido a su resistencia al *Fusarium oxysporum*. Es importante decir que para el caso del banano costarricense el consumo de agrotóxicos sobrepasa los 51 kg de ingrediente activo (IAGT) por hectárea por año, promedio muy por encima de cualquier otro cultivo en el mundo.⁴

CICLO DE RESISTENCIA DEL “PANAMA DISEASE” (FUSARIUM OXYSPORUM)

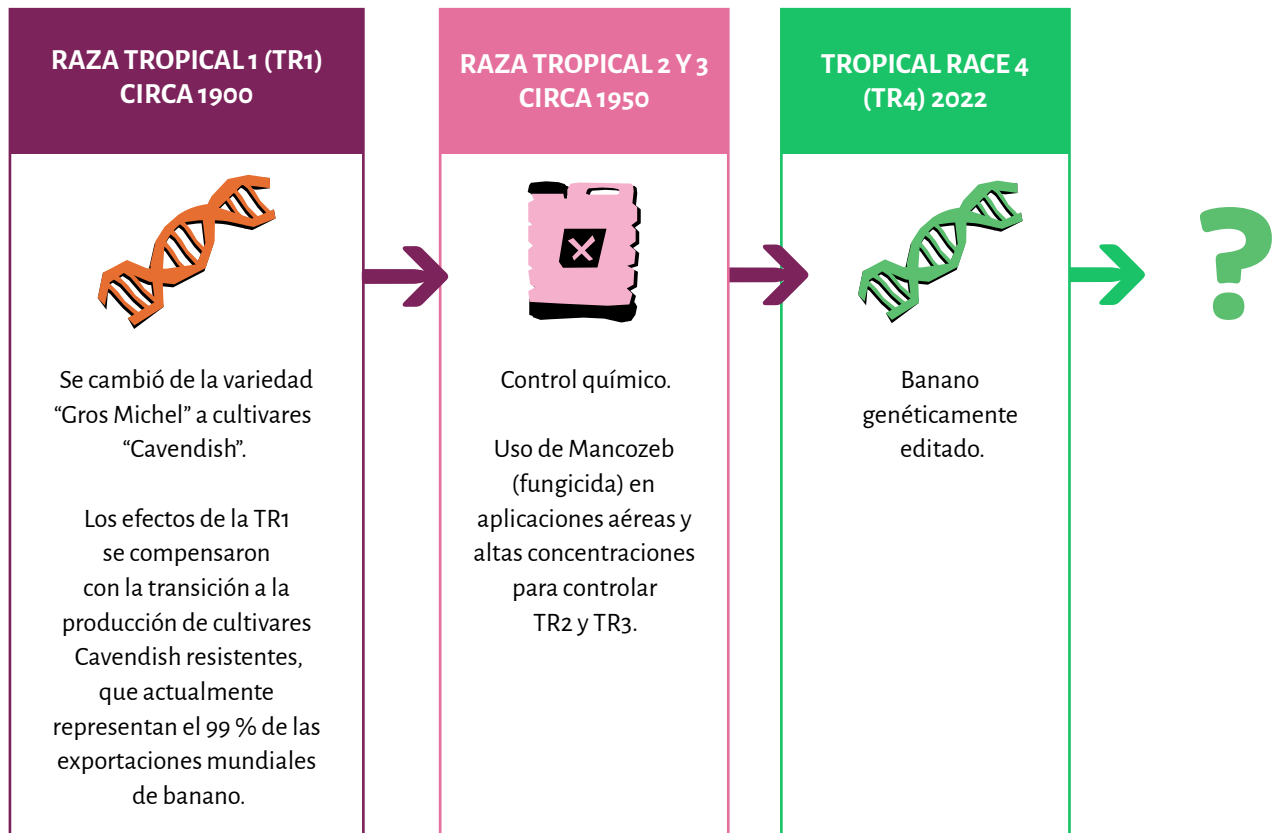


Gráfico 1: Ciclo de la resistencia al Mal de Panamá. Elaboración propia basado en datos de Castro Vargas, S. 2023.

⁴ Fecon, 2024, Le salen mal los números de los agrotóxicos al MAG. Madre Tierra <https://tinyurl.com/357yfmn2>

Revisar la historia bananer⁵ a nos puede ayudar a entender qué pasará en pocos años si se siembra el anunciado banano editado. La investigadora de la Universidad de Zurich, Soledad Castro, señala que el comportamiento de plagas como “Mal de Panamá” (causado por el hongo *Fusarium oxysporum*) ha sido muy variable, ya que este hongo tiene la capacidad de mutar en periodos muy cortos.

En los primeros momentos de aparición del *Fusarium oxysporum* (variedad TR1), cerca del año 1900, la transnacional United Fruit Company, decidió cambiar de variedad de banano, pasando de *Gros Michel* a *Cavendish*. No obstante, pocos años después en la década de 1950, la enfermedad volvió a aparecer, ante lo cual la industria implementó un agresivo programa de fumigación con el fungicida Mancozeb por la aparición de las mutaciones del hongo que recibieron el nombre de (TR2 y TR3). Estas campañas trajeron al país una serie de graves problemas de salud pública y contaminación de ecosistemas: pueblos fumigados, altas tasas de enfermedades no transmisibles, pesticidas presentes en leche materna y sangre.⁶

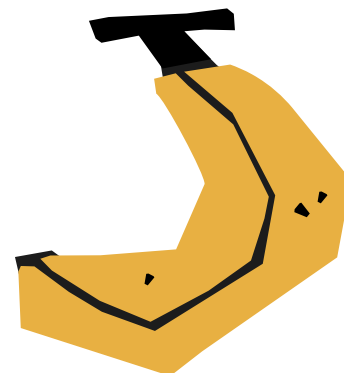
Desde el año 2022 usan la excusa de la aparición del nuevo fusarium (TR4) para imponer la liberación del banano editado genéticamente, la cual supuestamente acabaría con toda la producción de fruta para la exportación en cuestión de semanas. A casi dos años de la supuesta liberación de la variedad editada tampoco se ha verificado que efectivamente la tuviera en realidad características de resistencia a TR4.

Hasta la fecha la industria bananera en el país se niega a implementar técnicas de diversificación de cultivos o aumento de la biodiversidad que serían verdaderos escudos contra las super plagas. Inclusive reportan variedades no transgénicas ni editadas resistentes a TR4. Pero la industria bananera sirvió de amplificador para hacer de Costa Rica un país abierto a la experimentación a cielo abierto de la edición génica.

LA INDUSTRIA BANANERA EN EL PAÍS SE NIEGA A IMPLEMENTAR TÉCNICAS DE DIVERSIFICACIÓN DE CULTIVOS O AUMENTO DE LA BIODIVERSIDAD QUE SERÍAN VERDADEROS ESCUDOS CONTRA LAS SUPER PLAGAS.

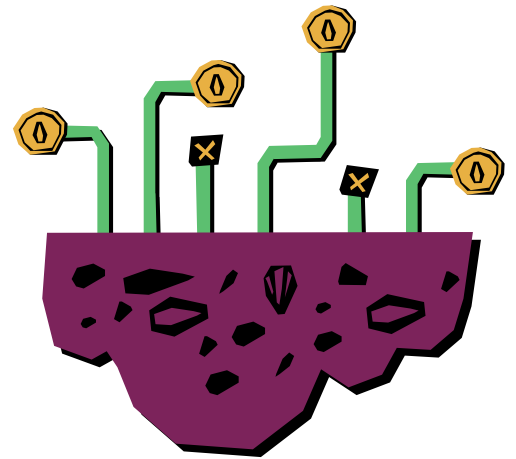
⁵ Castro-Vargas, Soledad. Universitat Autònoma de Barcelona. “Pesticides, plantations and the State: The making and unmaking of the Térraba-Sierpe delta”. Ph.D. dissertation, 2023 (pag 100-102), España. <https://tinyurl.com/soledad-castro>

⁶ Mora, Ana et al, “La exposición prenatal al mancozeb, exceso de manganeso y neurodesarrollo al año de edad en el estudio Infantes y Salud Ambiental (ISA)” Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica, 2018 <https://tinyurl.com/yz32urat>



Suelo alterado

Impactos de usar microorganismos editados en la agricultura



NATALIA BAJSA *

El suelo es el ecosistema más diverso que conocemos, donde viven millones de microorganismos, que cumplen funciones clave para la vida y la salud ambiental. Muchos de estos microorganismos viven asociados a las plantas, en relaciones de mutuo beneficio. Algunas bacterias y hongos pueden promover el crecimiento de las plantas favoreciendo la adquisición de nutrientes o previniendo el ataque de patógenos o plagas. Estas interacciones se dan naturalmente en diversos suelos, y hay ciertas prácticas de manejo agronómico que las favorecen y otras que las perjudican. La intensificación e industrialización de la agricultura, con uso masivo de agroquímicos y de maquinaria, ha llevado a una alarmante degradación de los suelos, con pérdida de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, con consecuencias en sus funciones, incluida la productividad de los cultivos.

Los bioinsumos emergen como una alternativa al uso de fertilizantes y plaguicidas químicos. Se formulan a partir de microorganismos presentes naturalmente en los suelos, que pueden ayudar a las plantas

a adquirir nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, estimular su crecimiento a través de fitohormonas o protegerlas de enfermedades y plagas. En forma convencional, el proceso de búsqueda, selección y desarrollo de un bioinsumo para que pueda ser adquirido comercialmente por un productor o productora puede llevar muchos años de investigación, evaluación, desarrollo y registro. En los países de América Latina existe disponibilidad de varios bioinsumos que facilitan una producción orgánica de alimentos o la disminución en el uso de agrotóxicos. Alternativamente, la producción agroecológica recurre a bioinsumos de elaboración predial, donde se aprovechan recursos del propio predio de las o los agricultores para preparaciones que contienen microorganismos y mejoran la fertilidad y sanidad del suelo y de los cultivos.

Los microorganismos tienen una gran flexibilidad genética gracias a diversos mecanismos naturales para cambiar y compartir elementos genéticos, lo que permite su evolución. Esta propiedad es también un elemento que se debe tener en cuenta en cualquier evaluación de riesgo. A partir del estudio de estos mecanismos,

* **Natalia Bajsa es Doctora en ciencias biológicas, especializada en microbiología, su trabajo se centra en el uso de microorganismos para la agricultura, y el impacto de las prácticas agropecuarias en la salud del suelo. Es Investigadora del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE), Uruguay, nbajsa@gmail.com.**

la modificación genética de microorganismos es relativamente sencilla de realizar en un laboratorio, y se utiliza desde 1973 como herramienta de investigación para conocer mejor a esos organismos. La utilización de la ingeniería genética con la meta de aumentar la eficacia de los bioinsumos ha sido un campo de investigación por mucho tiempo, con algunos resultados prácticos de microorganismos genéticamente modificados (MGM) que se han liberado comercialmente, pero que han sido escasamente regulados. En Brasil, por ejemplo, al 2023 había 76 MGM y derivados aprobados mediante su propia definición de evaluación de riesgo que tiene muchas limitaciones, para uso en producción de etanol, ración animal, bioinsumos agrícolas y la industria alimentaria humana (para cerveza, edulcorantes y análogos de la carne).

En 2012 se comienza a realizar edición genética en bacterias, que promete modificaciones menores, similares a las que ocurren naturalmente, y sin incorporación de material genético de otra especie. Por ello se presenta como natural, aunque efectivamente es una modificación genética artificial, antrópica en la que interviene material genético foráneo, aunque no haya inserción de genes de otra especie. El Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología, establece que un "organismo vivo modificado" es el que posee una combinación nueva de material genético que se haya obtenido mediante la aplicación de la biotecnología moderna¹; y por "biotecnología moderna" se entiende la aplicación de técnicas *in vitro* de ácido nucleico. Ambas características se encuentran en los microorganismos editados genéticamente.

Debido a la variabilidad natural que desarrollan las cepas bacterianas, que los reguladores afirman podría considerarse comparable con las modificaciones introducidas por edición genética, se busca clasificar las cepas editadas genéticamente como no genéticamente modificadas (GM). No obstante, aunque fueran modificaciones de la misma magnitud, no son naturales y su origen es una modificación genética antropogénica, que conlleva otras características e impactos potenciales.

La reglamentación en varios países de América Latina clasifica los productos de edición genética (en varios casos asimilada a la denominación de "nuevas técnicas de mejoramiento genético") en OGM o no OGM, según si contiene ADN foráneo detectable. A partir de esa clasificación, se determina si están sujetos a evaluación de bioseguridad para su liberación y uso comercial. Si los cambios son pequeños o puntuales, pueden quedar exentos de evaluación de riesgo para su uso, como si fuera una variante genética natural.²

Un ejemplo de producción comercial son cepas de las bacterias *Klebsiella variicola* y *Kosakonia sacchari*, aisladas de raíces de maíz, que fueron editadas genéticamente para liberar más nitrógeno, y se venden principalmente en EE.UU. bajo el nombre de ProveN argumentando que aportan nitrógeno al cultivo.³ Sin embargo, no existe evidencia publicada de estos resultados, y cuando se analiza la cantidad potencial de nitrógeno que podría estar aportando esta bacteria, la misma es insuficiente para el crecimiento de la planta. Los estudios sostienen que la respuesta general del rendimiento fue positiva, pero moderada (un escaso 1,2% más en la producción de granos), y sigue siendo necesario agregar fertilizantes sintéticos.⁴ Para promocionar este producto que se aplica desde 2019, la empresa Pivot se asoció con distribuidores de semillas de maíz y en 2023 lanzó el programa N-Ovator, que conecta empresas con agricultores que utilizan sus inoculantes editados genéticamente para cultivar maíz, trigo, cebada, avena. Las empresas que usan estos microorganismos compran "créditos de nitrógeno" por su uso y los agricultores reciben pagos por sus prácticas supuestamente sostenibles, que se afirma emitirían menos gases con efecto invernadero a la atmósfera.⁵

Los productos ProveN son comercializados también en Brasil como inoculantes de maíz, entre otros 40 productos de la edición genética, luego de ser clasificados como bioinsumos convencionales, sin ninguna evaluación de riesgo. La lista de microorganismos editados genéticamente aceptados por la comisión de bioseguridad, CTNBio, incluye además 7 levaduras (principalmente para producción de bioetanol), una vacuna

¹ Martínez Debat, C., González-Ortega, E y Piñeyro-Nelson, A. (2024). *La edición genética y la agroecología en la "encrucijada". Una pareja disfuncional y dispereja en el reino de las promesas de coexistencia*. En: Tekoporá, 2024, 5(2): 166-182

² Cardillo, M. E., Brambilla, S., Liebrez, K., Frare, R., Maguire, V., Soto, G., Ayub, N. (2025). Genomic and physiological plasticity in natural variants of commercial soybean inoculants supports the non-GMO status of base-edited inoculants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 161(1), 26.

³ Wen, A., Havens, K. L., Bloch, S. E., Shah, N., Higgins, D. A., Davis-Richardson, A. G., ... & Temme, K. (2021). Enabling biological nitrogen fixation for cereal crops in fertilized fields. *ACS synthetic biology*, 10(12), 3264-3277.

⁴ Woodward, L. P., Sible, C. N., Seebauer, J. R., & Below, F. E. (2025). Soil inoculation with nitrogen-fixing bacteria to supplement maize fertilizer needs. *Agronomy Journal*, e21729. <https://doi.org/10.1002/agj2.21729>

⁵ MIT News, <https://news.mit.edu/2025/pivot-bio-uses-microbial-nitrogen-sustainable-agriculture-0213>

de parvovirus canino, un microorganismo usado como acondicionador de suelo, y un compuesto para control de nemátodos.⁶

Además, por sus riesgos, cabe destacar de los aprobados en Brasil, el producto BiomElix One, un aditivo seco para la cría de aves, que se aplica a la ración y el agua con el fin de controlar *Salmonella enterica*. Esta tecnología llamada “bióticos guiados” contiene una cepa de *Escherichia coli* que produce péptidos bactericidas que actúan sobre *Salmonella*, y además sería capaz de transferirle el sistema para edición génica (CRISPR/Cas3), lo que causaría la degradación del ADN del patógeno y su muerte. El mecanismo de acción se basa en una transformación genética en el tracto intestinal de las aves, cuando el producto encuentra cepas de *Salmonella*, ya que se establece que es de acción específica para estas bacterias. Según la empresa fabricante Folium Science, los posibles efectos no objetivo fueron estudiados por técnicas bioinformáticas. No hay otra forma de estudiarlo ya que el sistema de edición génica se degrada en el organismo al que se modifica y no hay forma de detectarlo posteriormente en el ambiente.

En Argentina existen unos 20 microorganismos genéticamente modificados con autorización comercial, incluyendo virus para vacunas de animales y levaduras para producción de bioetanol. En cuanto a edición génica, un grupo de investigación de este país, en colaboración con investigadores de Uruguay, Chile, Colombia y España, editó con CRISPR/Cas9 3 genes de la bacteria comúnmente utilizada como inoculante en soja para obtener un “super biofertilizante” que combinaría 4 características: mayor productividad del cultivo (potencialmente hasta 6%), aumento de la fijación de nitrógeno, degradación de glifosato y disminución de las emisiones de N₂O. En agosto de 2025 la comisión de bioseguridad, CONABIA, procedió a su evaluación según sus estándares y consideró que esta cepa de *Bradyrhizobium japonicum* con incremento en la competitividad de nodulación y en la eficiencia de promoción del crecimiento vegetal a través de la tecnología de edición génica, puede ser manejada como material convencional no regulado. La expectativa de sus desarrolladores

EXISTE UNA ENORME DIVERSIDAD DE MICROORGANISMOS NATURALES, Y CADA VEZ MEJORES TÉCNICAS PARA CONOCERLOS Y ACCEDER AL BENEFICIO DE SU USO, SIN NECESIDAD DE INTRODUCIR ORGANISMOS MODIFICADOS GENÉTICAMENTE, CON LOS RIESGOS QUE ESTOS IMPLICAN

es que se encuentre en el mercado en 2026, junto con un biofertilizante para alfalfa. También buscan generar biofertilizantes editados para solubilizar fósforo, controlar plagas y proveer nitrógeno a cereales (trigo, maíz y arroz), y probióticos editados, para bajar las emisiones de metano en ganado. Se ha conformado una plataforma internacional para editar genéticamente biofertilizantes, bioinsecticidas y biofungicidas, de la que participan instituciones de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, España y Uruguay.

⁶ CTNBio, Brasil <http://ctnbio.mctic.gov.br/documents/566529/2304555/Tabela+TIMP/8c4a7218-f810-405b-94bf-a352d849f3dc?version=1.10>, consultado el 30 de marzo 2026

RIESGOS DE LOS MICROORGANISMOS MODIFICADOS GENÉTICAMENTE

Si bien con las técnicas de edición génica se producen modificaciones dirigidas, se ha visto que pueden tener efectos inespecíficos, fuera del sitio objetivo en el genoma, y no existe suficiente información de los efectos secundarios imprevistos que pueda tener en el genoma que se modifica. Esto genera incertidumbre sobre los riesgos que puedan existir a partir de su uso comercial.

¿Qué sucede si se libera al ambiente una gran cantidad de microorganismos con cambios antrópicos, que no fueron evaluados ni han pasado por el filtro de la selección natural, en ecosistemas degradados, con baja diversidad y abundancia de microorganismos que naturalmente pudieran regular los eventuales cambios y perturbaciones que ocurran?

Hoy en día existen algunas técnicas de análisis de uso de rutina en laboratorios, que pueden ser aplicadas al análisis de los microorganismos derivados de la edición génica, y caracterizar su genoma, los productos de su metabolismo, y los efectos posibles sobre otros organismos, que podrían permitir una evaluación de riesgo de algunos impactos potenciales en la liberación al ambiente. Sin embargo, las mutaciones genéticas a las que son propensos muchos microorganismos y las interacciones con medios cambiantes, hacen que la evaluación de riesgos sea siempre limitada y contenga un alto grado de incertidumbre. Existe limitado conocimiento científico sobre la ecología de los MGM, y su tamaño microscópico dificulta su detección y seguimiento en el ambiente luego de su liberación. Algunos estudios demuestran alteraciones de menor o mayor plazo en las comunidades microbianas del suelo, ya sea de hongos o bacterias, por la introducción de MGM.⁷ La transferencia horizontal de genes característica de los microorganismos, hace que transformaciones genéticas que se introduzcan en los MGM sean propensas a adquirirse por microorganismos naturales y esparcirse por el ambiente.⁸

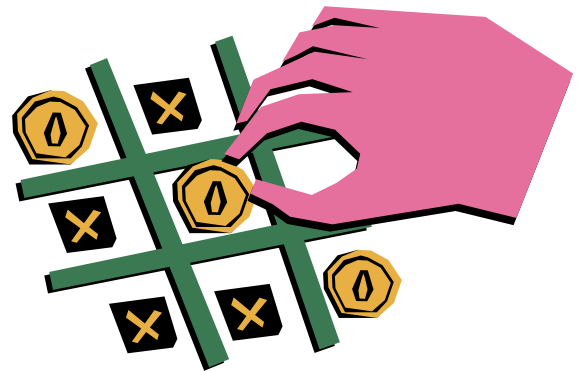


⁷ Bajsa, N., Morel, M.A., Braña, V. and Castro-Sowinski, S. (2013). The effect of agricultural practices on resident soil microbial communities: focus on biocontrol and biofertilization. In *Molecular Microbial Ecology of the Rhizosphere*, F.J. de Bruijn (Ed.), p. 687-700. <https://doi.org/10.1002/9781118297674.ch65>

⁸ Eckerstorfer, M. F., Dolezel, M., Miklau, M., Greiter, A., Heissenberger, A., Kastenhofer, K., Schulz, F., Hagen, K., Otto, M., & Engelhard, M. (2025). Environmental Applications of GM Microorganisms: Tiny Critters Posing Huge Challenges for Risk Assessment and Governance. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(7), 3174. <https://doi.org/10.3390/ijms26073174>

Juegos de extinción

Impulsores genéticos y la falsa propuesta de conservación en Galápagos



ELIZABETH BRAVO *

Las nuevas biotecnologías han trascendido el ámbito del control empresarial de las semillas y los territorios. Ahora también experimentan con decidir qué especies deben extinguirse o cuáles deben volver a la vida cuando ya están extintas. La técnica central en discusión para ello -que conlleva graves peligros- es la construcción mediante ingeniería genética de “impulsores genéticos” (*engineered gene drives*), una forma de manipular los organismos para engañar las leyes de la herencia y asegurar que la transmisión de genes modificados en especies silvestres o cultivadas sean los que siempre se transmiten.¹

En esa línea de experimentar con la extinción de especies, la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES por sus siglas en inglés), organismo internacional ligado a la Organización de Naciones Unidas que nació para conectar a la comunidad científica con la esfera política en materia de biodiversidad, propone el uso de estas nuevas biotecnologías para la extinción de especies invasoras.

En su informe del 2023, que tuvo como tema central las especies invasoras, señala que las especies exóticas invasoras constituyen una gran amenaza para la

naturaleza, con importantes implicaciones para la buena calidad de vida humana.

Para enfrentar este problema, propone técnicas de control genético de las especies invasoras, entre ellas, los impulsores genéticos. El objetivo de los enfoques de control genético es “reducir la aptitud o el éxito de una especie exótica invasora en su entorno; forzar que en una población predominen los individuos del mismo sexo (preferentemente masculino) y que, si se tiene éxito, esa población se extinga”.²

Se pretende aplicar el control genético a cualquier especie exótica invasora que se reproduzca sexualmente, que se considere incontrolable y ampliamente establecida en entornos cerrados. Por ejemplo, peces exóticos invasores en sistemas fluviales cerrados o roedores invasores en islas.

Los impulsores genéticos son mecanismos de ingeniería genética que fueron diseñados para que los transgenes se auto-propaguen en poblaciones de la especie que se quiere controlar. Los animales manipulados genéticamente con esta técnica se comportarán como una nueva especie, altamente invasiva, esparciéndose en los ecosistemas, ocasionando probablemente cambios ecológicos.

* Elizabeth Bravo Velásquez es ecuatoriana, bióloga y autora de numerosos artículos y libros sobre modificación genética. Es integrante de Acción Ecológica y coordinadora de la red por una América Libre de Transgénicos. ebravo@rallt.org

¹ Volker Henn y Mereike Imken, 2022, “Organismos con impulsores genéticos, una nueva dimensión en ingeniería genética”, Save Our Seeds, Alemania. Disponible en <https://tinyurl.com/GeneDriveEspa>

² IPBES, 2023, Informe de evaluación sobre especies exóticas invasoras, <https://www.ipbes.net/ias/learning>

Hay un consenso entre los promotores de estas tecnologías de que los lugares ideales para aplicar esta tecnología son islas pequeñas, donde el mar actúa como una barrera natural, para evitar el escape de los transgenes. Además, una isla pequeña facilita una rápida dispersión de los roedores portadores de la modificación genética que quiere ser probada.

En esta línea se enmarca el programa “Biocontrol genético para roedores invasores” (GBIRd por sus siglas en inglés) que quiere aplicar esta tecnología en el control de ratas y ratones exóticos invasores en ecosistemas insulares, a través de crear roedores que predispongan a las generaciones futuras a ser de un sólo sexo (sólo machos o hembras), logrando así la erradicación. El GBIRd está liderado por la ONG Island Conservation y un consorcio de universidades, agencias estatales y otras organizaciones de conservación.

Entre los lugares seleccionados para aplicar esta tecnología están las Islas Galápagos; específicamente Floreana, una isla de 140 habitantes.

En Galápagos hay un elevado número de especies endémicas. Desde los primeros asentamientos humanos en las islas, bucaneros (prisioneros cuando fue una isla penal) y colonos, se han introducido 23 especies de vertebrados terrestres, algunos muy agresivos con la fauna local.

LA APLICACIÓN DE IMPULSORES GENÉTICOS PUEDE PRODUCIR RUPTURA DE LOS TEJIDOS ECOLÓGICOS EXISTENTES PUES ESTA TECNOLOGÍA ESTÁ DISEÑADA PARA “CREAR CAMBIOS POBLACIONALES A GRAN ESCALA Y PARA IMPACTAR INTENCIONALMENTE ECOSISTEMAS ENTEROS”

MANIPULAR ECOSISTEMAS ENTEROS

Quienes promueven los impulsores genéticos los presentan como mecanismos muy precisos, pero los sistemas vivos y los procesos de reproducción sexual son azarosos e impredecibles.

Los impulsores genéticos están diseñados para distribuirse rápidamente en un ecosistema, sin que haya nada comparable en el mundo natural, lo cual limita nuestra capacidad de predecir su comportamiento. La aplicación de estas tecnologías puede producir la ruptura de los tejidos ecológicos existentes pues esta tecnología está diseñada para “crear cambios poblacionales a gran escala y para impactar intencionalmente ecosistemas enteros”.³

A pesar de los avances en estudios científicos, en realidad sabemos muy poco sobre cómo funciona el tejido de la vida. ¿Estamos realmente listos para dar pasos tan radicales que alterarían el curso de la evolución? Es imposible predecir las consecuencias ecológicas de estos experimentos sin precedentes, que podrían desencadenar consecuencias impredecibles.

A los expertos les preocupa que, dado que estos organismos tienen el potencial de eliminar poblaciones en grandes áreas o incluso afectar especies y ecosistemas enteros, sus implicaciones ecológicas y riesgos ambientales podrían ser considerables. Aunque se sabe que los organismos con impulsores genéticos afectarán los ecosistemas a largo plazo, existe una gran cantidad de lagunas e incertidumbres en el conocimiento sobre los mismos. El potencial de estos nuevos organismos para modificar o erradicar genéticamente poblaciones silvestres, en lugares de importancia para la conservación como son las islas Galápagos, desafían conceptualmente los objetivos de conservación de la naturaleza.

Otro tema es su efectividad. Si se llegan a erradicar por completo los roedores en Floreana ¿quién asegura que éstos no vuelvan a colonizar la isla a partir de individuos procedentes de las otras islas? El tránsito constante de embarcaciones turísticas que recorren varias islas podría ser el vector a través del cual los roedores podrían volver a Floreana. En ese caso, ¿se debe volver a introducir ratas genéticamente modificadas para que en 20 generaciones desaparezcan, que es el tiempo que toma una especie en ser erradicada... y así hasta el infinito?

³ Grupo de trabajo internacional de la sociedad civil sobre impulsores genéticos, 2016, “Impulsos temerarios: Los impulsores genéticos y el fin de la naturaleza”. <https://tinyurl.com/ImpulsosTemerarios>

Ecuador es un país que reconoce a la naturaleza como sujeto de derechos y prohíbe los transgénicos. El análisis de la eliminación de poblaciones de especies invasivas en las islas Galápagos debe ser visto a la luz de la Constitución del Ecuador, donde hay dos elementos a ser tomados en consideración.

La Constitución prohíbe la aplicación de biotecnologías riesgosas o experimentales (Art. 401), como serían la tecnología de impulsores genéticos para la erradicación de especies invasivas en Floreana, pues dado lo nuevo de estas tecnologías, una liberación de roedores modificados genéticamente con inductores genéticos es eminentemente experimental y riesgosa.

Se argumenta que toda tecnología es válida para erradicar las especies invasoras pero éstas no pueden ir en contra de la Constitución, especialmente en lo relacionado a la introducción de biotecnologías experimentales en las zonas de tanta importancia para la conservación de la naturaleza. Una tecnología con tantos riesgos e incertidumbres, que lejos de conseguir los objetivos deseados podrían generar más problemas en los ecosistemas isleños.

El otro punto es que la Constitución reconoce a la naturaleza como sujeto de derechos, incluyendo el derecho a la existencia. Ahora bien, ¿constituyen estas especies parte de la naturaleza?, y por lo mismo ¿son sujeto de derechos? ¿Es ético o legal aplicar tecnologías con el fin de erradicar una especie? ¿Quién decide qué especies se deben erradicar y con qué intereses?

Otro riesgo es que en las Galápagos hay cuatro especies de roedores endémicos, que con su interacción en el ecosistema contribuyen con la dispersión de semillas de la vegetación original. Y aunque no hay roedores endémicos en Floreana, no se puede descartar que los roedores manipulados genéticamente migren a otras islas donde sí los hay. ¿Existe el peligro de que, ocasionalmente, ocurran transferencias genéticas horizontales, es decir, movimientos de genes entre especies diferentes, y que algunos genes se crucen hacia especies relacionadas? Éste es un fenómeno que ya se ha observado con los organismos transgénicos, por lo que la posibilidad no se debe descartar.

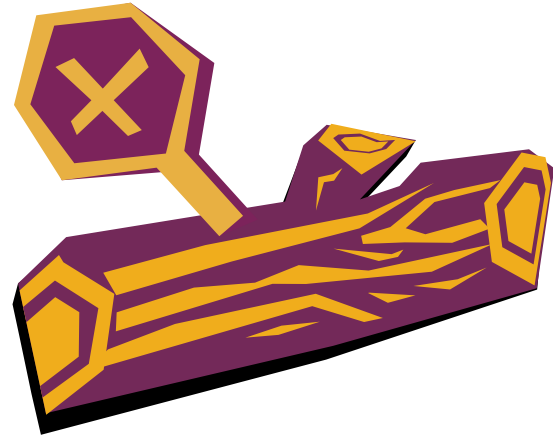
Independientemente de cómo respondamos a estas preguntas, existe un alto riesgo de que la aplicación de estas tecnologías no sólo afecte a las poblaciones que se quiere eliminar, sino a todos los ecosistemas de Floreana, a especies de roedores endémicos, y en este caso, sí se establecería la vulneración de los derechos de la naturaleza.

Finalmente, está el tema de la soberanía que debe ejercer el Ecuador sobre su territorio y su biodiversidad, que en este caso estaría controlado por un grupo de organizaciones de conservación internacionales, sin que el Estado ni los ciudadanos podamos hacer nada, en caso de que las cosas se salgan de control.

**QUIENES PROMUEVEN
LOS IMPULSORES
GENÉTICOS
LOS PRESENTAN COMO
MECANISMOS MUY
PRECISOS, PERO
LOS SISTEMAS VIVOS
Y LOS PROCESOS
DE REPRODUCCIÓN
SEXUAL SON AZAROSOS
E IMPREDECIBLES.**

Maderas mutantes

La experimentación con árboles manipulados, pone en peligro nuestros bosques



ANNE PETERMANN Y LUCY SHARRATT *

Los investigadores en biotecnología y las principales compañías productoras de pulpa y papel quieren asegurar que haya un futuro para los árboles genéticamente modificados, pero la comercialización sigue estando estancada por una fuerte oposición pública en el mundo entero. En 2023, por ejemplo, Suzano, la principal compañía productora de pulpa de madera de Brasil no logró eliminar la prohibición de árboles genéticamente editados que está en vigencia en el programa de certificación del Forest Stewardship Council (FSC).¹ Como resultado de esto, Suzano no ha podido vender sus árboles de eucalipto tolerantes al glifosato, aun cuando están aprobados para comercialización en Brasil. Sin embargo, las compañías y los investigadores tienen una nueva estrategia para vencer la oposición pública y obstáculos como la prohibición del FSC: quieren redefinir qué es una modificación genética.

La edición génica es una forma de modificación genética, pero la industria de la biotecnología está luchando en todo el mundo para definir los organismos sometidos a edición génica como “no modificados

genéticamente”. El objetivo es excluir a las nuevas plantas y animales editados genéticamente de las regulaciones de bioseguridad de los que aplican a los alimentos y plantas transgénicas y evitar que la controversia pública en torno a los transgénicos afecte a los organismos editados genéticamente.

Debido a que los árboles transgénicos han sido muy cuestionados y motivo de fuertes controversias, esa misma estrategia ha sido adoptada por las compañías productoras de pulpa y papel y por los investigadores en árboles transgénicos, buscando así abrir la puerta a los árboles genéticamente modificados.

En febrero de 2026, la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNbio), el organismo regulador en bioseguridad del gobierno brasileño, dictaminó que se permitiera plantar el primer árbol en el mundo de eucalipto editado genéticamente, de la compañía FuturaGene, que es una subsidiaria biotecnológica de Suzano. Este árbol editado genéticamente no fue evaluado en relación al riesgo en seguridad ambiental que le corresponde como organismo genéticamente modificado. Fue exceptuado de la evaluación de riesgo bajo la Resolución Normativa No.16 de Brasil que es

* Anne Petermann es co-fundadora del Global Justice Ecology Project y es coordinadora de la Campaña internacional para detener los árboles transgénicos, contacto: anne@globaljusticeecology.org; Lucy Sharratt es coordinadora de la Red Canadiense de Acción Biotecnológica (CBAN), contacto: coordinator@cban.ca

¹ La Red Canadiense de Acción Biotecnológica (CBAN), Press Release: Forest Stewardship Council Backs Away from Genetic Engineering Following Global Campaign Calling on them to Uphold their Ban on GE Trees, abril 4, 2023. <https://cban.ca/forest-stewardship-council-backs-away-from-genetic-engineering-following-global-campaign-calling-on-them-to-uphold-their-ban-on-ge-trees/>

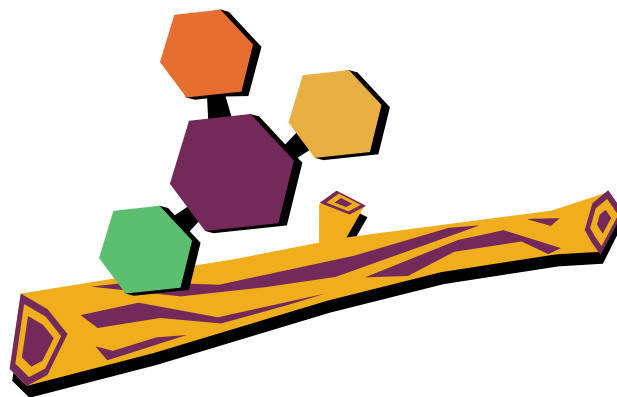
para para productos obtenidos por “Técnicas Innovadoras de Mejoramiento de Precisión.” CTNbio clasificó a este árbol editado genéticamente, producido con la técnica CRISPR/Cas9, como “equivalente al convencional”.² Este es el tipo de “regulación” que la industria de la biotecnología está presionando en todo el mundo: la no regulación.

Las técnicas de edición génica, como CRISPR, cortan secuencias de ADN para gatillar cambios genéticos que resulten en nuevos caracteres. En casos específicos esto permite desarrollar organismos genéticamente modificados que no contienen ADN de otras especies (son no-transgénicos).³ Esto ha dado pie al argumento de que los organismos genéticamente editados no-transgénicos no necesitan ser considerados organismos genéticamente modificados para los propósitos de las regulaciones gubernamentales de seguridad. Sin embargo, este argumento es incorrecto y riesgoso. Centrarse exclusivamente en la presencia o ausencia de ADN de otra especie es peligrosamente simplista y pasa por alto el proceso intrínsecamente riesgoso de manipular el genoma. La presencia de ADN de otra especie es solamente uno entre muchos factores de riesgo que conlleva la ingeniería genética.

Los investigadores en modificación genética de árboles afirman que las nuevas técnicas de edición de genes son más precisas que los métodos de modificación genética anteriores. Sin embargo, el proceso involucrado en la ingeniería genética, incluyendo la edición génica, a menudo resulta en cambios no deseados en el ADN y en rasgos que pueden tener un profundo impacto en el organismo. Los errores genéticos no deseados pueden ocurrir incluso cuando el cambio que se busca es pequeño. Los cortes al ADN mediante CRISPR pueden dañar permanentemente al ADN y a su estructura tridimensional, más allá del “sitio de corte” planificado, alterando el cómo los genes se comportan.⁴ Los cambios no deseados pueden llegar a ser muy peligrosos porque los genes interactúan unos con otros y también con el ambiente, en dinámicas complejas que no están bien comprendidas o no son predecibles.

Incluso los cambios deseados pueden tener consecuencias no deseadas. Con los árboles genéticamente modificados, el potencial de resultados genéticos no esperados y efectos ambientales negativos podrían aumentar y multiplicarse a lo largo de la extensa vida de los árboles.

El Forest Stewardship Council (FSC) excluye a los árboles genéticamente modificados de su programa global de certificación, de manera que quienes promueven los árboles editados han buscado redefinir qué es un organismo genéticamente modificado en las normas del FSC, como una forma de superar esta prohibición. Hasta el momento los argumentos de la industria no han tenido éxito. Por ejemplo, hace poco se le preguntó al FSC por una interpretación oficial: “¿Los árboles cuyo genoma ha sido editado utilizando tecnologías basadas en CRISPR entran dentro de la definición de FSC de ‘Organismo Genéticamente Modificado?’” El FSC respondió correctamente “Sí” y afirmó que, “El elemento de la definición que menciona “alterado de una manera que no ocurre naturalmente” se entiende como una referencia tanto al cambio resultante en el genoma como al proceso utilizado para inducirlo; por lo tanto, cualquier tecnología de ingeniería genética entra dentro del alcance de la definición de organismo genéticamente modificado.” Sin embargo, el FSC está



² CTNbio, 288ª Reunião Ordinária da CTNbio – Fevereiro/2026, <http://ctnbio.mctic.gov.br/documents/566529/2419507/Deliberacao%20A7%20C3%B5es+288+PLEN%C3%81RIA-FEVEREIRO+-+2026/4da9bc81-3f8c-45fc-beff-3b9608c17df9?version=1.0>; CTNbio, 88ª REUNIÃO ORDINÁRIA DA COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA – CTNbio, 5 de febrero de 2026. <http://ctnbio.mctic.gov.br/documents/566529/2419507/Deliberacao%20A7%20C3%B5es+288+PLEN%C3%81RIA-FEVEREIRO+-+2026/4da9bc81-3f8c-45fc-beff-3b9608c17df9?version=1.0>

³ La Red Canadiense de Acción Biotecnológica (CBAN), La edición genómica es una nueva forma de ingeniería genética: Introducción y resumen general, septiembre 2025. <https://cban.ca/gmos/issues/gene-editing/la-edicion-genomica/>

⁴ Susanne Bantele et al. Repair of DNA double-strand breaks leaves heritable impairment to genome function. *Science* **390**, eadk6662 (2025).

en una consulta acerca de esta interpretación y la respuesta final aún no ha sido publicada. Entretanto, Suzano espera poder utilizar la edición génica como una estrategia para comenzar la comercialización de árboles genéticamente modificados y mantener al mismo tiempo su certificación FSC, que es un importante factor de ventas.

La gran mayoría de la investigación sobre árboles genéticamente modificados se centra en el aumento de la productividad de los árboles con fines industriales. La industria quiere árboles de crecimiento más rápido, árboles que puedan sobrevivir a los pesticidas y a los insectos y que sean tolerantes al frío para expandir las plantaciones industriales hacia nuevas regiones. Las compañías también quieren árboles que tengan madera más fuerte y más recta para tablas o madera que sea más barata de procesar para pulpa y papel.⁵ Estos cambios se están intentando en gran medida por aumento o reducción del tipo de “lignina”, que es el principal componente estructural en los árboles y que le confiere la resiliencia a un abanico de condiciones de estrés. Reducir la lignina les permitiría a las compañías procesar los árboles más rápidamente y de forma más económica para servir a la “bioeconomía”, para producir textiles, electricidad, químicos y plásticos. Suzano señala que los árboles de su eucalipto editado genéticamente tienen una “mejor calidad de madera” que permite reducir la cantidad de químicos y energía usada en el proceso de convertir los árboles en pulpa.⁶

Pero primero las compañías necesitan vencer el rechazo público a la manipulación genética. Es por esto que Sofía Valenzuela, la investigadora líder en árboles genéticamente modificados en Chile, señala que está convenciendo al gobierno para iniciar una campaña nacional de comunicación estratégica, para lograr la aceptación pública de los árboles editados genéticamente.⁷ Ella señala, “Ha sido una larga batalla para poder comercializar árboles genéticamente modificados, casi después de tres décadas no habíamos tenido éxito en autorizar su uso [en Chile]. Veo que la edición genómica nos abre una nueva puerta para tener estos árboles en plantaciones comerciales.”⁸ Valenzuela

ESTÁ CLARO QUE LA LIBERACIÓN DE ÁRBOLES GENÉTICAMENTE MODIFICADOS, MEDIANTE EDICIÓN GÉNICA U OTRA FORMA, SERÍA UNA AMENAZA PARA LOS BOSQUES Y LOS ECOSISTEMAS FORESTALES.

trabaja en el departamento de Genómica Forestal en el Centro de Biotecnología de la Universidad de Concepción y conduce ensayos de campo con árboles editados genéticamente en colaboración con Arauco, la compañía productora de pulpa más grande de Chile y una de las más grandes del mundo, con operaciones en siete países.

Cada dos o tres años, en distintos lugares en el mundo, los investigadores que trabajan en árboles genéticamente modificados se reúnen en la conferencia “Tree Biotechnology” del organismo International Union of Forest Research Organizations (IUFRO). Los árboles editados genéticamente son ahora un punto central de la discusión.

⁵ La Red Canadiense de Acción Biotecnológica (CBAN) & la Campaña para DETENER los árboles genéticamente modificados (, Estatus global del desarrollo de árboles genéticamente modificados: Una creciente amenaza, 2022. <https://stopgetrees.org/wp-content/uploads/2022/09/The-Global-Status-of-Genetically-Engineered-Tree-Development-ES.pdf>

⁶ FuturaGene, Press release: FuturaGene secures world-first regulatory approval for gene-edited eucalyptus, febrero 13, 2026. <https://www.suzano.com.br/news/futuragene-secures-world-first-regulatory-approval>

⁷ Lucy Sharratt, La Red Canadiense de Acción Biotecnológica (CBAN), Conversation with Sofia Valenzuela, IUFRO Tree Biotech 2024 Conference, Maryland, USA, agosto 4, 2024

⁸ Daniel Norero, Interview with Dr. Sofia Valenzuela: Global potential of forest biotechnology, septiembre 2, 2019. <https://allianceforscience.org/blog/2019/09/interview-global-potential-forest-biotechnology/>

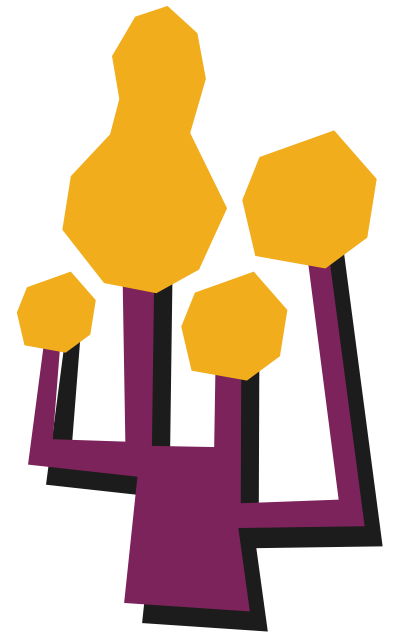
En la conferencia de IUFRO sobre biotecnología en árboles en 2024 en los Estados Unidos, la empresa chilena Arauco presentó su investigación sobre árboles editados genéticamente. Claudio Balocchi de Bioforest Arauco, una compañía de investigación de Arauco, propuso que la edición génica no es ingeniería genética, sino que es una forma de mutagénesis “sin ADN ajeno”, que podría ocurrir en la naturaleza y debe ser, por lo tanto, excluida de las regulaciones.

Arauco colabora con Tree-Co, con sede en la Universidad Estatal de Carolina del Norte (NCSU) en los Estados Unidos, que se especializa en tecnologías CRISPR-Cas de edición genética para árboles. Tree-Co fue fundada por los investigadores Jack Wang y Rudolf Barrangou, quienes hicieron el lanzamiento de su compañía en la conferencia de IUFRO en la NCSU en el año 2019. En la conferencia, Barrangou argumentó que la edición de genes tiene el potencial de revolucionar la industria forestal.

La presentación de Barrangou en 2019 describió la edición génica para un gran rango de especies – desde cerdos para alimento hasta mariposas con patrones de alas rediseñados. Hizo alardes acerca de que CRISPR permite a los investigadores editar el genoma o epigenoma de “cualquier especie en la tierra”, aunque admitió que no funciona de manera perfecta.⁹ Sin embargo, aseguró a la audiencia que se estaban realizando esfuerzos para mejorar la tecnología. Enfatizó que el primer obstáculo para aplicar la edición de genes al sector forestal no es un obstáculo científico sino social y regulatorio, argumentando que las tecnologías de edición génica deberán superar el sentimiento y la regulación anti organismos genéticamente modificados.

A pesar de su optimismo, Barrangou reconoció los dilemas éticos y existenciales que presenta CRISPR, como, por ejemplo, manipular la herencia de los organismos sin una total comprensión de las consecuencias a largo plazo. Advirtió que mientras los humanos sobresalen en la capacidad de inventar, a menudo somos ciegos en cuanto a las consecuencias. Al final, sin embargo, enmarcó las dificultades no como científicas sino como una batalla sobre la percepción y aceptación públicas.

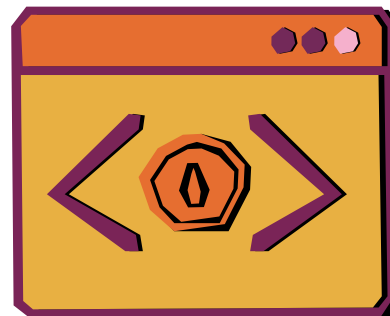
Mientras los investigadores intentan desesperadamente proteger y promover sus inversiones en investigación en árboles genéticamente modificados, podemos esperar promesas y afirmaciones audaces sobre los supuestos beneficios de los árboles editados genéticamente. Sin embargo, está claro que la liberación de árboles genéticamente modificados, mediante edición génica u otra forma, sería una amenaza para los bosques y los ecosistemas forestales, con efectos en muchas comunidades locales y pueblos indígenas. Los potenciales impactos negativos podrían ser profundos e irreversibles.



⁹ Anne Petermann, Notes from IUFRO Tree Biotech 2019 Conference, North Carolina, USA. junio 24, 2019. <https://stop-getrees.org/post-2-iufro-tree-biotechnology-2019-brought-to-you-by-the-makers-of-crispr/>

Semillas en código

Secuencias digitalizadas y la nueva era de la biopiratería global



ELIZABETH BRAVO V. *

Los genes de todos los organismos vivos están determinados por la secuencia de cuatro diferentes tipos de moléculas, llamados nucleótidos o bases orgánicas que en su conjunto forman una macromolécula de ADN. Al conjunto de genes de un ser vivo se le denomina genoma.

La industria de la digitalización y la inteligencia artificial (IA), ha transformado esta maravillosa forma de transmisión de la herencia, en lo que se ha dado por llamar “secuencias digitalizadas de genes”. Empresas del área de salud, agricultura, así como centros de investigación del Norte Global, han secuenciado una enorme cantidad de genomas de organismos vivos.

Las bases individuales contenidas en los genes son consideradas como datos. A estos datos acumulados de secuenciación de genes y almacenados en blockchain se le aplican programas de inteligencia artificial para identificar asociaciones y hacer predicciones sobre el comportamiento de los genes.

Los cultivos alimentarios de importancia económica siempre han sido un objetivo principal de los esfuerzos de secuenciación, ya que esto proporciona información sobre los genes responsables de rasgos agrónomicamente favorables y de interés para la industria. La base de datos FAOSTAT muestra que la gran mayoría de las especies de cultivos alimentarios de importancia comercial ya han sido secuenciadas.¹

La información sobre la secuencia del genoma vegetal facilita enormemente los estudios de biología vegetal, genómica funcional, evolución de genomas y genes, procesos de domesticación y relaciones filogenéticas entre especies y variedades.

La inteligencia artificial es una herramienta importante para los investigadores en biología molecular, pues les ayuda a identificar relaciones no lineales entre genes y la forma como la información codificada en los genes se expresa (lo que se llama fenotipo, como el color de un grano de maíz). Se aplica especialmente cuando se trata de caracteres en los que participan múltiples genes como el rendimiento de un cultivo.

La inteligencia artificial puede hacer predicciones también a nivel epigenético, pues a través de estas herramientas, se puede predecir procesos regulatorios de los genes (es decir, información que no está en los genes sino en cómo estos se están regulados). Por ejemplo, se puede aplicar para predecir la resistencia o susceptibilidad de una variedad de arroz a ciertas enfermedades y los elementos regulatorios que pueden encenderse o apagarse, de ser necesario.

La secuenciación de genes aplicada a la inteligencia artificial puede también facilitar la manipulación genética, especialmente la edición génica.

* Elizabeth Bravo Velásquez es ecuatoriana, bióloga y autora de numerosos artículos y libros sobre modificación genética. Es integrante de Acción Ecológica y coordinadora de la red por una América Libre de Transgénicos. ebravo@rallt.org

¹ <https://www.fao.org/faostat>

UNA CORTA HISTORIA DE LA SECUENCIACIÓN DE GENES

En 2022 se conmemoró el 50 aniversario de la secuenciación del primer gen completo. En 1965, secuenció el primer ARN de transferencia. Posteriormente, en 1972, Walter Fiers secuenció por primera vez el ADN de un gen completo (el gen que codifica la proteína de la cubierta de un virus). A partir de ahí, se puede dividir la secuenciación del ADN en tres “generaciones”:

La primera generación estuvo marcada por el método conocido como secuenciación de Sanger, introducido en 1977. La secuenciación Sanger fue utilizada durante más de 30 años.

Sin embargo, la secuenciación de Sanger carecía de automatización y era extremadamente lenta. Dado su potencial, se trabajó intensamente para automatizarla. En 1987, Leroy Hood y Michael Hunkapiller lograron automatizar el proceso, introduciendo dos innovaciones: el uso de marcadores colorantes fluorescentes en lugar de moléculas radiactivas y la adquisición y análisis de datos por computación.

En 1996 se inicia la segunda generación de la secuenciación, cuando Mostafa Ronaghi, Mathias Uhlen y Pål Nyren introdujeron la pirosecuenciación, porque medía la medición de la luminiscencia generada en la síntesis de pirofosfato durante la secuenciación. Luego se implementó en un sistema automatizado, el sistema 454, que fue la primera plataforma de secuenciación de nueva generación en llegar al mercado. Luego se desarrollaron otras plataformas: SOLiD de “secuenciación por ligación” de 2007 y el Ion Torrent de Life Technologies de 2011, que utiliza la tecnología de “secuenciación por síntesis” que detecta iones de hidrógeno cuando se sintetiza ADN nuevo.

Los sistemas de Oxford Nanopore Technologies son sistemas portátiles para la secuenciación de ARN y ADN. Fueron presentados por primera vez en 2012 y utilizan los cambios en la conductividad eléctrica, cuando las hebras de ADN pasan a través de nanoporos biológicos para identificar la secuencia de nucleótidos.

La secuenciación de nueva generación (NGS por sus siglas en inglés) incluye diversas tecnologías que realizan la secuenciación y recopilan datos de múltiples reacciones que se ejecutan simultáneamente. También se conoce como secuenciación masiva en paralelo. Aunque existen numerosas plataformas de secuenciación de nueva generación (NGS), todas siguen tres pasos generales: preparación de la muestra/biblioteca, amplificación y secuenciación y generación y análisis de datos, a partir de una gran cantidad de datos brutos.

El primer genoma vegetal que fue totalmente secuenciado fue el modelo de laboratorio *Arabidopsis thaliana*, publicado en el año 2000. Se necesitaron 10 años más para alcanzar el hito de 20 genomas de plantas secuenciadas, pero solo otros 4 años, para superar los 100 genomas. En 2020 se habían secuenciado 500 genomas de plantas. En los siguientes dos se secuenciaron 500 genomas de plantas adicionales. Para finales de 2024, se habían secuenciado más de 1800 especies de plantas.

Los cambios en las tecnologías de secuenciación han ido de la mano del desarrollo de algoritmos bioinformáticos más potentes para el ensamblaje y la anotación de datos genómicos.

Fuentes: Schroeder K. (2022); Schwacke R. (2024)

La edición génica es un tipo de ingeniería genética que producen cambios específicos en el ADN de una célula u organismo en condiciones de laboratorio, a través del corte, silenciamiento o inserción de genes usando técnicas como el llamado CRISPR/Cas9.¹⁴⁶ La edición génica funciona con la información contenida en los genes.

Con la gran cantidad de datos almacenados en las bases de datos, se está aplicando la inteligencia artificial (IA) como una herramienta para la edición génica. Los algoritmos de IA pueden identificar relaciones no lineales entre genes (genotipo) y algunos rasgos (fenotipo) de interés para la industria,² y hacer predicciones sobre qué sucedería si se silencia o se inserta un nuevo gen, o cómo funcionaría un gen bajo determinadas condiciones ambientales.⁴

La IA se aplica para identificar los genes adecuados para las estrategias de edición génica, especialmente para rasgos en los que participan múltiples genes como por ejemplo la tolerancia al estrés abiótico y los rendimientos que puede tener una nueva variedad de plantas. Los algoritmos están entrenados para alimentar datos en tiempo real; construyen modelos que parecen buscar patrones entre datos existentes y lo que se quiere predecir.

Se trabaja con lo que se llama genes influyentes, por ej. de resistencia, calidad o rendimiento de un cultivo. Se aplica también la inteligencia artificial (IA) para analizar cambios en el tiempo, cambios dinámicos en expresión de genes o expresiones de genes bajo diferentes condiciones ambientales.

Entre más datos se acumulen, más próximas a una posible realidad serán las predicciones, pero nunca serán perfectas. Y ahí el peligro del uso de la inteligencia artificial en la manipulación de la vida.

Uno de los cultivos con los que más se trabaja en edición génica es el arroz. Tiene 43 millones de bases orgánicas.⁵ Se utiliza la inteligencia artificial para predecir la resistencia a enfermedades del arroz, elementos regulatorios y muchos otros aspectos de interés para la edición génica.

Pero trae nuevos riesgos de incertidumbres, distorsiones o alucinaciones; un efecto llamado *caja negra*; es decir, no se sabe por qué la IA elige ciertas probabilidades.⁶ El uso de la IA para diseñar digitalmente sistemas genéticos, traslada el proceso de ingeniería genética a una “caja negra” algorítmica incognoscible en la que las decisiones individuales de diseño no pueden rastrearse ni explicarse.

Las herramientas de IA pueden ser tanto descriptivas como generativas: analizan datos biológicos y realizan predicciones, diseñan secuencias funcionales de ADN, ARN y proteínas, incluidas secuencias “nuevas para la naturaleza”.

Este carácter opaco de “caja negra” del biodiseño de la IA, es inherente a la IA generativa. En el contexto de la biotecnología, desafía las capacidades actuales de evaluación de la bioseguridad, y socava los requisitos de supervisión de las nuevas tecnologías.

LA INDUSTRIA DE LA DIGITALIZACIÓN Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA), HA TRANSFORMADO A LA TRANSMISIÓN DE LA HERENCIA, EN DATOS Y “SECUENCIAS DIGITALIZADAS DE GENES”.

² Más información sobre esta tecnología de manipulación genética en Bravo, E (2025). Cortando y pegando genes para manipular la vida. La edición génica, sus peligros y normativa en América Latina. Quito, Acción Ecológica. Disponible en <https://tinyurl.com/Cortando-Genes>

³ La resistencia a determinados químicos como los herbicidas es la característica más explotada por la industria.

⁴ Xiaoyan Chen, et al (2025). The application of artificial intelligence and gene editing technologies in high-yield crop breeding: Innovations and prospects for future agriculture. *Advances in Resources Research*. Vol. 5 (1): 146-166 https://doi.org/10.50908/arr.5.1_146

⁵ Achterberg F. (2025). When chatbots breed new plant varieties. Ponencia presentada en el taller el 2 de junio 2025 por TestBiotech. Informe disponible en <https://tinyurl.com/Chatbot-breeding>

⁶ Por ejemplo, el Convenio sobre Diversidad Biológica y el Tratado de Recursos Fitogenéticos de la FAO.

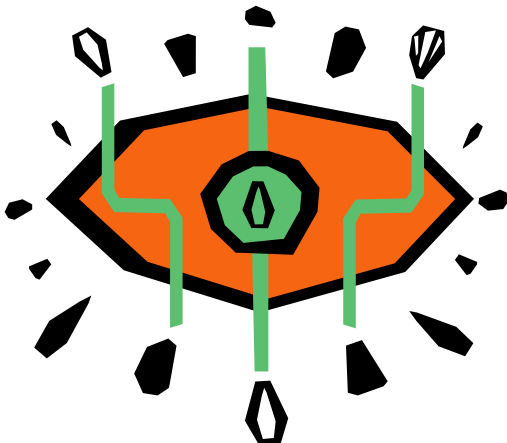
LOS DEBATES SOBRE LAS SECUENCIAS DIGITALIZADAS DE GENES

Uno de los temas que más se discuten en las negociaciones internacionales sobre biodiversidad y recursos genéticos, es el acceso a las secuencias digitalizadas de genes (DSI por sus siglas en inglés) y la repartición justa y equitativa de los beneficios que surjan de las aplicaciones de esta información.

Entre más datos genéticos se acumulen en las bases de datos, mejores podrían ser las predicciones; aunque nunca serán totalmente certeras, como sucede con otras aplicaciones de la inteligencia artificial, sólo que aquí estamos hablando de la manipulación o creación de nuevos seres vivos, que pueden entrar al medio ambiente, reproducirse, mutar y generar impactos totalmente impredecibles.

Mucho tiempo y energía han invertido algunos países ricos en biodiversidad, así como organizaciones que siguen estas negociaciones internacionales, incluyendo organizaciones indígenas y campesinas. Fue muy simbólico que en la ciudad de Cali – Colombia (uno de los países más ricos en biodiversidad del mundo), se decidiera la puesta en funcionamiento de un mecanismo multilateral para la participación justa y equitativa en los beneficios derivados del uso de las DSI, incluyendo un fondo global; el “Fondo de Cali para la Participación Justa y Equitativa en los Beneficios del Uso de la Información Digital sobre Secuencias de Recursos Genéticos”.⁷

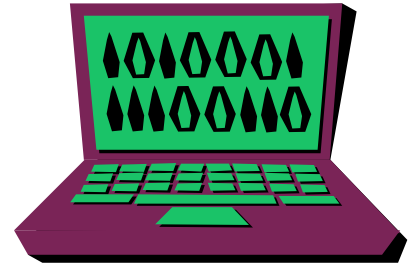
Se decidió además que se seguirá explorando posibles nuevas herramientas y modelos de implementación de estas decisiones, como bases de datos para que la información digital sobre secuencias de recursos genéticos esté disponible y accesible públicamente. Accesible ¿para qué? Entre otras cosas, para producir nuevas formas de organismos genéticamente modificados.



⁷ Decisión 16/2 de la 16ª. Conferencia de las Partes del Convenio sobre Diversidad Biológica, que se realizó en Cali en 2024.

Inteligencia artificial en la edición génica

“Cajas negras” que ponen en peligro la bioseguridad



EKATERINA PAPUSHEVA *

Las herramientas impulsadas por la inteligencia artificial (IA) podrían convertir a la edición genética en una línea de producción a alta velocidad – son necesarias nuevas reglas que puedan proteger a ecosistemas enteros.

LOS PELIGROS OCULTOS DEL “MEJORAMIENTO GENÉTICO DE PRECISIÓN”

Los científicos están desarrollando sistemas de modificación genética como CRISPR-Cas y otras técnicas de inserción dirigida para modificar el ADN de cultivos que declaran serían, por ejemplo, para mejorar la resistencia a la sequía, repeler plagas o alterar componentes nutricionales. Cuando esas modificaciones no introducen ADN ajeno, los marcos regulatorios en algunos países, como Argentina y Estados Unidos, los consideran cultivos convencionales. Otros países de América del Sur, Asia y Europa están en distintas etapas en el desarrollo de leyes similares. Ello implica que en los países donde estos marcos regulatorios sean aceptados, este tipo de cultivos podría sembrarse como uno convencional, sin pasar por supervisión, seguimiento posterior a su liberación o etiquetado.

El supuesto que hay detrás es que las ediciones de precisión del ADN sin inserción de material genético ajeno serían inherentemente seguras y equivalentes a las variaciones genéticas que ocurren naturalmente. Este supuesto es peligroso. De manera similar a como un punto y coma fuera de lugar puede destruir el significado de una frase importante, los cambios en un solo nucleótido del ADN pueden gatillar efectos en cadena en un organismo. A diferencia del mejoramiento genético tradicional – donde el trabajo campesino y la evolución probaban las combinaciones genéticas durante milenios – la edición de genes crea nuevos cambios sin los mecanismos de seguridad de la naturaleza.¹

Consideremos, por ejemplo, el evento 305423 de soja modificada de DuPont Pioneer, que fue creado usando métodos de modificación genética anteriores. Las revisiones de seguridad obligatorias revelaron que inactivando un gen individual, causó un encadenamiento de 51 cambios metabólicos: los niveles de ácido oleico aumentaron 350%, algunos ácidos grasos aumentaron 20 veces y ácidos grasos esenciales disminuyeron 90%. Los encargados de regular y controlar lo aprobaron de todos modos. Más tarde, la empresa Calyxt creó un rasgo similar de alto contenido de ácido oleico usando edición genética, afectando la misma vía metabólica

* La autora es bióloga molecular y neurocientífica, fue investigadora del Instituto de Ciencia y Tecnología de Austria y del Instituto Max Planck. Actualmente es parte de Save Our Seeds, Alemania, donde trabaja por el uso responsable de las tecnologías emergentes, con énfasis en la integridad de los ecosistemas y la innovación ética. papusheva@saveourseeds.org

¹ Kawall, K. New Possibilities on the Horizon: Genome Editing Makes the Whole Genome Accessible for Changes. *Front. Plant Sci.* **10**, (2019). Volis, S., Shulgina, I., Zaretsky, M. & Koren, O. Epistasis in natural populations of a predominantly selfing plant. *Heredity* **106**, 300–309 (2011).

del ácido graso. Inicialmente, esta variedad fue cultivada en una extensa superficie en los EEUU, pero fue retirada del mercado alrededor de 2020 – 2021 debido a los bajos rendimientos y al fracaso comercial. Al ser considerado un “mejoramiento genético de precisión”, evitó la evaluación de riesgos y el control regulatorio – no hubo análisis de riesgos e impactos en los ecosistemas, no hubo seguimiento, no hubo aislamiento de cultivos convencionales, ni etiquetado para los consumidores. Esto es de gran importancia, porque los cambios de ácidos grasos en los cultivos pueden afectar cadenas tróficas completas. Los aceites vegetales modificados afectan al desarrollo de insectos, los mecanismos de defensa de las plantas y el ciclo de nutrientes en el suelo.² La misma modificación biológica recibe un tratamiento regulatorio totalmente diferente solamente teniendo en cuenta la técnica, no el impacto biológico.

EDICIÓN GÉNICA ACELERADA POR IA: UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN BASADA EN HERRAMIENTAS INMADURAS Y SIN SUPERVISIÓN

Los algoritmos de aprendizaje automatizado y otras herramientas de inteligencia artificial están siendo usadas para acelerar de manera intensiva la investigación genética y, entre otros aspectos, el desarrollo de nuevos cultivos (Fig. 1). A los científicos les tomó 50 años mapear 190.000 estructuras moleculares de proteínas. El programa AlphaFold de Google fue usado para predecir la estructura de 200 millones de proteínas en dos años – prácticamente todas las proteínas de los organismos conocidos.³ Este conocimiento de las estructuras moleculares, generado en minutos en lugar de meses, podría cambiar de manera fundamental el ritmo de la investigación en edición

genética. Las herramientas modernas de la inteligencia artificial podrían intervenir en todo el proceso de edición genética, incluyendo, por ejemplo, la selección de sitios a ser intervenidos, el diseño del ARN guía, la predicción de efectos no buscados y el análisis de los resultados (revisado en Groff-Vindman).⁴ Las herramientas de la inteligencia artificial como CRISPR están diseñadas como ayuda para que los científicos puedan seleccionar los sitios más efectivos para ser editados y herramientas como CRISOT se supone son para ayudar a minimizar los cambios no deseados. Se desarrollan algoritmos para predecir cómo se supone que las modificaciones genéticas se propagan a través de las redes químicas de un organismo, lo que permite predecir por medios computacionales en poco tiempo lo que anteriormente habría tomado décadas para determinarlo experimentalmente.

EL USO DE INFORMACIÓN DIGITAL DE SECUENCIAS A MENUDO SE REALIZA SIN EL CONSENTIMIENTO DE LAS COMUNIDADES DE ORIGEN

² Colombo, S. M., Campbell, L. G., Murphy, E. J., Martin, S. L. & Arts, M. T. Potential for novel production of omega-3 long-chain fatty acids by genetically engineered oilseed plants to alter terrestrial ecosystem dynamics. *Agric. Syst.* **164**, 31–37 (2018).
Omega-3 deficiency impairs honey bee learning | PNAS.
<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1517375112>.
Koller, F., Cieslak, M. & Bauer-Panskus, A. Environmental risk scenarios of specific NGT applications in Brassicaceae oilseed plants. *Environ. Sci. Eur.* **36**, 189 (2024).

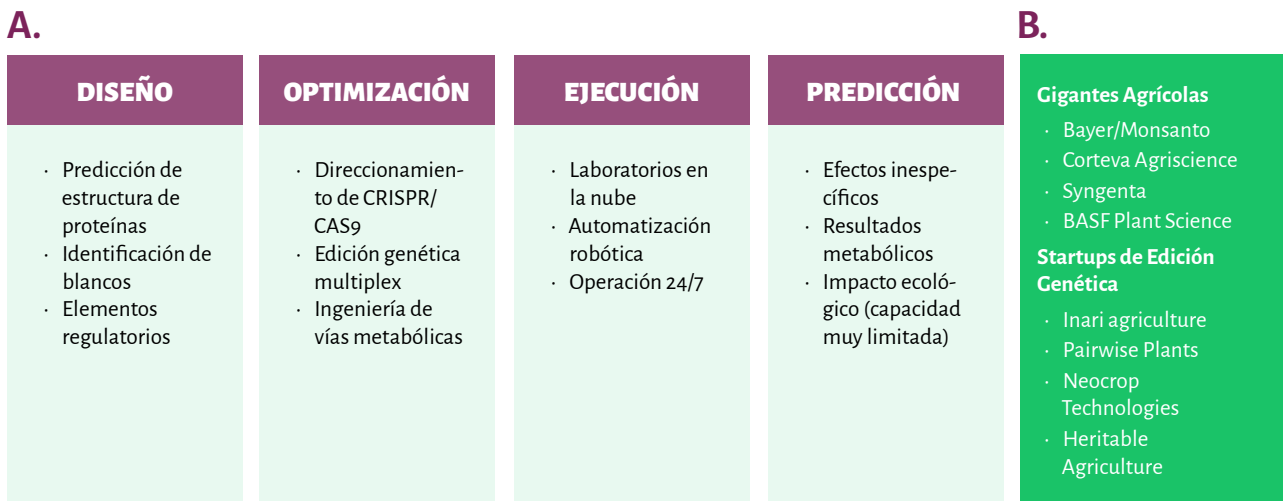
³ AlphaFold reveals the structure of the protein universe. Google DeepMind <https://deepmind.google/discover/blog/alpha-fold-reveals-the-structure-of-the-protein-universe/> (2022).
Jumper, J. et al. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature* **596**, 583–589 (2021).

⁴ Groff-Vindman, C. S. et al. The convergence of AI and synthetic biology: the looming deluge. *Npj Biomed. Innov.* **2**, 20 (2025).

FIGURA 1. cómo las herramientas basadas en la inteligencia artificial facilitan la edición genética.

A. la herramientas de ia aceleran la edición genética en los puntos de control críticos.

B. el escenario de adopción por parte de la industria que está surgiendo.



Hay algo aún más preocupante: los “laboratorios en la nube” ofrecen ahora “servicios biológicos”. Estas instalaciones totalmente automatizadas permiten a la inteligencia artificial diseñar experimentos, ejecutarlos con brazos robóticos y que algoritmos de aprendizaje automático interpreten los resultados. Compañías como Emerald Cloud Lab y Strateos le permiten a cualquiera solicitar modificaciones genéticas en bacterias y levaduras – organismos con potenciales usos agrícolas. Esto permite que personas sin experiencia en trabajo de laboratorio diseñen nuevos organismos mediante ingeniería genética, mientras que el debate sobre sus consecuencias y el control regulatorio ni siquiera han comenzado a ponerse al día.

Las inversiones privadas en el área se están acelerando. El financiamiento mediante capital de riesgo de empresas de edición genética en agricultura recientemente creadas aumentó en 206% en 2024.⁵ Los proyectos de Heritable Agriculture, empresa con sus orígenes en Google, afirma que sus herramientas de inteligencia artificial pueden ayudar a reducir el desarrollo de cultivos de entre 7 a 10 años a un plazo de solo 12 a 18 meses.⁶ Algunas compañías agrícolas como Benson Hill e Inari están integrando la inteligencia artificial con CRISPR para el diseño de cultivos. Estos desarrollos

de la industria podrían no representar simples experimentos, sino una nueva realidad de cómo la industria planea desarrollar cultivos⁷, donde las modificaciones genéticas diseñadas con la ayuda de la inteligencia artificial podrían convertirse en una práctica estándar.

Ya se ven los primeros resultados. Neocrop Technologies afirma haber acertado el plazo de desarrollo del trigo de alto contenido de fibra a 2 años – desde el inicio del proyecto en 2023 a la aprobación de los ensayos de campo en 2025. La compañía asegura que usó programas informáticos basados en la inteligencia artificial para explorar el complejo genoma del trigo e identificar los sitios a ser intervenidos para la edición relacionada con el contenido de fibra, entre miles de posibles sitios del genoma. En Chile, los encargados de la regulación se apresuraron a clasificarlo como un trigo “convencional” – no modificado genéticamente – permitiendo comenzar inmediatamente con ensayos de campo, aunque el producto comercial aún no ha llegado a los mercados. Con las herramientas de la inteligencia artificial cada vez más utilizadas para acortar los tiempos de desarrollo y el marco regulatorio simplificado o incluso totalmente ignorado, el camino hacia la comercialización se acelera.

⁵ Gabbio, S. Investment in agriculture gene editing grew 206% YoY in H1 2024, hinting at sector recovery and new momentum. AgFunderNews <https://agfundernews.com/investment-in-agriculture-gene-editing-grew-206-yoy-in-h1-2024-hinting-at-sector-recovery-and-new-momentum> (2024).

⁶ Heritable Agriculture AI predicts best genetic modifications. <https://www.winssolutions.org/heritable-agriculture-ai-crop-breeding/> (2025).

⁷ Top 20 Startups Leading Agricultural Biotechnology in 2025. <https://www.scispot.com/blog/top-20-agricultural-biotech-startups-in-the-world>.

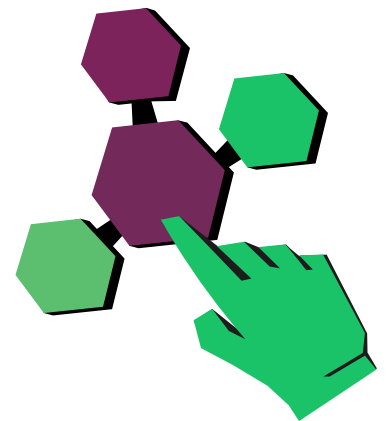
Sin embargo, las herramientas de la inteligencia artificial siguen siendo un trabajo en etapas de desarrollo, con importantes limitaciones. Muchos modelos de algoritmos usados en aplicaciones de edición génica – como redes de aprendizaje automatizado y modelos transformadores de IA – funcionan como “cajas negras” donde los procesos de toma de decisiones siguen siendo opacos. Incluso los desarrolladores reconocen estas limitaciones: en el estudio de Li et al. sobre el modelamiento de secuencias reguladoras en plantas⁸, los autores admiten que no podrían validar todas las predicciones de sus modelos. Los modelos dependen fundamentalmente de los datos con los que fueron entrenados, los cuales a menudo contienen sesgos importantes, con sobre-representación de ciertos organismos modelo y de genomas que han sido bien caracterizados, a la vez que los efectos raros pero importantes se encuentran subrepresentados. Además de esto, las herramientas basadas en la inteligencia artificial pueden asignar una alta valoración a predicciones incorrectas, creando una falsa certeza. A pesar de que los desarrolladores buscan crear modelos más eficientes y sólidos, esto sigue siendo un área de investigación más que una tecnología madura.

Más aún, la implementación de la inteligencia artificial en sí crea una preocupante paradoja: mientras baja las exigencias de habilidades técnicas – convirtiendo procesos complejos en algo accesible para agentes con poca experiencia – puede, de manera simultánea, bajar el umbral crítico para aceptar propuestas cuestionables. Por lo tanto, podríamos esperar que cuando la inteligencia artificial proponga diseños genéticos aparentemente sofisticados, habrá menor capacidad crítica para analizar los supuestos implícitos o los potenciales riesgos.

Más allá de las capacidades técnicas, el mejoramiento genético impulsado por la inteligencia artificial genera dudas sobre la gobernanza que no están resueltas. Por ejemplo, el uso de información digital de secuencias – datos genéticos extraídos de organismos en países ricos en biodiversidad – a menudo se realiza sin el consentimiento de las comunidades de origen ni acuerdos de reparto de beneficios, habilitando de hecho una nueva forma de biopiratería.

Estas preocupaciones son particularmente importantes en la medida que las herramientas de la inteligencia artificial actualmente pueden extraer información y aprovechar enormes bases de datos genómicos recopiladas a partir de organismos de todo el mundo.

Estos vacíos técnicos y en la gobernanza agregan otra capa de preocupaciones de gran importancia respecto al aceleramiento de la edición génica asistida por la inteligencia artificial en cultivos agrícolas. Con un marco regulatorio que tiende a minimizar los controles de seguridad para ciertas categorías de cultivos editados genéticamente, los productos desarrollados a través de procesos guiados por la inteligencia artificial pueden ser liberados a campo en los ecosistemas, antes de que sus impactos ecológicos sean realmente comprendidos. La combinación de herramientas de la inteligencia artificial inmaduras, menores barreras técnicas, procesos algorítmicos opacos y marcos regulatorios permisivos crean un escenario particularmente riesgoso – uno donde las herramientas de diseño y la supervisión de seguridad e inocuidad pueden ser inadecuadas para proteger los ecosistemas agrícolas y la inocuidad de los alimentos.



⁸ Dolezel, M., Miklau, M., Heissenberger, A., Kroeger, I. & Otto, M. Complexity Meets Risk—The Next Generation of Genome-Edited Plants Challenges Established Concepts for Environmental Risk Assessment in the EU. *Plants* **14**, 1723 (2025)

FIGURE 2. Marco de evaluación regulatoria - actual versus criterios necesarios.

Según Dolezel et al., 2025 - Complexity Meets Risk: Next Generation Genome-Edited Plants

**POR QUÉ LOS ACTUALES SISTEMAS DE SEGURIDAD SON INADECUADOS**

La ingeniería genética asistida por la inteligencia artificial está comenzando a disminuir las barreras para crear nuevos organismos. Mientras tanto, en algunos países, los entes reguladores han desarrollado marcos más permisivos para las técnicas de modificación genética que cambian los genomas sin introducir ADN ajeno. Estos enfoques regulatorios que discriminan entre técnicas de modificación en lugar de evaluar los resultados biológicos, no toman adecuadamente en cuenta los riesgos ecológicos y de otra naturaleza, algo que ha

ocurrido con el mejoramiento genético convencional y la transgénesis, pero se vuelve aún más preocupante en el caso de la edición genética (revisado en Dolezel).⁹

La actual evaluación de riesgos depende en gran medida de la comparación de componentes – nutrientes, proteínas y otros componentes - entre cultivos editados y no editados, pero este enfoque no incorpora las complejas interacciones ecológicas o los efectos sistémicos a largo plazo (Fig. 2). Las compañías (Fig. 1B) utilizan programas computacionales de inteligencia

⁹ Dolezel, M., Miklau, M., Heissenberger, A., Kroeger, I. & Otto, M. Complexity Meets Risk—The Next Generation of Genome-Edited Plants Challenges Established Concepts for Environmental Risk Assessment in the EU. *Plants* 14, 1723 (2025).

artificial para apoyar sus intentos de desarrollar cultivos agrícolas con supuestos rasgos específicos, como valores nutricionales alterados, resistencia a plagas o tolerancia a la sequía. Sin embargo, la información pública disponible acerca de cómo estos sistemas modelan las interacciones ecológicas es muy limitada, si es que está disponible.

Históricamente, la industria ha priorizado las ganancias por sobre la evaluación integral del ecosistema. Las herramientas de la inteligencia artificial parecen estar siguiendo el mismo patrón, se centran en caracteres valiosos para las ganancias a la vez que aumenta dramáticamente la capacidad para modificar organismos. Se está produciendo una brecha temporal muy preocupante: actualmente el diseño asistido por inteligencia artificial avanza en meses mientras que los ensayos ecológicos requieren años para evaluarlos. Si las nuevas variedades de cultivos causaran un efecto no intencional a los polinizadores o en la química del suelo, los impactos del uso de estas tecnologías podrían haberse diseminado ampliamente antes de ser detectados.

Por lo tanto, necesitamos reconsiderar seriamente cómo clasificamos y evaluamos estos organismos (Fig. 2). El marco regulatorio debe evaluar a los nuevos organismos con edición genética y asistidos por la inteligencia artificial en base a sus efectos biológicos y ecológicos, en lugar de una somera evaluación de las técnicas usadas para crearlos. Esto podría aportar una evaluación de riesgos más adecuada. Adicionalmente, el análisis sistemático de las consecuencias ecológicas que han tenido los cultivos transgénicos liberados con anterioridad debería servir de base para futuras

evaluaciones, examinando aspectos como la salud de polinizadores, dinámica de suelos, flujos de genes y efectos en las cadenas tróficas. Este tipo de datos del mundo real, podría ofrecer información valiosa para desarrollar mejores parámetros de evaluación.

Se requiere urgentemente una mayor transparencia en las herramientas de diseño asistido por inteligencia artificial, en relación a los datos que las alimentan, los modelos ecológicos utilizados y los procesos de toma de decisiones. La mayor rapidez y potencia de la ingeniería genética asistida por inteligencia artificial requiere enfoques preventivos y basados en la precaución; un nuevo marco para la evaluación de bioseguridad es más importante que nunca y debiera desarrollarse antes de permitir que estos nuevos productos lleguen a los ecosistemas.



ALIANZA
BIODIVERSIDAD



SUSTENTO Y CULTURAS