

Nuevas biotecnologías, viejos agrotóxicos:

un modelo insostenible que avanza y
requiere de alternativas urgentes

Gabriel Bianconi Fernandes



Nuevas biotecnologías, viejos agrotóxicos:

un modelo insostenible que avanza y
requiere de alternativas urgentes

Gabriel Bianconi Fernandes

Texto

Gabriel Bianconi Fernandes

Agrónomo, Doctor en Historia de las Ciencias y las Técnicas y Epistemología, y miembro de la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad y la Naturaleza de América Latina – UCCSNAL

Producción Editorial

Maureen Santos (versión en portugués)
Wanessa Marinho (versión en español)

Revisión

Maureen Santos (versión en portugués)
Wanessa Marinho (versión en español)

Traducción

Sieni Campos

Edición

Cesar H Paciornik

Foto Capa

Shutterstock - Jinning Li

Fotos

Gabriel B. Fernandes
Marcos Oliveira/Agência Senado

Fundação Heinrich Böll Brasil

Rua da Glória, 190 – 7º andar

▪ Glória – Rio de Janeiro/RJ ▪ 20241-180

▪ Tel.: +55 21 3221 9900

▪ info@br.boell.org

▪ http://br.boell.org/pt-br



CC BY-NC-SA 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Fernandes, Gabriel Bianconi

Nuevas biotecnologías, viejos agrotóxicos: [livro eletrônico] : un modelo insostenible que avanza y requiere de alternativas urgentes / Gabriel Bianconi Fernandes; tradução Sieni Campos; Wanessa Marinho; Maureen Santos; Cesar H Paciornik. – 1. ed. – Viçosa, MG: Wanessa Marinho Assunção: Fundação Heinrich Böll Brasil, 2021. PDF
Título original: Novas biotecnologias, velhos agrotóxicos:

ISBN 978-65-00-16590-6

1. Agricultura 2. Biotecnologia agrícola 3. Transgênicos I. Campos, Sieni. II. Marinho, Wanessa. III. Santos, Maureen. IV. Paciornik, Cesar H. V. Título.

21-55421

CDD-639.9

Índices para catálogo sistemático:

1. Biotecnologia agrícola 639.9

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária

CRB-1/3129

Índice

Lista de siglas	06
Presentación	07
Prefacio	09
Introducción	17
Algunas cuestiones que están en juego	19
El viejo modelo	20
Viejos y “nuevos” agrotóxicos	23
¿Habrá parado el PARA?	24
¿Por qué nuevas tecnologías que se enmarcan en el mismo modelo no brindarán respuestas a los desafíos de la seguridad alimentaria y la protección ambiental?	29
Nuevas biotecnologías: editar genes y manipular la Naturaleza	34
Porque las TIMPs son OGMs	45
Desde el punto de vista técnico	45
Desde el punto de vista legal	46
Qué dicen los especialistas	51
Sí hay motivo para preocuparse, pero también hay mucho que hacer	51
De la ciencia descontextualizada a la pluralidad científica	59
Consideraciones finales	65
Referencias	69

Índice de Cuadros

Cuadro 1	Especies modificadas, características (eventos) GM insertadas y empresas proponentes de semillas transgénicas autorizadas para cultivo comercial en Brasil	32
Cuadro 2	Descripción de las principales técnicas incluidas en la categoría TIMP de acuerdo con la RN 16/2018 de la CTNBio	35
Cuadro 3	Descripción de las principales técnicas incluidas en la categoría TIMP de acuerdo con la Comisión Europea	36
Cuadro 4	Resumen del estatus desregulatorio de los OGMs en Brasil: medidas de dispensa o flexibilización aprobadas por la CTNBio entre 2005 y 2018	42
Cuadro 5	Opiniones de cinco especialistas sobre la definición de TIMPs y la necesidad de regulación de la técnica	48

Lista de siglas

ABRASCO	Asociación Brasileña de Salud Colectiva	IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
AMPA	Ácido aminometilfosfónico	LMR	Límite Máximo de Residuo
ANVISA	Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria	NBTs	<i>New Breeding Techniques</i>
Bt	<i>Bacillus thuringiensis</i>	OGM	Organismo Genéticamente Modificado
CIB	Consejo de Informaciones sobre Biotecnología	ONU	Organización de las Naciones Unidas
CIBio	Comisión Interna de Bioseguridad	PARA	Programa de Análisis de Residuos de Agrotóxicos en Alimentos
CQB	Certificado de Calidad en Bioseguridad	RN	Resolución Normativa
CRISPR	<i>Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeat System</i>	ARN	Ácido ribonucleico
CTNBio	Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad	ARNi	ARN de interferencia
ADN	Ácido desoxirribonucleico	TALENs	<i>Transcription Activator-like Effector Nucleases</i>
IDA	Ingestión Diaria Aceptable	TIMP	Tecnologías Innovadoras de Mejoramiento de Precisión
		ZFN	<i>Zinc Finger Nuclease</i>

Presentación

Cuando salió esta publicación en portugués, a fines de 2019, era impensable lo mucho que cambiaría el mundo en un solo año. La crisis que causó el Coronavirus está signada por muchas pérdidas y una crisis económica que ya llegó a nuestras puertas y nos acompañará por un buen tiempo. Con ella también volvió el hambre a niveles que ya parecían superados.

El agronegocio brasileño está entre los sectores que ganan con esta crisis. Aunque dichas ganancias tengan más que ver con especulación financiera que con el combate al hambre, se mantiene el discurso: para poder alimentar a la población de Brasil y a otras más, tenemos que aumentar la producción de alimentos de manera moderna e innovadora. ¿Será cierto?

Transcurridas más de cinco décadas de la promesa de la Revolución Verde, no se debe a ella el que el mundo se alimente hasta ahora. La mayor parte de los alimentos in natura, la siguen produciendo campesinos de todo el mundo, a menudo en condiciones precarias.

Por lo general, los programas gubernamentales no generan incentivos ni tampoco les dan atención suficiente a esos grupos, y pocos países tienen políticas públicas específicas que creen las condiciones para que se garantice derecho a la tierra, crédito, extensión rural ni tampoco otras políticas orientadas a la producción, distribución etc.

Lo que sí creció en ese período fue la industria agroalimentaria global basada en un modelo de producción de alimentos en el cual la llamada innovación tecnológica que, hoy por hoy, sigue estando lejos de cumplir con lo prometido: alimentación para todas y todos.

Este también es el modelo brasileño, en el cual se concentran la mayor parte de las políticas públicas, los grandes latifundios y las mejores tierras del país, así como, obviamente, los negocios y lucros. En ese sector, la producción demuestra mucha eficiencia cuantitativa, pero a un precio alto. Más monocultivos atraen plagas con más facilidad, perjudican fuertemente el suelo y requieren de agrotóxicos cada vez más fuertes y diversos. Las promesas de reducir los agrotóxicos mediante la implementación de semillas genéticamente modificadas no se cumplieron y terminaron por desarrollarse nuevas plagas. Y así sigue ese ciclo...

En la presente publicación, Gabriel Bianconi Fernandes analiza la lógica inherente al sistema dominante de producción de alimentos, que es la de tratar de solucionar un problema o un reto mediante la introducción de nuevas tecnologías. El autor demuestra cómo dicha lógica significa más intrusión en la naturaleza, una vez que, cuando las nuevas tecnologías causan un problema, éste se soluciona con otra tecnología, en un escenario que más se parece a ciencia ficción. La introducción de semillas genéticamente modificadas en Brasil, proceso que se llevó a cabo con gran facilidad política/institucional y regulatoria, hasta la fecha suscita mucha resistencia en diversas otras partes del mundo.

El nuevo paso – la introducción de las nuevas biotecnologías de edición genética que afectan incluso el ADN de plantas y animales – proyecta un dominio aún mayor de las empresas y sus patentes sobre la naturaleza. Y, como sucede con cualquier innovación, la ciencia y la industria proclaman que las biotecnologías prometen grandes soluciones y victorias. Dado que las tecnologías son cada vez más sofisticadas, tanto a las esferas públicas como a la población en general les resulta cada vez más difícil entenderlas.

Por ello, la presente publicación describe y analiza con muchos detalles esas nuevas tecnologías, así como la confianza casi ciega en que no tendrán efectos negativos y consecuencias indeseables.

Describe, asimismo, cómo aprovecha la industria agroalimentaria el momento de inestabilidad política y desregulación en el marco de la legislación socio-ambiental para establecer hechos. Ante la cantidad de recursos y poder en juego, será muy difícil cambiar el rumbo una vez que se establezcan firmemente esas tendencias.

La Fundación Heinrich Böll decidió publicar este análisis como un alerta. Nos encontramos en un momento decisivo para acompañar las decisiones políticas respecto de algo tan fundamental para nuestra vida como es la alimentación. Dicho proceso no se da únicamente en Brasil, pero pocas veces se ve en otras partes del mundo la velocidad a la que se despliega en este país.

Rio de Janeiro, Mayo de 2021

Annette von Schönfeld

Directora de la Fundación Heinrich Böll en Brasil

Prefacio

Nuevas tecnologías moleculares, lucrando del fracaso de los transgénicos

Tengo el honor de presentar la nueva publicación de Gabriel Bianconi Fernandes “Nuevas biotecnologías, viejos agrotóxicos: un modelo insostenible que avanza y pide alternativas urgentes”, quien aborda la problemática de la emergencia de nuevas técnicas de manipulación del ADN (y en algunos casos, del ARN), las que han dado lugar a un nuevo conjunto de aplicaciones, como la edición genética, la cisgénesis, los impulsores genéticos, biología sintética y otras nuevas biotecnologías; los intereses comerciales que los promueven.

El autor aborda además los intentos de desregulación por parte de los gobiernos y de las empresas; los intereses que están juego, desde una perspectiva de derechos humanos y soberanía alimentaria.

Habiendo trabajado por más de 20 en contra de la expansión de los cultivos transgénicos en América Latina, quiero en esta corta introducción compartir algunas preocupaciones sobre estas nuevas tecnologías, y presentarlas como una prolongación de las antiguas.

Una tecnología lucrando del fracaso de otra

Después de más de veinte años de continuos fracasos de la tecnología del ADN recombinante, que dio lugar a los transgénicos – dejando como saldo millones de hectáreas cubiertas con estos cultivos en el puñado de grandes países que adoptaron de manera agresiva y entusiasta esta tecnología –, las empresas se aprestan a lanzar un nuevo set de herramientas moleculares que les permita mantener su control sobre la agricultura y la alimentación, siendo la más popular, la edición genética, basada en el complejo CRISPR-Cas9.

El desarrollo de estas nuevas tecnologías obedece al fracaso de la primera generación de transgénicos, que se concentró en cultivos resistentes a insectos y herbicidas, lo que ha dado como resultado la emergencia de súper-malezas y súper-insectos, muy difíciles de controlar. Los productos de estas nuevas tecnologías moleculares se unirán a los millones de hectáreas ya existentes de cultivos transgénicos, así como en el pasado, con el ingreso de los OGM, se multiplicó el uso de los plaguicidas.

Es así como las empresas que promueven estas nuevas tecnologías moleculares se benefician de las fallas de la transgénesis. Muchas investigaciones sobre estas nuevas tecnologías se centran en revertir la resistencia de las malezas a los herbicidas, y en el desarrollo de insectos que produzcan descendencias inviables¹, de tal manera que los antiguos transgénicos puedan seguir vigentes, al igual que su paquete agrotóxico.

Uno de los principales problemas que enfrentan los transgénicos es la emergencia de “malezas” resistentes al glifosato en extensos territorios ocupados por cultivos tolerantes a este agrotóxico, ya sea sólo o asociado con otros caracteres (como la resistencia a insectos). Y aunque las empresas han trabajado en el desarrollo de eventos transgénicos resistentes a otros herbicidas, es solo cuestión de tiempo para que aparezcan nuevas resistencias a estos agrotóxicos.

Este es sin duda el mayor fracaso de la transgénesis. Y en lugar de proponerse formas de producción más ecológica, que prevenga que estas plantas adventicias se transformen en malezas, las empresas, de mano de nuestros gobiernos, se proponen continuar con el mismo modelo, pero con nuevas promesas, en este caso, los cultivos genéticamente editados. Son viejos rostros con nuevas máscaras.

Una de las aplicaciones más perversas de estas nuevas tecnologías son los “inductores genéticos”, que tienen como objetivo la eliminación de poblaciones enteras, en los ecosistemas donde son liberados. Esta técnica ha sido propuesta para eliminar poblaciones de malezas²

¹ Sin embargo, mucha de la investigación en este campo se centra en artrópodos vectores de enfermedades.

² Mitchell Laura (2018). Gene Editing and Weed Management. Advanced Science News.

con resistencias múltiples, y que se han vuelto inmanejables. Vemos entonces que, así como los plaguicidas y los transgénicos son complementarios al formar parte del mismo paquete tecnológico, estos nuevos organismos, productos de la aplicación de nuevas tecnologías moleculares, también lo son. Si estos nuevos organismos logran posicionarse en el mercado mundial, tendremos en el mundo rural la coexistencia de una agricultura química, transgénica y con organismos genéticamente “editados”.

El primer organismo con genoma editado comercializado en Estados Unidos y Canadá es una canola tolerante al herbicida sulfonilurea, desarrollada por la empresa Cibus. Otro cultivo “editado” que ya está en el mercado es una soja con mayor contenido de ácido oleico, desarrollado por la empresa Calyxt, y que se vende solo en Estados Unidos. Otros cultivos “editados genéticamente” que podrían comercializarse en un futuro cercano, son un trigo con alto contenido de fibra (de la empresa Calyxt), y un maíz ceroso de DuPont (ahora Corteva)³.

Hay muchos esfuerzos centrados en investigaciones en la “edición” de la soja⁴, aunque hay esfuerzos para expandirse a otros cultivos en los que no ha entrado la industria biotecnológica, como es la horticultura⁵.

Como en todo monocultivo, algunas especies de insectos se transforman en plagas. La agricultura de la revolución verde propuso primero una agricultura basada en venenos químicos (insecticidas), y luego, los cultivos transgénicos resistentes a insectos (o cultivos Bt). En ambos casos, surgieron las llamadas “súper-plagas” por la exposición continua a estas toxinas (químicas o transgénicas).

En una revisión reciente hecha por Tyagi *et al.* (2020)⁶ se presentan varias estrategias de edición del genoma que se están usando para en-

³ Cotter, J. Gene-edited organisms in agriculture: Risks and unexpected consequences” Canadian Biotechnology Action Network. (2018).

⁴ Jie Wang, *et al.* Generation of seed lipoxigenase-free soybean using CRISPRCas9. The Crop Journal (2019). <https://doi.org/10.1016/j.cj.2019.08.008>

⁵ Erpen-Dalla L. Development of Improved Fruit, Vegetable, and Ornamental Crops Using the CRISPR/Cas9 Genome Editing Technique. Plants 8, 601; doi:10.3390/plants8120601 (2019)

⁶ Tyagi S. *et al.* (2020). Genome Editing for Resistance to Insect Pests: An Emerging Tool for Crop Improvement. ACS Omega 2020 5 (33), 20674-20683.

frentar la emergencia de resistencia de plagas de insectos a las toxinas presentes en los cultivos transgénicos, utilizando por ejemplo información genética de parientes silvestres de plantas que mantienen muchos rasgos genéticos que les permiten enfrentar diferentes tipos de estrés, y que las plantas cultivadas han perdido en el proceso de domesticación. Hay otras líneas de investigación que se centran en la manipulación de los insectos, para reducir su capacidad de atacar a las plantas. En otra línea de investigación se está aplicando la tecnología del ARN de interferencia (ARNi) para la eliminación de población de plagas de insectos, manipulando algunos rasgos clave en los cultivos⁷.

Vemos entonces que, en los “avances” de la edición génica, se dan vueltas en torno a los mismos cultivos que se expandieron masivamente como transgénicos (maíz, soya, canola), y que en Latinoamérica tienen como principal destino la exportación para la cría masiva de animales, la producción de agrocombustibles y para la industria de alimentos ultra-procesados. Todos requieren una fase de transformación agroindustrial, que está controlada por pocas corporaciones a nivel mundial. Es decir, estos cultivos restan autonomía a los productores y amenazan la soberanía alimentaria local y nacional.

Promesas y narrativas

Para enfrentar la oposición que el público tiene a los transgénicos, los promotores de las nuevas tecnologías moleculares sostienen que los cambios generados en el genoma son precisos y, de esta manera, quieren trazar una línea divisoria con los organismos genéticamente modificados dada la creciente cantidad de evidencia científica que documenta varios errores a nivel molecular⁸.

Esto nos produce mucha inquietud, pues hace 20 años se defendía a la manipulación genética a través del ADN recombinante como una

⁷ Adeyinka O. S. *et al.* Advances in exogenous RNA delivery techniques for RNAi-mediated pest control. *Molecular Biology Reports* volume 4: 6309–6319(2020).

⁸ Ver, por ejemplo, Antoniou, Robinson y Fagan (2020). *Transgénicos Mitos y Verdades*. Un examen - basado en evidencias - de las afirmaciones sobre seguridad y eficacia de los cultivos modificados genéticamente. RAPAL; y Bravo y Gálvez (2015). *365 razones para un Ecuador Libre de Transgénicos*. Abya Yala.

tecnología de alta precisión. Lo irónico es que las mismas organizaciones que antaño decían que los transgénicos son seguros (y que lo siguen diciendo en otros contextos) son quienes nos presentan ahora estas narrativas.

La verdad es que los organismos que resultan de estas nuevas tecnologías sí son organismos modificados genéticamente y generan nuevos e inesperados impactos en el ambiente y la sociedad, como lo demuestra el autor en esta publicación. Esto tiene implicaciones regulatorias importantes. Por ejemplo, Ecuador, mi país, fue declarado constitucionalmente como libre de cultivos y semillas transgénicas, y prohíbe los organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas; y en Perú hay una moratoria a los transgénicos. En ambos casos, una claridad en la definición de estas nuevas tecnologías es imprescindible, porque debe ser incluida en las prohibiciones y moratorias existentes.

Para posicionar en la opinión pública una imagen positiva sobre los organismos genéticamente editados, una de las principales narrativas que usan sus promotores es que, frente a una realidad de superpoblación, es necesario aumentar la productividad de los cultivos. Se dice también que estos cultivos favorecerán la conservación de los recursos y la preservación de ecosistemas nacionales, porque se podrá producir más usando menos espacio.

Otro abordaje se relaciona con el problema del cambio climático. Se dice que los cultivos resultantes de estas nuevas tecnologías podrán adaptarse y mitigar los cambios en el clima, pues permitirán que se use menos agua y resistirán las sequías; serán cultivos climáticamente inteligentes. Inclusive se habla de edición de genes y justicia climática.

Otras promesas dicen que, a través de la edición génica, se obtendrán productos que mejorarán la nutrición, cultivos que resistirán enfermedades, que usarán menos químicos y que promoverán el bienestar animal.

Otros lo han promocionado como una herramienta innovadora para abordar cuestiones de equidad en la salud pública, puesto que la edición de genes podría ofrecer terapias y enfoques preventivos a

enfermedades potencialmente mortales, como Covid-19 y malaria, o raras, como la anemia falciforme y la enfermedad de Huntington.

Hay muchos sectores críticos que, en contraste, presentan sus preocupaciones con respecto a los productos alimentarios y agrícolas editados genéticamente, incluyendo cuestiones como la seguridad humana, el impacto ecológico y en la naturaleza, el bienestar animal, las implicaciones socioeconómicas para las comunidades agrícolas, la distribución de sus impactos, así como el control y el acceso a la producción y consumo de alimentos.

Como sucedió en el pasado, los cultivos modificados a través de estas nuevas herramientas moleculares tratan de posicionarse con casi los mismos argumentos con que hace 20 años lo hicieron los transgénicos, y ya conocemos sus graves impactos en el ambiente, la salud humana y la vida campesina.

En realidad, la aplicación de las nuevas tecnologías en la agricultura profundizará el control empresarial en el mundo rural, facilitará una mayor acumulación de la tierra y del agua, asegurará el incremento en el uso de agrotóxicos, especialmente herbicidas, incrementará la mecanización en la producción agrícola y consolidará el rol del agro-negocio en la producción agroalimentaria. Se prevé, además, que con estas nuevas tecnologías se facilitará la digitalización de varias fases del proceso agroalimentario, la acumulación de información agrícola a través de las *blockchain* y la agricultura 4.0.

Ciencia al servicio de las empresas

Una pregunta relevante en este debate es quién determina el tipo de tecnología que necesita una sociedad, especialmente en América Latina, continente marcado por profunda desigualdad y con prioridades de investigación y necesidades muy específicas, que no se van a resolver con estas nuevas tecnologías.

La edición del genoma es un producto de la tecnociencia – de una ciencia al servicio del empresariado –, y su implementación será hecha mediante la aplicación de instrumentos legales que han sido desarro-

llados por la misma tecnociencia, incluyendo por ejemplo la evaluación y la gestión de riesgos y la equivalencia sustancial.

Se critica que son representantes de la tecnociencia quienes evaluarán estas nuevas tecnologías, a través de comités conformados por reguladores, investigadores y desarrolladores, y otros actores sociales (incluyendo con frecuencia las propias empresas). Ellos serán quienes definirán qué riesgos son “socialmente aceptables” usando estándares desarrollado por ellos, y se ve a los científicos como los actores más relevantes en el proceso de toma de decisiones sobre una tecnología desarrollada por ellos, convirtiéndolos en jueces y partes.

Funtowicz y Ravetz proponen el concepto de ciencia post-normal para abordar la cuestión de quién debe evaluar la ciencia y la tecnología en casos de que ésta entrañe peligros para la sociedad, cuando los factores de riesgo sean inciertos, haya valores en disputa, los riesgos sean altos y las decisiones, urgentes, como sería el caso de estas nuevas tecnologías moleculares. Ellos proponen que deben ser evaluados por una “comunidad extendida de pares” compuesta por todos los actores afectados, porque “la metodología científica para abarcar estos nuevos problemas no puede ser la misma que ayudó a crearlos”⁹.

Estas tecnologías amplían la capacidad de las empresas de realizar cambios más profundos y complejos en la composición genética de los seres vivos y en sus rutas metabólicas, y con ello aumentar su control sobre la vida. Al igual que los transgénicos, todas estas nuevas tecnologías moleculares alteran la estructura y funciones de la molécula viva, la forma como estas se relacionan con su medio ambiente inmediato (epigenética), y con el ambiente externo, trastocando los ciclos biológicos y evolutivos.

Utilizando varios de los descubrimientos respecto de las leyes que rigen sobre los seres vivos, se crean herramientas para el beneficio de la industria, llamando nuestra atención a la dirección que está tomando la investigación científica en nuestros días. Tenemos, por un lado, una ciencia altamente financiada por el sector empresarial, y que, por

⁹ Funtowicz Silvio y Ravetz Jerry, 2000, *Epistemología política: ciencia con la gente*. Barcelona: Ediciones Antrazyt.

lo mismo, debe adaptarse a su agenda comercial. Y, por otro, una ciencia independiente con presupuestos muy bajos que en gran parte se centra en identificar los impactos reales o potenciales de estas nuevas tecnologías, posponiendo prioridades más urgentes de investigación.

Aunque los transgénicos están más vivos que nunca, como lo muestran, por ejemplo, el nuevo Atlas del Agronegocio Transgénico en el Cono Sur¹⁰, y el esfuerzo que han puesto varios países de América Latina para ampliar la frontera transgénica en sus países, especialmente en épocas de pandemia¹¹, las empresas se aprestan para entrar en la era de la nueva generación de modificación genética de plantas. Es por eso muy importante empezar a analizar lo que significará la aplicación de estas nuevas tecnologías moleculares en nuestra agricultura y alimentación, y por lo mismo, en nuestra vida.

Por eso el libro de Gabriel Bianconi Fernandes es vital, y su lectura y estudio, una imperiosa necesidad.

Quito, Mayo de 2021

Elizabeth Bravo

Red por una América Latina Libre de Transgénicos
Acción Ecológica

¹⁰ El Atlas está disponible en: < <http://www.biodiversidadla.org/Atlas> >

¹¹ Acción Ecológica Opina. <<http://www.biodiversidadla.org/Recomendamos/Pandemia-transgenicos-y-Doctrina-del-Shock>>

Introducción

¿Cómo seres inteligentes han podido tratar de controlar algunas especies con un método que contaminó todo el ambiente y suscitó la amenaza de enfermedades y muerte para su propia especie?

Rachel Carson, 1962

A la vez que camina hacia la adopción de las más avanzadas biotecnologías, el modelo agrícola dominante en Brasil impulsa el uso creciente de agrotóxicos bastante antiguos, algunos de los cuales ya proscribidos en otros países. Se aplica un volumen significativo de dichos productos en cultivos transgénicos, que se introdujeron oficialmente en el país hace cerca de quince años y exactamente con el objetivo de reducir el uso de agrotóxicos. Como se puede apreciar, la revolución del gen no sustituyó, hoy por hoy, la Revolución Verde de los agrotóxicos; al contrario, su desarrollo ha estado afirmando que la revolución del gen forma parte integrante y constitutiva del paradigma de la Revolución Verde. Al inscribirse en el mismo paradigma, dichas tecnologías se acumulan, en vez de sucederse y dar lugar una a otra.

La evolución de las técnicas de manipulación del ADN ha generado un nuevo conjunto de aplicaciones, como cisgénesis, *gene drives*, biología sintética y otras *nuevas biotecnologías*. Hoy ya no se habla de cortar y pegar, sino de editar genes. Este nuevo frente tecnológico, así como los anteriores, se desarrolla en el marco de los intereses comerciales de las empresas proponentes y, por lo general, está centrado en cultivos que integran el mercado de *commodities*, como la soja, el maíz y el algodón. Al contrario de las plantas transgénicas, cuyo uso de alguna manera ha sido regulado por legislaciones de bioseguridad y etiquetado, los productos derivados de esas nuevas biotecnologías parecen encontrar un vacío regulatorio. Mejor dicho, sus proponentes manipulan el discurso y las metáforas utilizadas (tijera genética, misil teleguiado etc.) para ilustrar la técnica, pero parecen mirar exactamente a la desregulación. ¿Son o no son transgénicos? ¿Deben o no deben pasar por evaluaciones de riesgo? Estas y otras preguntas están en el orden del día de científicos, gestores y órganos reguladores en los países de América Latina y otras partes del mundo.

Hoy resulta pertinente debatir el tema de las nuevas biotecnologías desde los derechos humanos, la soberanía alimentaria y la justicia social por algunos motivos principales: **i)** la capacidad que tienen esas tecnologías de generar impactos negativos puede ser aún mayor que la de los organismos transgénicos; **ii)** dichos efectos pueden ser de larga escala, pues se incorporan las tecnologías al modelo agrícola dominante en Brasil; **iii)** la posibilidad de vacío regulatorio puede facilitar el ingreso de esos productos al mercado debido a intereses comerciales, sin previo debate público con participación social; **iv)** la aceleración de ese proceso puede inhibir, además de la información pública, estudios sobre potenciales riesgos, de mediano y largo plazos, efectuados bajo la óptica del principio precautorio. Más allá de presentar lo que son esas nuevas biotecnologías, el análisis que aquí se propone tiene el objeto de, al discutir esos tópicos, brindar informaciones actualizadas para que la sociedad civil organizada esté críticamente informada para actuar con sus aliados, movimiento sociales, gestores públicos y la opinión pública en general.

Para comprender las diferentes técnicas de manipulación de ADN

Cisgénesis (o cisgenia) – Técnica similar a la transgenia, pero que utiliza secuencias de ADN obtenidas de la misma especie que se está modificando – o de especies biológicamente cercanas – en vez de usar genes exóticos o sintéticos de organismos no relacionados, como en el caso de los transgénicos.

Gene drives – Se trata de una aplicación de la ingeniería genética que altera los mecanismos de herencia genética de manera tal de que la generación subsiguiente presente más del 50% de las características de uno de los progenitores. En pocas generaciones, toda una población puede expresar o extinguir determinadas características.

Biología sintética y Nuevas biotecnologías – Son técnicas que se combinan para generar las actuales aplicaciones de la ingeniería genética. Se caracterizan por modificar secciones específicas de los genomas sin necesariamente incorporar genes exógenos que confieran a los nuevos organismos las características deseadas.

Algunas cuestiones que están en juego

Para auxiliarnos en la tarea de discutir los viejos agrotóxicos en su relación con las nuevas biotecnologías, los anteriores puntos pueden desdoblarse en algunas cuestiones decisivas que están en juego:

- 1** El agotamiento de los recursos naturales, combinado con los efectos de los cambios climáticos, pone en jaque la capacidad biofísica que tiene el planeta de seguir sosteniendo el actual sistema agroalimentario.
- 2** La respuesta a la creciente confirmación de efectos adversos que conlleva el uso combinado de semillas transgénicas y agrotóxicos debería motivar la implementación de controles más rigurosos y más regulación, pero los gobiernos, al contrario, responden con estímulos a las empresas y aflojamiento en las leyes.
- 3** El sistema investigación-desarrollo-innovación vinculado al modelo agrícola dominante crea un mercado (que a su vez lo crea) que gira en torno de sí mismo y tiende a bloquear inversiones en Agroecología.
- 4** Los viejos agrotóxicos siguen vigentes, una vez que las semillas transgénicas, productos de la llamada biotecnología moderna, se diseñaron para su uso combinado en monocultivos con esos productos.
- 5** La tecnología dominante sólo puede ofrecer respuestas en el marco del sistema que le dio origen y del cual forma parte: las fallas con agrotóxicos se responden con más agrotóxicos; las fallas con semillas transgénicas se responden con más semillas transgénicas.
- 6** Sistemas regulatorios faltos operados por comités de especialistas se encargan de transmitir a la sociedad la noción de que los posibles riesgos de dichas tecnologías son controlables y/o no significativos.
- 7** La naturalización de ese modelo y la aceptación de sus impactos presupone la construcción deliberada de la idea de que no hay alternativas viables al actual modelo.

- 8 Las nuevas tecnologías, ya sean químicas o genéticas, responden a demandas del modelo agroalimentario dominante y no tienen lugar fuera de este en la perspectiva de la soberanía alimentaria.
- 9 Los riesgos sociales y ambientales del actual modelo se agravan debido al riesgo de que se retrasen las inversiones en Agroecología y en acciones basadas en el Principio Precautorio.

El viejo modelo

Acabar con el hambre fue el argumento principal a que se recurrió para legitimar la modernización de la agricultura con base en los preceptos de la Revolución Verde. El incremento de productividad necesario para ello se generaría mediante la adopción de semillas mejoradas cultivadas con el uso de fertilizantes sintéticos, riego, agrotóxicos y nuevas máquinas y equipos.¹ En condiciones óptimas de cultivo, se obtendrían la mejor respuesta y los mejores rendimientos de este conjunto de tecnologías. Sin lugar a dudas, la productividad de los principales cultivos se elevó fuertemente (entre 1961 y 2017, la productividad media global del maíz pasó de 1,9 a 5,6 ton/ha, y la del trigo, de 1,1 a 3,5 ton/ha),² pero tampoco hay ninguna duda de que una parte significativa de los agricultores en todo el mundo cultivan sus tierras en condiciones que están muy lejos de ser las ideales para que la tecnología arroje sus mejores resultados.

La inseguridad alimentaria, a su vez, volvió a crecer desde 2014, y es un problema que impacta a 821 millones de personas en el mundo, mientras una epidemia de problemas derivados de la mala alimentación afecta a otras partes enormes de la población. Se estima que, en

1 En las palabras del entonces director general de la FAO, José Graziano, “El foco en el aumento de la producción a cualquier costo en los últimos 50 años no fue suficiente para erradicar el hambre en el mundo (...) Necesitamos un cambio transformador en la manera como producimos y consumimos los alimentos producidos. Un verdadero cambio en el paradigma de la revolución verde hacia un nuevo paradigma de la sostenibilidad”. Mensaje enviado a la Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA) en ocasión de la apertura de su V Encuentro Nacional de Agricultores/as Experimentadores/as. Disponible en: < <https://www.youtube.com/watch?v=7P9RQbcCkXs> >. Consultado en: 04 nov. 2020.

2 Cf. < <http://www.fao.org/statistics/en/> >. Consultado en: 26 feb. 2019.

Foto: Gabriel B. Fernandes



Plantación de soja transgénica, Alto Paraná, Paraguay.

todo el mundo, el 5,6% de los niños de hasta cinco años de edad tienen sobrepeso (38,3 millones) y el 13,2% de los adultos (más de 672 millones) son obesos.³ El sobrepeso afecta a uno de cada dos adultos y a uno de cada tres niños brasileños (BRASIL, 2014). Diabetes, hipertensión y problemas cardíacos, entre otros, son enfermedades crónicas asociadas a los efectos de dietas cada vez más industrializadas y del predominio de los supermercados en el comercio minorista de alimentos.

Elevar la productividad de los cultivos sin afrontar, al mismo tiempo, las condiciones – tales como el acceso a la tierra y los medios de producción, al trabajo e ingresos para comprar alimentos – e que puedan garantizar el acceso de la población a alimentos en cantidad y calidad adecuadas no resulta en acciones consistentes de combate al hambre. Brasil, que había salido del Mapa del Hambre de la ONU luego de poco más de una década de un ciclo virtuoso de políticas públicas, se encamina a un retroceso humanitario (REDE BRASIL ATUAL, 2018).

3 Cf. FAO. Disponible en: < <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/en/> >. Consultado en: 04 nov. 2020.

Estudios señalan que ya se han excedido los límites biofísicos del planeta en por lo menos tres de los diez principales indicadores listados. Los cambios climáticos, la pérdida de biodiversidad y los ciclos de nitrógeno y fósforo han sido a tal punto afectados por las actividades humanas (dependencia del petróleo y agricultura industrial) que pueden impactar el sistema Tierra en su conjunto (ROCKSTRÖM *et al.*, 2009). Agricultura y silvicultura son responsables de por lo menos un 24% de las emisiones directas de gases de efecto invernadero (IPCC, 2014). Ya se observan en lo cotidiano sus efectos sobre el clima, y es común que agricultores señalen que los calendarios de siembra están alterados. El año 2018 fue el cuarto más caliente de la historia (0,83°C por encima de la media del período 1951-1980), y los cinco últimos años fueron los cinco más calientes desde fines del siglo XIX (DOYLE, 2019). Es lo que se anuncia aquí en una de las cuestiones que están en juego: *El agotamiento de los recursos naturales combinado con los efectos de los cambios climáticos pone en jaque la capacidad biofísica que tiene el planeta de seguir sosteniendo el actual sistema agroalimentario.*

La economía de los monocultivos se basa en ganancias de escala; así, pues, se necesitan áreas cada vez más extensas. Esta lógica del “*get big or get out*” (ver: LAPPÉ, 1985, p. 116) hace que siga aumentando la deforestación en el país, así incorporando a la producción nuevas áreas, como es el caso de la región de Cerrado y la transición a la Amazonía en Brasil que se conoce como MATOPIBA⁴.

Desde el punto de vista político, el gobierno y el Parlamento brasileños tienen una lista de propuestas que miran a reducir áreas de conservación y tierras indígenas y permitir que estas se utilicen para agricultura y ganadería comerciales (además de minería). Asimismo, el gobierno avanza en su propósito de alterar reglas de titulación de parcelas de la reforma agraria de manera tal de permitir que se vendan individualmente, pues así pasarán a integrar el mercado de tierras y, por ende, el sistema productivo dominante. No se trata, por lo tanto, de discutir la “vieja” Revolución Verde y sus impactos, ni tampoco la “nueva” revolución biotecnológica y sus promesas, sino de poner en telón de juicio el sistema (agro)alimentario en su conjunto y poner de

⁴ MATOPIBA es la región no oficial que conforman parte de los estados de Maranhão, Tocantins, Piauí y Bahia, y que constituye la última frontera agrícola de Brasil.

manifiesto las alternativas existentes y su potencial. Así, pues, a continuación se analizará lo que tienen en común ese nuevo y ese viejo, ya que forman parte del mismo sistema.

Viejos y “nuevos” agrotóxicos

Más de cinco décadas atrás, Rachel Carson ya cuestionaba los métodos agrícolas que ponían en riesgo no sólo el medio ambiente sino también los mismos seres humanos (CARSON, 1964, p. 19). Estos métodos siguen predominando, y buena parte de la inteligencia humana sigue abocándose a la investigación con esos mismos productos tóxicos. Además de encontrarse en la vasta contaminación ambiental y de las aguas, residuos de agrotóxicos pueden hallarse, asimismo, en los alimentos y hasta en la leche materna (CARNEIRO *et al.*, 2015, p. 57; 66–68; 76).

Dicha situación hace que Brasil ostente el título de mayor consumidor de agrotóxicos en el mundo desde hace más de diez años (GALLEU, 2018; GRIGORI, 2019a). En 2002, la comercialización de esos productos era de 2,7 quilos por hectárea. En 2012, dicha cifra se elevaba a 6,9kg/ha (IBGE, 2015). El 85% del total de agrotóxicos se utiliza en las *commodities* soja, maíz, caña de azúcar y algodón (PIGNATI *et al.*, 2017). Además, entre 2000 y 2012, periodo de más fuerte expansión de las áreas de cultivo de soja y maíz transgénicos,⁵ esa cantidad creció un 160% en Brasil; específicamente en los cultivos de soja, se triplicó. Por sí sola, la soja, predominante entre los cultivos genéticamente modificados, utiliza el 71% de dicho volumen (ALMEIDA *et al.*, 2017). Los herbicidas a base de glifosato, aplicados en los cultivos transgénicos, representan más de la mitad de todo el veneno que se utiliza en la agricultura brasileña (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016, p. 14).

Sectores del agronegocio alegan que ese fuerte incremento en el uso de agrotóxicos sería “consecuencia inexorable” del aumento de productividad o la expansión del área cultivada. En el primer caso, la correla-

⁵ En Brasil, la legalización de la soja transgénica se dio a partir de 2003 con la edición de medidas provisionales y, posteriormente, en 2005, con la aprobación de la ley de bioseguridad (Ley 11.105/2005).

ción estaría bastante desfasada, pues hay estudios que indican que, por cada punto porcentual que se añade a la productividad de soja, hay que aumentar en 13 puntos porcentuales el uso de agrotóxicos (ALMEIDA *et al.*, 2017). En cuanto a la expansión del cultivo, se duplicó el uso de agrotóxicos entre 2007 y 2013, mientras que el área cultivada creció solo un 20%. En el mismo periodo, también se duplicaron los casos de intoxicación (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016, p. 17).

¿Habrà parado el PARA?

No se limita a las grandes plantaciones la deliberada contaminación ambiental que tiene el objeto de controlar ciertas especies perjudiciales a los cultivos. Los datos del Programa de Análisis de Residuos de Agrotóxicos (PARA) ponen de manifiesto, año a año, la situación alarmante encontrada en frutas, legumbres y verduras desde 2001. En 2016, se modificó la metodología del PARA y se pasó a evaluar la presencia de residuos de agrotóxicos que conllevan riesgo agudo para la salud. Ello significa que se evalúan sólo las contaminaciones que afectan principalmente a las personas expuestas en su ambiente de trabajo y se caracterizan por efectos tales como irritación de la piel y los ojos, prurito, vómito, diarrea, dificultades respiratorias, convulsiones y muerte. Desde entonces, la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (Anvisa) de Brasil, vinculada al Ministerio de la Salud, concluyó que “casi un 99% de las muestras de alimentos analizadas entre 2013 y 2015 están libres de residuos de agrotóxicos que constituyen riesgo agudo para la salud” (ANVISA, 2016b). En el informe del 2012, el último que todavía no usaba la nueva metodología, el 29% de las muestras estaban clasificadas como “no satisfactorias”. Había residuos de agrotóxicos en un 36% de los 71% de muestras satisfactorias. Zapallito y lechuga acumularon el mayor número de irregularidades. En 2011, las muestras insatisfactorias representaron el 35% del total. Entre las principales irregularidades encontradas en los alimentos testeados están el nivel de residuos superior al permitido, el uso de productos de contrabando o prohibidos en el país, la inobservancia del periodo de carencia y el uso de productos en cultivos para los cuales no estaban autorizados (ANVISA, 2013). Hay que recalcar que el PARA no analiza residuos de herbicidas ni tampoco la presencia de agrotóxicos en el agua.

Del primero al segundo de esos dos últimos informes sobre el nivel de contaminación de la dieta básica de los brasileños ocurrió un cambio en el enfoque de los efectos crónicos de los agrotóxicos.⁶

El primer enfoque es más directo, pues reconoce los riesgos de la exposición crónica a los agrotóxicos y sus efectos sinérgicos – residuos de distintos productos presentes en los diferentes alimentos que se acumulan en una dieta:

Vale la pena comentar que Anvisa llevó a cabo la última evaluación del riesgo que deriva de la exposición crónica a los residuos de agrotóxicos utilizando datos del PARA relativos al periodo 2009-2011 y no verificó que se sobrepasara la IDA [ingesta diaria admisible] en el caso de ninguno de los agrotóxicos monitoreados. Aunque no se excedió dicho parámetro de seguridad, no es posible descartarse totalmente el riesgo para la salud. Se sabe que la evaluación del riesgo que deriva de la exposición a dichas sustancias químicas también puede efectuarse con base en otros enfoques, más complejos, utilizados para calcularla, tales como: exposición acumulativa a agrotóxicos que tienen el mismo mecanismo de acción y generan el mismo efecto adverso; exposición agregada que toma en cuenta las diversas formas de exposición tales como, agua de consumo, alimentos de origen vegetal y animal, exposición dérmica, etc. Tampoco puede dejar de considerarse el riesgo por exposición simultánea a diversas sustancias, pues puede haber sinergia entre esos compuestos químicos en el organismo humano (ANVISA, 2013).

El informe más reciente, a su vez, está redactado en lenguaje más vago, minimizando la posibilidad de exposición a un cóctel de agrotó-

⁶ Las intoxicaciones crónicas son una consecuencia de la presencia de residuos de agrotóxicos en alimentos y el ambiente, por lo general en dosis bajas. Pueden manifestarse mucho tiempo después de la exposición y afectar a toda la población. Los efectos asociados a la exposición crónica incluyen: infertilidad, impotencia, abortos, malformaciones, neurotoxicidad, desregulación hormonal, efectos sobre el sistema inmunológico y cáncer (INCA – Instituto Nacional del Cáncer, 2015. Disponible en: < <https://www.inca.gov.br/publicacoes/notas-tecnicas/posicionamento-do-inca-acerca-dos-agrotoxicos> >. Acceso: 04 nov. 2020).

xicos a través de la dieta – que, como visto anteriormente, empezaría con una simple ensalada de lechuga y zapallito:

Respecto de la exposición crónica, estudios arrojan indicios de que es baja la incidencia de residuos en niveles que podrían causar daños a la salud. En 2013, se llevó a cabo una evaluación del riesgo crónico con base en los datos del informe PARA 2009-2011, y se consideró aceptable el riesgo para la salud, una vez que no se sobrepasó la ingestión diaria admisible (IDA) en el caso de los agrotóxicos monitoreados. Uno de los motivos de estas conclusiones sería el hecho de que, a la luz de los conocimientos actuales, en la mayoría de los casos sería necesario consumir todos los días, durante años, varios alimentos conteniendo una cantidad de determinado agrotóxico siempre superior a los límites máximos establecidos. Los diversos LMRs (límites máximos de residuos) aprobados para un determinado agrotóxico toman en cuenta la ingestión diaria de esos residuos en el transcurso de la vida. Así, pues, debe considerarse poco probable la ocurrencia concomitante de todos esos eventos. Pese a lo que anteriormente se expuso, no puede descartarse la posibilidad de riesgo crónico para la salud debido a exposición a residuos de agrotóxicos a través de la dieta (ANVISA, 2016a).

Se calcula la Ingesta Diaria Admisible con base en experimentos realizados con animales de laboratorio (por lo general expuestos por vía oral a un solo producto) cuyos resultados se extrapolan a los seres humanos. Según CARNEIRO *et al.*, 2015, p. 76–77, la definición de dichos niveles de seguridad de exposición a los agrotóxicos se apoya en la creencia de que el organismo humano puede ingerir, inhalar o absorber una cierta cantidad diaria sin que ello tenga consecuencias para su salud. Pero sucede que no es posible definir esos límites, pues diversos agrotóxicos producen efectos irreversibles que no dependen de su dosis (p. 83-84). Además, la exposición crónica a bajas dosis puede afectar negativamente la salud, como ya denunció Carson al tratar del efecto de potenciación que puede ocurrir cuando se mezclan diferentes ingredientes activos – por ejemplo, en un plato de ensalada – aun cuando todos los productos se encuentren dentro de los límites aceptables (CARSON, 1964, p. 33; 38). Dos aspectos dificultan aún más la definición de IDAs confiables. Uno es el hecho de que, por debajo de la dosis

“aceptable” de agrotóxicos, sus efectos no se “comportan” de forma previsible (CARNEIRO *et al.*, 2015, p. 79); el otro es que las formulaciones comerciales de los agrotóxicos incluyen más de un ingrediente activo, así como otras sustancias que, aunque se consideran “inertes”, también pueden acentuar o causar efectos tóxicos, aun cuando estos no se hayan identificado anteriormente (p. 229). Es el caso, por ejemplo, del herbicida *Roundup*, que genera un subproducto (AMPA) más tóxico que su ingrediente activo, el glifosato⁷ (GILLAM, 2018). Además, la exposición a diferentes agrotóxicos puede conllevar, por su sinergia, el surgimiento de toxicidad, aunque se respeten los límites máximos de exposición que definen las legislaciones pertinentes (CARNEIRO *et al.*, 2015, p. 185).

El aparente cambio en la postura de Anvisa se observó, asimismo, en el posicionamiento de éste órgano con relación al registro de agrotóxicos en el país, pues pasó a defender más celeridad en los procesos (CANCIAN, 2018). En 2019, el Gobierno otorgó 503 nuevos registros de agrotóxicos (CAMPANHA..., 2020). Se trata de ingredientes activos ya autorizados que se aprobaron para aplicación en nuevos cultivos, para fabricación por nuevas empresas o para pulverización en mezclas con otros productos (GRIGORI, 2019b). Así, en 2019 Brasil alcanza a tener 2.356 productos elaborados con agrotóxicos en circulación (DAMASIO, 2019). Alimentos que el PARA antes clasificaba como irregulares podrán pasar a la categoría de “conformes”, no porque hayan dejado de aplicárseles los productos para los cuales el cultivo no estaba registrado, sino porque se registraron los productos también para dicho cultivo. O sea, se pierde la oportunidad de avanzar hacia una producción más limpia. Además, la autorización de mezclas de agrotóxicos se opone al principio precautorio y avanza por el desconocido terreno de los efectos cumulativos y sinérgicos de dichos productos sobre la salud y el medio ambiente, como alerta Abrasco:

Aún no se dispone de informaciones precisas respecto de los posibles efectos de la exposición a todas las fuentes de contaminación por agrotóxicos a las cuales las poblaciones

⁷ Clasificado por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer, de la Organización Mundial de la Salud (IARC/OMS), como probable cancerígeno para los seres humanos, cf. < <https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/MonographVolume112-1.pdf> >. Acceso: 04 nov. 2020.

humanas están sujetas: alimentos (como frutas, hortalizas, leche y carnes), agua y aire, campañas de salud pública, control de vectores y plagas, uso doméstico, jardinería e incluso medicamentos de uso humano y veterinario. Por ello, resulta imperioso aplicar el principio precautorio, así como considerar que las incertidumbres forman parte de dichos procesos, lo que siempre requiere de mucha cautela. (...) Los conocimientos respecto de los efectos acumulados de diferentes agrotóxicos sobre la salud humana y los ecosistemas todavía se encuentran enormemente rezagados (CARNEIRO et al., 2015, p. 185).

Durante mucho tiempo, las empresas del sector, que consideraban a Anvisa como un órgano que bloqueaba la consecución de sus intereses en el país, trataron de fragilizarle la actuación en el proceso de regulación de agrotóxicos apostando por el empoderamiento del Ministerio de Agricultura. Como dicho movimiento tardó en consolidarse, las agencias reguladoras aparentemente fueron capturas por el propio gobierno (SANTOS, 2015). Es el caso de Anvisa, que alteró normas internas para facilitar el registro de agrotóxicos (CANCIAN, 2018) y llegó a aprobar el registro de productos peligrosos que antes había rechazado (OLIVEIRA, 2017).

Así se llega a una de las cuestiones que ya señalamos: *La respuesta a la creciente confirmación de efectos adversos que conlleva el uso combinado de semillas transgénicas y agrotóxicos debería motivar la implementación de controles más rigurosos y más regulación, pero los gobiernos, al contrario, responden con estímulos a las empresas y aflojamiento de las leyes.* La aceleración de dicho proceso puede inhibir, además de la información pública, estudios sobre riesgos potenciales de mediano y largo plazos efectuados bajo la óptica del principio precautorio, así como estudios sobre soluciones alternativas e inversiones en estas.

¿Por qué nuevas tecnologías que se enmarcan en el mismo modelo no brindarán respuestas a los desafíos de la seguridad alimentaria y la protección ambiental?

La modificación genética de plantas mediante manipulación de ADN se anunció como una revolución tecnológica que nació a raíz de los descubrimientos sobre el genoma y podría acelerar y dar más precisión a los procesos clásicos de mejoramiento genético. El resultado de dichas aplicaciones sería la obtención de plantas más nutritivas, más productivas, más resistentes a plagas, a enfermedades y a adversidades ambientales tales como sequía y suelos salinos. Su cultivo requeriría de dosis más bajas de agroquímicos. La adopción de esas nuevas semillas sería la única forma de afrontar la ecuación malthusiana de una población que crece en ritmo más acelerado que la oferta de alimentos (Ver p. ej.: HERRERA-ESTRELLA, 2000; JAMES; KRATTIGER, 1996).

Sin embargo, los resultados de la llamada moderna biotecnología no se fueron exactamente los que habían planificado sus proponentes. La voracidad de la industria en formar gigantes monopolios, apropiarse de las semillas mediante patentes y esquivar normas y evaluaciones de riesgo consistentes, buscando atajos para introducir esos productos en la alimentación de la población de forma poco transparente e informada, suscitó restricciones y desconfianza de los consumidores. Conta-



Foto: Gabriel B. Fernandes

Afiche sobre el Tribunal Internacional de Monsanto, Rosario, Argentina. En 2017, un Tribunal de Opinión de la Corte Internacional de Justicia de la Haya concluyó que la empresa había cometido ecocidio por el uso del herbicida glifosato.

minaron, asimismo, la imagen de los transgénicos su estrecha relación con *commodities* agrícolas de exportación que requieren de extensas áreas de monocultivo (FISCHER, 2016) y la desigual disputa por recursos públicos para investigación, lo que termina por bloquear las inversiones en Agroecología (VANLOQUEREN; BARET, 2009), que sí es un enfoque capaz de afrontar los desafíos que la transgenia alegó poder solucionar (ALTIERI, 2002; BADGLEY *et al.*, 2007; GARCIA; ALTIERI, 2005; PONISIO *et al.*, 2014; PRETTY *et al.*, 2006; SCHUTTER, 2010). A esa campaña de marketing con signo invertido se suma la manera como investigadores que publicaron datos desfavorables a los intereses de la industria sufrieron intimidación y ataques públicos por parte de algunos colegas (WALTZ, 2009a, 2009b).

Ello nos permite avanzar en la siguiente cuestión: *El sistema investigación-desarrollo-innovación vinculado al modelo agrícola dominante crea un mercado (que a su vez lo crea) que gira en torno de sí mismo y tiende a bloquear inversiones en Agroecología.*

Además de ese comportamiento controvertido, las empresas y sus aliados afrontan las limitaciones que imponen la propia técnica y la falta de conocimientos sobre los genes y su funcionamiento (EL-HANI, 2007; HO, 2013; LATHAM; WILSON; STEINBRECHER, 2006; MESNAGE *et al.*, 2016). Dichas lagunas han reforzado las preocupaciones con los riesgos y la demanda de acciones basadas en el Principio Precautorio, así como el apoyo a otras formas de agricultura.

Con relación al Principio Precautorio, habitualmente atacado por biotecnólogos que lo entienden como “principio de obstrucción” (p. ej.: REINACH, 2003) que impediría el avance de la ciencia o algo que requiera de “certeza científica de ausencia de riesgo” (COLLI, 2011), adoptamos aquí la visión de Hugh Lacey. Para este filósofo de la ciencia, lejos de ser una intrusión de la ética en la investigación, dicho principio, cuando bien aplicado, protege la ciencia de la intrusión de valores e intereses de gobiernos y corporaciones que subordinan la ciencia. Lo que se busca no es la certeza científica de riesgo cero, ni tampoco del daño potencial imprevisible y no especificable, sino la evaluación del riesgo científicamente plausible, aunque incierto. Se busca comprender tanto los efectos de la acción como los de la inacción. Su papel es evaluar si los datos científicos son éticos y socialmente robustos – sin

poner en telón de juicio el valor cognitivo de resultados robustamente confirmados (LACEY, 2006; 2019). Desde ese enfoque, también es posible atacar una doble falla científica recurrente entre los promotores de los transgénicos: (i) no demostrar la seguridad de sus productos; y (ii) no comprobar la ausencia de alternativas viables (LACEY, 2007).

De manera general, hoy se cuentan con amplias y crecientes evidencias de campo y vasta bibliografía especializada (Ver al respecto: FERMENT *et al.*, 2015) que ponen de manifiesto que los impactos negativos del cultivo de semillas transgénicas en larga escala – y que se anunciaron por más de treinta años – de alguna manera se dieron.⁸ Un alerta pionero – apoyado, sobre todo, en conocimientos de ecología y genética – ya señalaba que la adopción de las semillas transgénicas conllevaría un aumento en el uso de herbicidas, aceleraría el desarrollo de supermalezas, crearía insectos resistentes, superplagas y resistencia en agentes causadores de enfermedad, e impulsaría la contaminación (transferencia de genes) de especies espontáneas, de parientes silvestres de los cultivos y de los propios cultivos (STEINBRECHER, 1996).

En lo que atañe al uso de herbicidas, se observó un perfil similar en los países del Cono Sur que adoptaron el cultivo comercial de la soja transgénica resistente al *Roundup*. Según estudio de Catacora-Vargas y colaboradores sobre Brasil, Argentina, Uruguay y Paraguay, el uso de glifosato aumentó proporcionalmente más que el área cultivada (CATACORA-VARGAS *et al.*, 2012, p. 30-32). Además del uso de esos productos, el desarrollo de plantas espontáneas resistentes a dicho producto también movió a los productores a echar mano de los viejos y tóxicos Paraquat (prohibido en la Unión Europea y diez países más⁹), 2,4-D (que libera dioxinas en el ambiente) y atrazina (prohibida en 37 países¹⁰) (los dos primeros sumamente tóxicos, según clasificación de

⁸ El Informe de la Academia Nacional de Ciencias, Ingeniería y Medicina de los Estados Unidos (NASEM), de 2016, es citado como fuente “independiente y objetiva” de comprobación de la inocuidad de los OGMs usados en la agricultura (Ver: < <https://nas-sites.org/ge-crops/> >). Posteriormente a su difusión, un estudio reveló que seis de los veinte miembros del comité que redactó el informe tenían uno o más casos de conflicto de intereses (KRIMSKY; SCHWAB, 2017).

⁹ Cf. Pesticide Action Network. Disponible en: < <http://pan-international.org/pan-international-consolidated-list-of-banned-pesticides/> >. Acceso: 13 feb. 2019.

¹⁰ Idem.

Especies modificadas, características (eventos) GM insertadas y empresas proponentes de semillas transgénicas autorizadas para cultivo comercial en Brasil ¹												
Especie modificada	Característica GM								Empresa proponente ²	Eventos liberados	%	
	TH	RI	TH/RI	AV	Virus	TH/Sequía	Fert.	Amilasa				Sequía
Soja	11	1	4	0	0	1	0	0	0	Monsanto, BASF-Embrapa, Bayer, Dow, DuPont, TMG	17	17,89
Maíz	9	8	31	0	0	0	1	1	1	Monsanto, Bayer, Syngenta, Du Pont, DuPont-Dow Agros-ciencias, Monsanto-Dow	51	53,68
Algodón	7	3	12							Monsanto, Bayer, Dow, BASF	22	23,16
Eucalipto				1						Futuragene	1	1,05
Caña de azúcar		3								CTC	3	3,16
Frijol ²					1					Embrapa	1	1,05

1 El Cuadro no toma en cuenta las fusiones entre Bayer-Monsanto (2016), ChemChina-Syngenta (2016) y Dow-DuPont (2015). (Veral respecto: MOLDENHAUER; HIRTZ, 2018)

2 El frijol GM de Embrapa, aunque autorizado por CTNBio, nunca llegó a comercializarse porque, en el campo, se mostró significativamente susceptible a la enfermedad ya en la primera generación de las semillas; además, presentó inesperada asociación con otros tipos de virus (FERNANDES, 2011)

Leyenda TH: tolerante a herbicidas; RI: resistente a insectos; TH/RI: tolerante a herbicidas y resistente a insectos (apilado); AV: aumento de volumen de la madera; RV: resistente a virus; TH/Sequía: tolerante a herbicidas y a sequía; Fert.: restauración de fertilidad para producción de semillas; Amilasa: aumento de termoeestabilidad de amilasa; Sequía: tolerancia a estrés por sequía. Los números en la columna Característica GM indican la cantidad de eventos de modificación genética liberados para cada una de las características.

* Elaborado por el autor con datos de CTNBio actualizados en 07/05/2020 y disponibles en: <http://ctnbio.mctic.gov.br/documents/566529/1684467/Tabela-de-Plantas-Aprovadas-para-Comercializa%C3%A7%C3%A3o/e3087f9c-c719-476e-a9bd-bfe75def842f>. Não é objeto deste estudo, mas também já foram aprovadas comercialmente no Brasil 42 vacinas GM para uso em animais e humanos e 28 cepas de microrganismos GM (dados atualizados em 07/05/2020).

Actualizado cf. datos 07/05/2020

Anvisa). En Bolivia, por ejemplo, tras la introducción de la soja genéticamente modificada, las pulverizaciones con 2,4-D se multiplicaron por 3,35, las de atrazina, por 4,56, y las de Paraquat, por 2,31 (p. 33).

Lo anterior trae a colación otra cuestión que aquí se discute: *Los viejos agrotóxicos siguen vigentes, una vez que las semillas transgénicas, productos de la llamada biotecnología moderna, se diseñaron para el uso combinado con dichos productos en monocultivos.*

En el caso específico de Brasil – que no difiere mucho del de otros países de la región (MANSUR; CÁRCAMO, 2014) –, el Cuadro 1 presenta el dominio que tienen empresas multinacionales productoras de agrotóxicos sobre el desarrollo de semillas transgénicas, y pone de manifiesto que 74 de las 95 variedades transgénicas liberadas (un 78%) han sido genéticamente modificadas para resistir a la aplicación de uno o más herbicidas. Nuevos eventos de modificación genética y la combinación de esos diferentes eventos en una misma planta bajo la forma de genes apilados (para resistir a diferentes insectos y/o tipos de herbicidas) se lanzan al mercado (un 94% de las 95 variedades transgénicas autorizadas) en respuesta al desarrollo de resistencia en poblaciones de insectos y plantas espontáneas masivamente expuestas a los mecanismos de control presentes en las plantas transgénicas (FERNANDES, 2018; MELGAREJO; FERRAZ; FERNANDES, 2013).

Con inevitable sensación de *déjà-vu*, las alegadas pretensiones de la revolución del gen repiten las de la Revolución Verde. Más de 30 años atrás, ya se sabía que una revolución forma parte constitutiva de la otra y ya era previsible que los impactos sociales, ambientales y económicos no se reducirían con la revolución del gen, sino que más bien aumentarían y se expandirían. O sea, *la tecnología dominante sólo puede ofrecer respuestas en el marco del sistema que le dio origen y del cual forma parte: a las fallas con agrotóxicos se responde con más agrotóxicos; a la fallas con semillas transgénicas se responde con más semillas transgénicas.*

Al reproducir esa lógica y mantener el sistema, se apuesta por nuevas técnicas de mejoramiento que prometen ser más precisas y más potentes que la ingeniería genética hasta entonces utilizada para desarrollar organismos transgénicos.

Nuevas biotecnologías: editar genes y manipular la Naturaleza

Al mismo tiempo en que evidencias científicas recientes ponen de manifiesto que se domesticó el maíz no solo en México, sino también en la Amazonía brasileña hace cerca de 6.500 años (KISTLER *et al.*, 2018), empresas de biotecnología tratan de lanzar al mercado variedades de maíz resultantes de la aplicación de técnicas de edición de genes, también denominadas Técnicas Innovadoras de Mejoramiento de Precisión – TIMP (*Precision Breeding Innovation* – PBI). Por una parte, el legado humano de la domesticación de plantas; por otra, un proceso tecnocientífico que promete revolucionar las bases de esa interacción con la naturaleza. Asimismo, empiezan a utilizarse en células, embriones e incluso seres humanos aplicaciones médicas de dichas técnicas.

Las TIMPs (que abarcan las NBT – *New Breeding Technologies*) se diseñaron para modificar un gen directamente en el genoma, sin necesariamente importar genes de afuera. Dichas técnicas de edición de genes *in vivo* (y no *in vitro*)¹¹ pueden tener como blanco un gen específico o una secuencia del genoma de prácticamente cualquier especie. Las posibilidades de modificación abarcan: delección, inserción o alteración de nucleótidos¹² en una molécula existente de ADN o ARN, así como inserciones o delecciones de largas secuencias en regiones blanco específicas (AGAPITO-TENFEN *et al.*, 2018). Aunque sus detalles pueden variar, esas técnicas suelen utilizar enzimas (nucleasas) orientadas a secuencias específicas de ADN que se cortarán y más adelante activarán un mecanismo natural de reparación de la célula (STEINBRECHER, 2015). Las nucleasas artificiales pueden generar nuevos organismos que serán idénticos o sumamente parecidos a los naturales ya existentes. ZFNs (*zinc finger nuclease*), TALENs (*transcription activator-like effector nuclease*) y CRISPR/Cas (*clustered regularly inter-spaced short palindromic repeat*) están entre los principales procesos de edición de genoma que se utilizan.

¹¹ Las modificaciones *in vivo* se hacen directamente en el genoma del organismo, diferentemente de las modificaciones *in vitro*, que se efectúan externamente y luego se introducen en el organismo blanco.

¹² Nucleótidos: son las moléculas que conforman el ADN (Adenina, Timina, Citosina y Guanina) y el ARN (Adenina, Timina, Citosina y Uracila). La secuencia de esas moléculas en la tira de ADN determina cuáles proteínas se producirán o qué instrucción se le dará a la célula.

Cuadro 2	
Descripción de las principales técnicas incluidas en la categoría TIMP de acuerdo con la RN 16/2018 de la CTNBio ¹	
Técnica	Descripción
FloreCIMIENTO temprano	Silenciamiento y/o súper-expresión de genes relacionados al florecimiento, mediante la inserción de la modificación genética en el genoma y posterior segregación o mediante la expresión temporal por vector viral.
Tecnología para Producción de Semilla	Inserción de la modificación genética para restauración de la fertilidad en líneas naturalmente macho-estériles con el objeto de multiplicar esas líneas manteniendo la condición de macho-esterilidad, sin que haya, sin embargo, transmisión de la modificación genética a la descendencia.
Mejoramiento Reverso	Inhibición de la recombinación meiótica en plantas heterocigóticas seleccionadas para la característica de interés a fin de producir líneas parentales homocigóticas.
Metilación del ADN Dependiente de ARN	Metilación dirigida por ARNs de interferencia ("ARNi") en regiones promotoras homólogas al ARNi con el objeto de inhibir la transcripción del gen blanco en seres vivos.
Mutagénesis Sitio-Dirigida	Complejos proteicos o riboproteicos capaces de causar mutagénesis sitio-dirigida en microorganismos, plantas, animales y células humanas.
Mutagénesis Dirigida con Oligonucleótido	Introducción en la célula de un oligonucleótido sintetizado de forma complementaria a la secuencia blanco, conteniendo una o pocas alteraciones de nucleótidos, que podrán causar sustitución, inserción o delección en la secuencia blanco mediante mecanismo de reparación celular (microorganismos, plantas, animales y células humanas).
Agro-infiltración / Agro-infección	Hojas (u otro tejido somático) infiltradas con <i>Agrobacterium</i> sp. o construcciones génicas que contengan el gen de interés para obtener altos niveles de expresión temporal localizada en la zona infiltrada o con vector viral para expresión sistémica, sin que la modificación se transmita a las generaciones subsiguientes.
ARNi uso tópico/ sistémico	Uso de ARN de doble cadena ("dsRNA") con secuencia homóloga a la del(-de los) gen(es) blanco para silenciamiento específico de dicho(s) gen(es). Las moléculas diseñadas de dsRNA pueden introducirse/absorberse en la célula a partir del ambiente.
Vector Viral	Inoculación de seres vivos con virus recombinante (ADN o ARN) que expresa la modificación genética y amplificación del gen de interés mediante los mecanismos de replicación viral, sin que haya modificación del genoma del huésped.

Cuadro 3 Descripción de las principales técnicas incluidas en la categoría TIMP de acuerdo con la Comisión Europea		
Categoría	Comisión Europea ²	Descripción ³
Edición de genoma con miras a efectuar alteraciones precisas en una secuencia de ADN en una célula o modificaciones aleatorias en lugares precisos	Zinc Finger Nuclease Technology (ZFN- 1/2/3)	Tiene el objeto de modificar la secuencia de ADN para eliminar, sustituir o insertar secuencias de ADN en lugares específicos del genoma. Así, pues, su objetivo no difiere de los de ninguna otra técnica de ingeniería genética. Pueden efectuarse pequeños cambios en 1 a 10 nucleótidos (ZFN-1 y 2) o inserciones más grandes de genes completos, incluso transgenes (ZFN-3)
	Transcription activator-like effector nucleases – TALENs	Enzimas de restricción que pueden programarse para cortar secuencias específicas de ADN. Así como en ZFN, se editan genomas con base en la inducción de cortes en las dos tiras de ADN, en respuesta a los cuales la célula activa mecanismos de reparación
	CRISPR/Cas – clustered regularly interspaced short palindromic repeat system	Se trata de la técnica de edición de genomas que más se ha estado usando debido a su versatilidad y facilidad de utilización. El sistema Caspr/Cas forma parte del sistema inmunológico de algunos organismos unicelulares, y les otorga resistencia a elementos genéticos externos, que se cortan y retiran del ADN del organismo
	Meganucleasas – MN	Enzimas de restricción que ocurren naturalmente y pueden utilizarse para modificar el genoma de cualquier especie
Mutagénesis Dirigida con Oligonucleótido (ODM) o Ingeniería Genética de Oligonucleótido	Mutagénesis Dirigida con Oligonucleótido (ODM) o Ingeniería Genética de Oligonucleótido	La ODM se basa en el uso de oligonucleótidos para introducir mutaciones dirigidas en el genoma. Las modificaciones genéticas que pueden obtenerse mediante la ODM incluyen la introducción de nueva mutación o la reversión de mutación existente
Otras técnicas de ingeniería genética	Cisgénesis/Intragénesis	Cisgénesis e intragénesis son básicamente lo mismo que transgenia, pero en vez de introducirse una secuencia de ADN sintético o de otra especie, la secuencia insertada se obtiene de la misma especie o de una especie pariente
	Metilación de ADN Dependiente de ARN / RNA-dependent DNA methylation (RdDM)	Se trata de un proceso en el cual las moléculas de ARN hacen que la célula adicione grupos metilo a ciertos nucleótidos en secuencias específicas del ADN, así generando el silenciamiento de un gen
	Injerto (sobre porta injerto GM)	El material injertado no es modificado genéticamente, pero sí lo es la base sobre la cual se inserta. Aun así, muchas de las moléculas que produce el porta injerto GM pueden circular por el conjunto de la planta.

Cuadro 3 Descripción de las principales técnicas incluidas en la categoría TIMP de acuerdo con la Comisión Europea		
Categoría	Comisión Europea ²	Descripción ³
Otras técnicas de ingeniería genética	Mejoramiento Reverso / Reverse Breeding (RB)	Se trata de una técnica de ingeniería genética que permite reconstituir líneas parentales uniformes (homocigóticas) a partir de un híbrido existente cuyas líneas parentales no están disponibles o ya no existen.
	Agro-infiltración / agro-infección / Agro-infiltración	Tiene el objeto de generar modificaciones genéticas temporales, por un máximo de una generación, de manera tal de que el transgén no se integre de forma estable al genoma de la planta.
1 Cf.: < http://ctnbio.mcti.gov.br/resolucoes-normativas/-/asset_publisher/OgW431Rs9dQ6/content/resolucao-normativa-n%C2%BA-16-de-15-de-janeiro-de-2018?_101_INSTANCE_OgW431Rs9dQ6_redirect=http%3A%2F%2Fctnbio.mcti.gov.br%2Fresolucoes-normativas%3Fp_id%3D101_INSTANCE_OgW431Rs9dQ6%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D3 >. Acceso en: 22 feb. 2020. 2 Cf.: < https://ec.europa.eu/food/plant/gmo/modern_biotech_en >; < https://ec.europa.eu/research/sam/pdf/topics/explanatory_note_new_techniques_agricultural_biotechnology.pdf >. Acceso en 04 nov. 2020. 3 Elaborado por el autor con base en (AGAPITO-TENFEN, 2016; AGAPITO-TENFEN <i>et al.</i>, 2018; STEINBRECHER, 2015)		

Así como en el caso de manipulación genética mediante recombinación de ADN – más conocida por su aplicación en la creación de organismos transgénicos –, las TIMPs también están consideradas como herramientas potentes. Su evolución de cara a los procesos anteriores de ingeniería genética estaría en el hecho de que son más precisas. Sin embargo, hay genetistas que contestan este punto de vista:

“Precisión no significa necesariamente seguridad o ausencia de riesgos. Estudios ya constataron que la edición de genes puede resultar en modificaciones no solo en una, sino en muchas secuencias de ADN. Así, pues, las NBTs tampoco son tan precisas como se ha estado defendiendo. Este debate es muy similar al que ocurrió en ocasión del desarrollo de la transformación genética, cuando los proponentes de las tecnologías defendían que solo se alteraría o introduciría un gen, que los efectos de ello serían mínimos y que no habría riesgos para la salud humana ni tampoco para el medio ambiente. Con el tiempo, se demostró exactamente lo opuesto (Dr. Rubens Nodari, comunicación personal, 18/02/2019).”

Se ha estado aplicando el sistema de edición genética CRISPR/Cas asociado a impulsores genéticos (*gene drives*) con el objeto de alterar los mecanismos de heredabilidad de características en toda la población de una dada especie, lo que puede ampliar el predominio de un gen particular en una población (AGAPITO-TENFEN, 2016). O sea, dicho método puede modificar rápidamente no solo un organismo, sino toda una población al insertar en su ADN una modificación genética que aumenta la tasa a la cual se transmite la modificación a la siguiente generación (LEDFOORD, 2015).

O sistema de edição genética CRISPR/Cas vem sendo aplicado associado a impulsores genéticos (*gene drives*) com o objetivo de alterar os mecanismos de herdabilidade de características na população inteira de uma dada espécie podendo ampliar o predomínio de um gene particular numa população (AGAPITO-TENFEN, 2016). Ou seja, o método pode rapidamente modificar não só um único organismo, mas toda uma população, inserindo em seu DNA uma modificação genética que aumenta a taxa em que a modificação é passada para a geração seguinte (LEDFOORD, 2015).

Los impulsores genéticos diseminan rápidamente modificaciones genéticas a poblaciones animales. Sus beneficios potenciales incluyen reprogramar el genoma de mosquitos para eliminar el paludismo, revertir el desarrollo de resistencia en insecticidas y herbicidas [que causa el modelo de agricultura intensiva basada en agrotóxicos y semillas transgénicas] y erradicar localmente especies invasoras (OYE *et al.*, 2014).

Ocorre que los efectos de dichas técnicas sobre el medio ambiente pueden no resultar exactamente como se planea, y la “erradicación local” puede extenderse a todo un ecosistema y cruzar fronteras entre países. Algunas mutaciones genéticas pueden conllevar pérdida de funciones en los organismos modificados, lo que probablemente resultará en su extinción en el ambiente. Sin embargo, hay otras mutaciones que pueden suscitar ganancias de funciones. En caso de que esa ganancia de función ocurra de forma no intencional en organismos que no se haya correcta y previamente testado, estos podrán afectar rápidamente el ecosistema local, poniendo en riesgo a especies nativas. O, aunque no sean una amenaza para especies nativas, los nuevos organismos modificados pueden impactar negativamente el ambiente

debido a cruzamientos (ARAKI; NOJIMA; ISHII, 2014), y el impacto ambiental puede descontrolarse (AKBARI *et al.*, 2015).

Ello indica que la capacidad que tienen esas tecnologías de causar impactos negativos puede ser superior a la de los propios organismos transgénicos. Además, tras examinar nuevamente las semillas transgénicas y el desarrollo de, por ejemplo, supermalezas, puede concluirse que, aun cuando la modificación introducida funciona de la manera prevista, esa tecnología también tiene efectos ambientales. O sea, aun cuando no produzcan efectos no intencionales, los nuevos OGMs pueden ser un problema (Dr. Odd-Gunnar Wikmar, comunicación personal, 18/02/2019). Esos efectos pueden ser de larga escala, pues dichas tecnologías están incorporadas al modelo agrícola dominante.

Como si no bastaran los comprobados impactos económicos, sociales y ambientales del uso de agrotóxicos y transgénicos, algunas experiencias ya realizadas con organismos manipulados por TIMPs recalcan la necesidad de medidas rigurosas de evaluación de riesgos y de participación pública. Entre los efectos no intencionales ya observados en experimentos animales con TIMPs (RANA; CRAYMER, 2018) están:

- Lenguas aumentadas en conejos modificados para mayor producción de carne (edición de genes).
- Surgimiento de una vértebra adicional en cerdos a los que se les deletó un gen para favorecer el crecimiento de músculos (deleción de gen e ingeniería inversa de células).
- Muerte prematura de becerros que tuvieron genes editados vía Crispr para cambiarles el color del pelaje y reducir el estrés por calor (en este caso, deleción de un solo aminoácido).

Debido a esas características y su alcance, científicos afirman que dichas técnicas pueden brindar grandes beneficios, pero que pueden, asimismo, causar muchos daños y, por ello, deben utilizarse con cuidado y solo tras minuciosa evaluación de sus riesgos (AKBARI *et al.*, 2015; ARAKI; NOJIMA; ISHII, 2014; NATURE EDITORIAL, 2017; OYE *et al.*, 2014). Para que así sea, es necesario que los marcos regulatorio de la ingeniería genética se apliquen también a esas tecnologías.

Hay suficientes fundamentos técnicos y jurídicos para sostener esta posición, así como una moratoria sobre esas nuevas tecnologías (UCCSNAL, 2016). Sin embargo, empresas del sector defienden que los productos derivados de estas últimas no son transgénicos: por lo tanto, no estarían incluidos en el escopo de los procesos regulatorio de bioseguridad – ni tampoco de cualesquiera otros – nacional o internacionalmente definidos para los OGMs. Se apuesta por una especie de vacío regulatorio cuya finalidad sería acelerar la llegada de dichos

FÁBRICA DE PROMESAS

- La maquinaria de edición del Crispr-Cas9 (se lee críspcr-cás-nueve) permite actuar directamente sobre el gen defectuoso, como un misil teleguiado. En el caso de la distrofia muscular de Duchenne, enfermedad progresiva y letal, esa técnica podría beneficiar a un 80% de pacientes al cortar el ADN “equivocado” de las células musculares.
- El Crispr puede “empujar” mosquitos vectores de enfermedades (como el Anopheles, vector del paludismo, y el Aedes, del dengue y la infección por zika) a la extinción al favorecer la herencia de genes letales entre las hembras. Otro ejemplo icónico es el experimento que extirpó el VIH de un cultivo de células humanas.
- Es posible modificar células embrionarias para que un bebé no tenga fibrosis quística, distrofia o propensión a la diabetes y la obesidad.
- Pueden perfeccionarse bacterias capaces de degradar contaminantes, como el aceite. Plantas con elevadísima capacidad de capturar dióxido de carbono (CO₂) pueden estar por llegar en unos años (CUNHA, 2016).
- Científicos inyectaron en un ser humano genes editados vía CRISPR. El paciente tiene cáncer de pulmón y su esperanza está en que las células modificadas combatan el tumor. Se retiraron las células de defensa del paciente y se les desconectó un gen utilizando el CRISPR (FOLHA DE SÃO PAULO, 2016).
- Investigadores modificaron genes defectuosos en embriones humanos utilizando la revolucionaria técnica Crispr. Los experimentos mostraron ser posible corregir de forma eficaz y sin riesgos los defectos genéticos responsables de enfermedades hereditarias (FRANCE PRESSE, 2017).
- Científicos estadounidenses intentaron editar un gen al interior del cuerpo de un paciente modificando su ADN para tratar de curar una enfermedad. La manipulación genética se está dando de manera precisa. “La reparación se torna parte del ADN del paciente y allí permanecerá por el resto de su vida” (MARCHIONE, 2017).
- Investigador chino afirma haber alterado los embriones de siete parejas como parte de tratamientos de fertilidad. El atractivo del nuevo método es que ofrece a parejas afectadas por el VIH la oportunidad de tener un hijo protegido contra igual destino (MARCHIONE, 2018).

productos a los mercados, nuevamente, como en el caso de los OGMs, sin las debidas transparencia, información e concientización pública.

En el caso de las semillas transgénicas, la estrategia para abreviar su llegada a los cultivos y mercados – también esquivando los debidos estudios sobre riesgos y la información pública – pasó por el contrabando y la siembra ilegal, con la contaminación de los cultivos (FERNANDES; MARINHO, 2018; MARINHO; MINAYO-GOMEZ, 2004).

Etapas subsiguientes y complementarias a esta es la fragilización de las normas vigentes, en especial mediante el recurso a la dispensa. En el caso de Brasil, que tiene su Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNBio) con poderes deliberativos, vinculantes y normativos, las dispensas y flexibilizaciones de normas se definen por mayoría simple de sus 27 integrantes (Cuadro 4). Resulta importante destacar que la primera gran dispensa legal aplicada a los organismos transgénicos en Brasil – además de los sucesivos perdones a los cultivos ilegales de soja transgénica – fue la adopción de la misma ley de bioseguridad (11.105/2005). Esta ley se creó como una excepción para los OGMs en la legislación ambiental brasileña, pues su liberación comercial obtuvo dispensa de licenciamiento ambiental.¹³ Asimismo, las plantas Bts dejaron de ser encuadradas en la legislación de agrotóxicos.

La lectura del cuadro anterior nos remite a otra de las cuestiones aquí tratadas: *Sistemas regulatorios faltos operados por comités de especialistas se encargan de transmitir a la sociedad la noción de que los posibles riesgos de dichas tecnologías son controlables y/o no significativos.*

¹³ El artículo 16, inciso IV, párrafo 3 de la ley de bioseguridad establece que la exigencia de licenciamiento ambiental respetará la decisión técnica de la CTNBio con relación al riesgo del OGM (“La CTNBio delibera, en última y definitiva instancia, sobre los casos en los cuales la actividad es potencial o efectivamente causadora de degradación ambiental, así como sobre la necesidad de licenciamiento ambiental”). En el periodo evaluado, no se identificó ningún caso en que se haya exigido licenciamiento. Los pareceres técnicos suelen concluir que “La CTNBio considera que esa actividad no es potencialmente causadora de significativa degradación del medio ambiente o de daños a la salud humana y animal”.

Cuadro 4 Resumen del estatus desregulatorio de los OGMs en Brasil: medidas de dispensa o flexibilización aprobadas por la CTNBio entre 2005 y 2018		
Norma	Medida de dispensa o flexibilización	Efecto
Resolución Normativa 04/2007	Coexistencia entre cultivos de maíz – “aislamiento debe ser igual o superior a 100 metros” o “20 m más un borde con un mínimo de 10 hileras de maíz convencional de porte y ciclo vegetativo similar al maíz GM”.	Contaminación de variedades criollas y cultivos orgánicos; violación de los derechos de los agricultores.
Resolución Normativa 09/2011	Dispensa de monitoreo post-liberación comercial – “El requeridor deberá someter el plan de monitoreo post-liberación comercial, o solicitar su exención en un plazo de 30 (treinta) días (...) de acuerdo con la evaluación de riesgo de la CTNBio, así como con el parecer que figura en su decisión técnica”.	Los efectos ambientales y de salud de mediano y largo plazo que derivan del cultivo y consumo de productos permanecen desconocidos; no será posible rastrear un eventual surgimiento de enfermedad.
Decreto Ministerial MCT 373/2011	Altera reglamento de régimen interno de la CTNBio en virtud de sentencia judicial – pasa a permitir que se autorice el sigilo de documentos enteros que presentan empresas requeridoras –y no solo de informaciones de interés comercial–; los integrantes de la Comisión pasan a estar obligados a firmar término de confidencialidad	Perjuicio a la transparencia y la participación pública en los procesos decisorios, lo que es una afrenta a principios constitucionales de la administración pública; dificulta la producción científica independiente acerca de los procesos decisorios ¹ .
Resolución Normativa 15/2015	Aprobación automática de OGMs con eventos apilados –“La decisión favorable a la liberación comercial de Organismo Genéticamente Modificado (OGM) que contenga más de un evento, combinados mediante mejoramiento genético clásico cuyos eventos individuales la CTNBio haya previamente aprobado para liberación comercial se aplicará a las combinaciones posibles de los eventos individuales, como haya solicitado el requeridor”.	Semillas no testeadas pueden liberarse automáticamente, dado que genes acumulados en una misma planta no se comportan de la misma manera que si estuvieran aislados; dificulta el monitoreo de impactos; daño a la información pública.

Cuadro 4 Resumen del estatus desregulatorio de los OGMs en Brasil: medidas de dispensa o flexibilización aprobadas por la CTNBio entre 2005 y 2018		
Norma	Medida de dispensa o flexibilización	Efecto
Resolución Normativa 16/2018	Dispensa TIMPs de evaluación de riesgo –“Para determinar si el producto obtenido por TIMP se considerará o no un OGM y sus derivados, en los términos del art. 3º de la Ley 11.105, de 2005, la requeridora deberá consultar a la CTNBio”	Los productos que se obtengan a partir de TIMPs pueden permanecer al margen de la regulación jurídica y aprobarse para investigación, utilización y comercio sin ninguna seguridad (Frigo, Bittencourt e Isaguirre-Torres, 2019). El etiquetado y el monitoreo de impactos pueden tornarse inviables.

1 En el marco de la investigación realizada para elaborar este documento, se pidió, vía Sistema Electrónico del Servicio de Informaciones al Ciudadano (e-SIC) la transcripción de dos reuniones plenarias de la CTNBio. La respuesta que recibimos fue: “no pueden entregarse las transcripciones de las Reuniones Ordinarias, pues estas contienen todas las manifestaciones de los participantes y, por ello, pueden contener informaciones sigilosas, de interés comercial de las instituciones requeridoras (inciso XIX de la Ley n. 11.105/2005). Pese a que todas las reuniones de la CTNBio son públicas, la discusión de procesos que contengan informaciones consideradas sigilosas se da en recinto cerrado (art. 44-A del Reglamento Interno de la CTNBio, disponible en <http://ctnbio.mcti.gov.br/regimento-interno-da-ctnbio>) a fin de resguardar su confidencialidad (art. 35 del Decreto 5591/2005). Como en la transcripción está todo lo que se discutió, allí se encuentran también las informaciones sigilosas.”

Sin embargo, no todos los países van en esta misma dirección. La Unión Europea ya creó precedente con referencia al estatus legal de las NBTs. El 25 de julio de 2018, la Corte Europea de Justicia (ECJ, de su sigla en inglés) dictaminó que los organismos obtenidos mediante técnicas de mutagénesis dirigida (como lo son las de edición de ADN) son OGM (ver Cuadro 3). Así, pues, los productos de la edición de genes se han prácticamente equiparado a los OGM al dictaminarse también la evaluación extensiva de riesgos antes del cultivo y venta de los productos comerciales. Sin embargo, hay países que no tienen normas específicas, como los Estados Unidos, en donde tanto la transformación genética como la edición de genes se consideran como equivalentes al

mejoramiento genético clásico y no requieren de evaluación de riesgos (Dr. Rubens Nodari, comunicación personal, 18/02/2019). Brasil parece seguir el modelo estadounidense de desregulación, aunque un volumen significativo de sus exportaciones de productos agropecuarios se destina a países de la Unión Europea.

Así, hay autores que defienden controles aún más estrictos sobre el desarrollo y el uso de organismos que se generen por TIMPs que sobre los OGMs porque, al contrario de estos últimos, los organismos que incluyen *gene drives* están diseñados para moverse más allá de las fronteras nacionales (ARAKI; NOJIMA; ISHII, 2014; AGAPITO-TENFEN, 2016; OYE *et al.*, 2014; COBB, 2016; STEINBRECHER, 2015). Además, al diseminar rápidamente modificaciones genéticas a poblaciones animales, los *gene drives* tienen potencial para alterar especies enteras y eliminar enfermedades como el paludismo (NATURE, 2017). El sistema CRISPR de edición de genes, que se utiliza en los impulsores genéticos, emplea la enzima Cas9 para cortar el ADN en un lugar específico, que la célula intentará reconectar. Dichos mecanismos de reparación del ADN no siempre funcionan perfectamente; algunas veces puede suceder que el segmento de ADN sea deletado o reordenado, o que unidades no relacionadas de ADN se incorporen al cromosoma (LEDFOORD, 2018).

La misma Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (NAS) difundió un informe señalando un conjunto de preocupaciones respecto del desarrollo de TIMPs. Destaca, entre otros, los potenciales efectos irreversibles que pueden tener esos organismos modificados sobre todo un ecosistema, así como la posibilidad de que los impulsores genéticos pasen de una especie a otra (DAVIS, 2016).

Porque las TIMPs son OGMs

La posición que consiste en considerar que los organismos y productos derivados de las llamadas nuevas biotecnologías o técnicas de edición de genomas no son organismos genéticamente modificados carece de fundamento científico y jurídico.

Desde el punto de vista técnico

“Todo depende de qué, y no de cómo, se cambia” (Dr. Odd-Gunnar Wikmar, comunicación personal, 18/02/2019). O sea, lo determinante desde el punto de vista de la bioseguridad no es el proceso de modificación que se adopta, ni tampoco si esta será o no identificable o si estará en el producto final. Con base en el argumento de la detección o no de los genes modificados, se presentaron proyectos de ley proponiendo el fin del etiquetado como transgénicos de productos en los cuales no puede detectarse el ADN modificado (aceite de soja, por ejemplo). Igualmente con base en la composición del producto final, muchos procesos de evaluación de riesgos de OGMs adoptan el concepto pseudocientífico de equivalencia sustancial (MILLSTONE; BRUNNER; MAYER, 1999).

Desde el punto de vista de la regulación, la evaluación de riesgo y la información pública, importa saber qué funciones del organismo se han modificado (intencionalmente o no) y sus efectos sobre la salud y el medio ambiente. El enfoque basado en la función alterada es el que define riesgo en términos de la capacidad de influir sobre cualquier componente biológico cuya pérdida sería suficiente para causar daños a humanos u otras especies (OYE *et al.*, 2014).

La seguridad de las nuevas técnicas de edición del genoma se basan en dos premisas: (i) solo ocurren cambios en los sitios deseados; y (ii) solo ocurren cambios intencionales – o sea, las mismas premisas que se usan para alegar la seguridad de los transgénicos.

La moderna biotecnología – término que ya se empleaba para situar el origen de los transgénicos – altera el material genético de esos organismos en laboratorio para otorgarles nuevas propiedades o características (en inglés, *traits*). Como parte integrante de la moderna biotecnología, las nuevas técnicas de edición de genes, aunque pueden alterar el genoma *in vivo*, también utilizan las técnicas de modificación de ADN/RNA en ambiente controlado (*in vitro*) empleadas en el desarrollo de transgénico (ADN recombinante, bombardeo de partículas y transformación vía *Agrobacterium*) (TRANS ATLANTIC CONSUMER DIALOGUE, 2016; AGAPITO-TENFEN, 2016).

Los genes diseñados para aplicación vía ZFNs se introducen en las plantas mediante ingeniería genética estándar de los OGMs, lo que hace que el organismo en cuestión también sea un OGM, al menos en esa etapa de su desarrollo. Una vez que se expresen las proteínas ZFN, se seleccionarán los linajes de plantas que no contengan las proteínas ZFN. Así como las técnicas ZFN, las TALENs, meganucleasas, oligonucleasas y CRISPR/Cas tienen el objetivo de promover modificaciones deliberadas en la composición genética de un organismo y son técnicas de laboratorio sujetas a efectos *off target* y no intencionales que pueden derivar de los procesos de ingeniería genética (STEINBRECHER, 2015).

Desde el punto de vista legal

Las TIMPs se encuadran en la definición de transgénicos tanto en la legislación nacional como en los acuerdos internacionales. Como vimos, la ley brasileña de bioseguridad define como organismo genéticamente modificado (OGM) el “organismo cuyo material genético –ADN/ARN– haya sido modificado mediante cualquier técnica de ingeniería genética”. Ingeniería genética, también de acuerdo con lo que establece la ley, es “la actividad de producción y manipulación de moléculas de ADN/ARN recombinante”. De ello se entiende que debe entenderse y regularse como un OGM cualquier nuevo organismo oriundo de manipulación de moléculas de ADN o ARN en el contexto de las TIMPs.

La misma ley (Art. 3, inciso III) define que son OGMs los organismos oriundos de TIMPs que hayan utilizado moléculas sintéticas de ADN o ARN. “Tampoco importa el tamaño de la modificación o del rearreglo, si se insertó o deletó una base o se mezclaron miles de ellas (gene shuffling), con partes de bases sustituidas: se sigue en el marco de la definición legal de OGM (Dr. Rubens Nodari, comunicación personal, 18/02/2019).

La CTNBio, no obstante, recurrió a sus poderes normativos y publicó la Resolución Normativa 16/2018, que establece criterios para “determinar si el producto obtenido por TIMP se considerará o no un OGM y sus derivados”, lo que abre la posibilidad de exentar TIMPs de la evaluación previa de riesgos, etiquetado y monitoreo post-liberación comercial.

Juristas que evaluaron la norma opinan que “El peligro jurídico de la Resolución es que puede exentar las nuevas tecnologías de las medidas de seguridad y control que dispone la Ley nº 11.105/2005. Ello porque, según la Resolución, dichas técnicas “difieren de la estrategia de ingeniería genética por transgenia, una vez que resultan en la ausencia de ADN/ARN recombinante en el producto final” (FRIGO; BITTENCOURT; ISAGUIRRE-TORRES, 2019).

En el marco de la legislación internacional, Brasil es parte tanto del Convenio sobre la Diversidad Biológica de la Organización de las Naciones Unidas como de su Protocolo de Cartagena de Bioseguridad. El Protocolo trabaja con el concepto de organismo vivo modificado (OVM; Art. 3 (a)), que es “cualquier organismo vivo que posea una combinación de material genético inédito obtenida mediante el uso de la biotecnología moderna”. La biotecnología moderna, a su vez, está definida en el Protocolo (Art. 3 (i)) como “la aplicación de (a) técnicas *in vitro* de ácido nucleico, incluso ADN recombinante e inyección directa de ácidos nucleicos en células y organelas o (b) la fusión de células de organismos que no pertenecen a la misma familia taxonómica, que superen las barreras naturales de la fisiología de la reproducción o la recombinación y que no sean técnicas utilizadas en la reproducción y selección tradicionales”. Por ende, puede concluirse que se dejó intencionalmente abierta la definición de OVM que acordaron 198 países en el ámbito internacional para mantener su relevancia exactamente de cara a desarrollos futuros (AGAPITO-TENFEN *et al.*, 2018), como es el presente caso de las TIMPs.

Qué dicen los especialistas

Consultamos a cinco especialistas en el tema para entender las diferentes visiones que están en juego cuando se trata de la clasificación de TIMPs/NBTs como OGMs y el encuadramiento de esas nuevas tecnologías en las reglamentaciones de bioseguridad.



Cuadro 5 Opiniones de cinco especialistas sobre la definición de TIMPs y la necesidad de regulación de la técnica		
Especialista consultado	Pregunta 01	Pregunta 02
	En su opinión, las llamadas nuevas biotecnologías ¿generan organismos genéticamente modificados? Por ello, ¿piensa que los productos derivados de las NBT deben recibir etiquetado para informar al consumidor y ser regulados por la ley de bioseguridad y afines?	¿No es de esperarse que los productos de las NBTs pueden también generar efectos adversos y/o imprevisibles y que, por ende, las evaluaciones previas de riesgos tendrían su papel en el licenciamiento de esos nuevos productos?
Dra. Lim Li Ching , investigadora senior del Third World Network	A mi modo de ver, las llamadas NBTs, o técnicas de edición del genoma, sí generan organismos genéticamente modificados. En particular, una lectura atenta de las varias definiciones tanto del Convenio sobre Biodiversidad como del Protocolo de Cartagena sobre bioseguridad pone de manifiesto que dichos instrumentos legales internacionales de hecho cubren esas técnicas. Así, pues, los organismos y productos derivados de NBTs deben ser regulados por las legislaciones de bioseguridad y etiquetados para informar al consumidor.	Estudios recientes muestran que técnicas de edición de genomas ampliamente utilizadas inducen efectos no previstos y no intencionales como parte inherente al proceso de edición del genoma. Puede tratarse tanto de efectos secundarios (off-target) como de alteraciones genéticas no intencionales en la región blanco (target site). Pese al creciente número de aplicaciones en desarrollo y otras tantas previstas, esas técnicas se encuentran en su infancia y todavía permanecen lagunas críticas en el conocimiento de sus potenciales efectos no intencionales. Por ello, resulta clara la necesidad de regulación propia y de evaluaciones de riesgos obligatorias previas a la autorización de ingreso a los mercados de esos productos con genomas editados.
Dr. Odd-Gunnar Wikmar , investigador del GenØk Center for Biosafety/ Universidad de Tromsø, Noruega	En Europa (UE) y en Noruega, las Cortes de Justicia definen las NBTs como OGMs. Dicha definición no está en telón de juicio y solo puede revocarse mediante un cambio en la ley/directiva. Ello puede suceder, evidentemente, pero, a partir de ahora, todo lo que se haga con intervención humana (biotecnología) es un OGM. Por ley, todo OGM debe ser etiquetado. Estoy de acuerdo con la decisión de la justicia, las NBTs deben clasificarse como OGMs, con suficientes pruebas de seguridad (evaluación de riesgos) y etiquetado. No pueden desatenderse los derechos de los consumidores.	Coincido en que las evidencias de daño ambiental están confirmadas más allá de dudas. El tema de la salud humana es más polémico. Aunque pueden estar ciertos, los estudios son duramente contestados por otros – el resultado de ese debate todavía está por determinarse. Pero coincido en que no hay motivo para pensar que los nuevos OGMs (NBTs) no producirán daños ambientales. Todo dependerá de cómo se los cultivará y testeará, lo que, una vez más, nos lleva al tema de la regulación. Sin regulación y sin pruebas, nadie conocerá nunca sus efectos. Las regulaciones plasman y aseguran un buen desarrollo de productos. Nosotros, como sociedad, debemos cerciorarnos de que tendremos esa seguridad.

Cuadro 5 Opiniones de cinco especialistas sobre la definición de TIMPs y la necesidad de regulación de la técnica		
Especialista consultado	Pregunta 01	Pregunta 02
	En su opinión, las llamadas nuevas biotecnologías ¿generan organismos genéticamente modificados? Por ello, ¿piensa que los productos derivados de las NBT deben recibir etiquetado para informar al consumidor y ser regulados por la ley de bioseguridad y afines?	¿No es de esperarse que los productos de las NBTs pueden también generar efectos adversos y/o imprevisibles y que, por ende, las evaluaciones previas de riesgos tendrían su papel en el licenciamiento de esos nuevos productos?
Dr. Rubens Nodari , profesor titular de la Universidad Federal de Santa Catarina	La ley brasileña de bioseguridad define el OGM como “organismo cuyo material genético –ADN/ARN– haya sido modificado mediante cualquier técnica de ingeniería genética”. Ingeniería genética, también de acuerdo con lo que establece ley, es “la actividad de producción y manipulación de moléculas de ADN/ARN recombinante” ¹ . Así, pues, en el marco de lo que se ha estado denominando nuevas biotecnologías, cualquier nuevo organismo oriundo de la manipulación de moléculas de ADN o ARN debe ser legalmente encuadrado como tal. Para manipular ADN o ARN recombinante, cualquier persona jurídica tiene que crear una Comisión Interna de Bioseguridad (CIBio) y obtener el Certificado de Calidad en Bioseguridad (CQB, de su sigla en portugués) ² . Sin ello, toda la empresa está fuera de la ley. Por ende, cualquiera de las nuevas biotecnologías que manipule ADN o ARN recombinante necesita ingresar al sistema legal brasileño.	Considerando, además, que se trata de una tecnología experimental, resulta totalmente posible que ocurran reacciones bioquímicas no intencionales. Además, los organismos oriundos de dichas técnicas de edición de genes pueden generar alteraciones en muchas secuencias, tanto intencionales como no esperadas, y pueden producir nuevas proteínas, como sucedió con los OGM. Esas nuevas proteínas o metabolitos pueden ser tóxicos o alergénicos. En el caso de la utilización de OGM y derivados en la alimentación humana, sus efectos científicos no previstos ya comprobados fueron sorprendentes: causaron alteraciones bioquímicas y fallas fisiológicas en los consumidores, así como alteraciones diversas en el medio ambiente. Considerando que los OGMs suscitaron muchísimos más riesgos y alteraciones no intencionales de lo que previamente se imaginaba, ¿cómo predecir riesgos en el caso de una o varias modificaciones simultáneas? A modo de ejemplo, estudios sobre edición de genes en ratones ya identificaron que aproximadamente una tercera parte de los cambios causados en el genoma no habían sido previstos. Dos aspectos, entre otros, dificultan o imposibilitan predecir y, probablemente, testear por un costo razonable las incertidumbres que genera el uso de las nuevas biotecnologías: el estado del conocimiento científico, la persistente obstinación de la industria y sus defensores en no evaluar los riesgos de mediano y largo plazo de sus productos. Así, pues, no queda otra posibilidad sino el uso del Principio Precautorio.

1 Ley 11.105/2005, Art. 3, incisos V y IV, respectivamente (BRASIL, 2005a).

2 Decreto n° 5.591/2005, Art. 61 y Art. 45, respectivamente (BRASIL, 2005b); Resolución Normativa n.1 de la CTNBio, de 20 de junio de 2006. Disponible en: < <http://ctnbio.mcti.gov.br/inicio> >. Acceso: 18/02/2019.

Cuadro 5 Opiniones de cinco especialistas sobre la definición de TIMPs y la necesidad de regulación de la técnica		
Especialista consultado	Pregunta 01	Pregunta 02
	En su opinión, las llamadas nuevas biotecnologías ¿generan organismos genéticamente modificados? Por ello, ¿piensa que los productos derivados de las NBT deben recibir etiquetado para informar al consumidor y ser regulados por la ley de bioseguridad y afines?	¿No es de esperarse que los productos de las NBTs pueden también generar efectos adversos y/o imprevisibles y que, por ende, las evaluaciones previas de riesgos tendrían su papel en el licenciamiento de esos nuevos productos?
Dra. Adriana Brondani, Directora del Consejo de Informaciones sobre Biotecnología – CIB	Las New Breeding Technologies (NBT) –o Técnicas Innovadoras de Mejoramiento de Previsión (TIMP)– pueden o no ser OGMs. Cuando el producto final contenga fragmentos de DNA/ARN exógeno, se considerará como OGM. Sin embargo, en caso de que el producto final no incluya DNA/ARN exógeno, no se considerará como OGM. Si se lo considera como OGM, debe llevar el etiquetado de acuerdo con el fallo del Tribunal Regional Federal 1 (2016) al respecto. No obstante, es importante recalcar que el etiquetado no tiene relación con la bioseguridad, sino con el derecho a la información.	Resulta importante señalar, en primer término, que hay un número muy elevado de estudios que muestran que no hay ninguna evidencia científica de que la adopción de cultivos GM causa daño a la salud humana, animal o al medio ambiente. Un ejemplo de informe reciente (2016) es el de la Academia Nacional de Ciencias, Ingeniería y Medicina de los Estados Unidos (NASEM), que analizó más de mil publicaciones científicas sobre OGMs, oyó a más de ochenta manifestaciones en audiencias públicas y seminarios y analizó más de setecientos comentarios enviados por la población. El texto afirma que los especialistas no encontraron diferencias que indiquen que el riesgo de los alimentos transgénicos es superior al de las variedades convencionales. Dado que en la ciencia la acumulación de evidencias resulta esencial para construir argumentos, puede afirmarse que esas tecnologías son seguras. Ello porque el número de estudios que muestran que los alimentos transgénicos son tan seguros como los convencionales es inmensamente superior al de los pocos que afirman lo opuesto. En Brasil, si un producto desarrollado mediante TIMP se considera como OGM, se lo someterá a toda la evaluación de riesgos que determina la ley 11.105/05. Si, en ese proceso, llegan a constatar efectos adversos, el producto no será aprobado y no llegará al mercado.

Cuadro 5 Opiniones de cinco especialistas sobre la definición de TIMPs y la necesidad de regulación de la técnica		
Especialista consultado	Pregunta 01	Pregunta 02
	En su opinión, las llamadas nuevas biotecnologías ¿generan organismos genéticamente modificados? Por ello, ¿piensa que los productos derivados de las NBT deben recibir etiquetado para informar al consumidor y ser regulados por la ley de bioseguridad y afines?	¿No es de esperarse que los productos de las NBTs pueden también generar efectos adversos y/o imprevisibles y que, por ende, las evaluaciones previas de riesgos tendrían su papel en el licenciamiento de esos nuevos productos?
Dra. Maria Sueli Soares Felipe, Presidente de la CTNBio	Las nuevas tecnologías de mejoramiento (NBTs) pueden generar organismos genéticamente modificados o no. La CTNBio evaluará todos los productos generados mediante las NBTs para establecer su encuadramiento de cara a la definición legal que figura en la Ley de Bioseguridad. En caso de que se concluya que se trata de un organismo genéticamente modificado, se evaluará el producto como establecen las normas aplicables al OGM en cuestión. Los aspectos específicos del etiquetado debe aclararlos el Ministerio de Justicia, que reglamenta este punto.	Las evaluaciones de bioseguridad en plantas que lleva a cabo la CTNBio no pusieron de manifiesto los problemas relatados arriba. Las evaluaciones de riesgos que efectúa la CTNBio siguen los estándares que se establecen en la literatura internacional y las evaluaciones que realizan las principales agencias de evaluación de riesgos del mundo. Los productos de las NBTs, considerados como OGMs, también se evaluarán caso por caso considerando los mismos estándares de bioseguridad.

Sí hay motivo para preocuparse, pero también hay mucho que hacer

Como anteriormente se vio con base en el caso brasileño, la respuesta de los gobiernos ante los impactos del uso masivo de las tecnologías que se generan al interior del modelo agroalimentario dominante puede ser la de aflojar reglas y medidas de control, tornando las regulaciones aún menos responsivas o precautorias de cara a la salud y al medio ambiente (Cuadro 4). Es tal vez por eso que buena parte de las recomendaciones de investigadores y organizaciones de la sociedad civil se concentra (o se restringe) en demandar más reglamentación. Así, pues, se renueva, de alguna manera, la apuesta por la acción del Estado orientada a regular un modelo que se desarrolló en el marco de la globalización neoliberal, que propugna la reducción de la acción del Estado y la desregulación.

Una articulación entre organizaciones de consumidores europeos y norteamericanos plantea siete recomendaciones para el control de las TIMPs (TRANS ATLANTIC CONSUMER DIALOGUE, 2016):

- i Regular productos de las TIMPs como OGMs.
- ii Fortalecer sistemas regulatorios mediante la inclusión de estudios previos de impacto sobre la salud humana.
- iii Desarrollar sistemas rigurosos de estudios previos de impacto ambiental y de monitoreo post-comercialización.
- iv Adoptar etiquetado obligatorio para todos los productos que usan TIMPs.
- v Adoptar y poner en vigor reglas estrictas de rendición de cuentas corporativa.
- vi Establecer y mantener sistemas orientados a asegurar que sigan disponibles ofertas de ingredientes no-GM de identidad preservada.
- vii Considerar integralmente el bienestar de animales modificados.

No hay dudas de que estas medidas son necesarias, pero resulta importante considerar que los ítems ii a vi son puntos que se demandan desde hace décadas para la regulación de transgénicos (Ver al respecto: CONSEA, 2013).

Otras propuestas de regulación del uso de las nuevas tecnologías de edición del genoma también vinieron del mismo medio científico. Al entender que el tema es demasiado importante para dejarse en manos de *start-ups* de biotecnología o incluso de los científicos, Cobb (2016) defiende que el único modo sostenible y seguro para aplicar esa tecnología potencialmente transformadora es mediante el recurso a regulaciones internacionales basadas en estudios criteriosos y en un continuo monitoreo ecológico, combinados con el derecho de veto de las comunidades locales. Tal vez por reconocer la fragilidad de los gobiernos nacionales a la hora de afrontar aisladamente el poderío

Foto: Gabriel B. Fernandes



Feria de semillas, Cayambe, Ecuador.

económico detrás de esas tecnologías, el autor argumenta que estamos ante una tarea urgente que una estructura establecida, como la de las Naciones Unidas, debe asumir cuanto antes (COBB, 2016).

Los entrevistados defendieron, asimismo, que se implemente un tiempo de espera para pruebas y liberación de dichas tecnologías emergentes hasta que se definan sus conceptos y aplicaciones. Ello porque entienden que se trata de procesos que afectan bienes comunes globales y que requieren de discusión pública respecto de su seguridad y sus aspectos ambientales, así como de investigación en áreas en las cuales persiste un vacío de información. Además, ese tiempo de espera permitiría que se adaptaran las regulaciones y, principalmente, que se llevara a cabo un proceso un amplio, inclusivo y bien informado de discusión pública para determinar si, cuándo y cómo deben utilizarse los impulsores genéticos.

En una propuesta más claramente anclada en el Principio Precautorio y la participación social, Oye y colaboradores proponen diez pasos para la regulación de investigación, desarrollo y uso de impulsores genéticos, que se resumen a continuación (OYE *et al.*, 2014):

- i Previamente a las primeras liberaciones de impulsores de inversión a campo, debe evaluarse su eficacia.

- ii Estudios de largo plazo deben evaluar los efectos del uso de impulsores sobre la diversidad genética de poblaciones blanco, una vez que dichas aplicaciones pueden tener efectos duraderos que resulten de ventajas adaptativas u otras modificaciones.
- iii Las investigaciones sobre las funciones y la seguridad de los impulsores deben usar niveles múltiples de contención molecular para reducir el riesgo de escape durante la fase de pruebas.
- iv Las pruebas iniciales con impulsores capaces de diseminarse a poblaciones silvestres no deben efectuarse en áreas geográficas de ocurrencia de la especie blanco.
- v Todos los impulsores capaces de diseminarse a poblaciones silvestres deben construirse y testarse en conjunto con sus impulsores de reversión.
- vi Debe desarrollarse una red de micro y meso cosmos para testear TIMPs en instalaciones confinadas.
- vii Debe monitorearse la presencia o prevalencia de impulsores por secuenciación genética de muestras del ambiente.
- viii Dado que los efectos dependen principalmente de las especies y el cambio en el genoma, y no del mecanismo impulsor, los primeros deben evaluarse caso por caso.
- ix Para evaluar los usos potencialmente dañinos de impulsores, equipos multidisciplinarios deben ser desafiados a desarrollar escenarios de malos usos deliberados.
- x Deberían llevarse a cabo evaluaciones integradas de riesgo-beneficio informadas por las acciones recomendadas arriba para determinar si y cómo proceder con relación a propuestas de aplicación de impulsores genéticos.

Otro conjunto de propuestas fue elaborado por un grupo conformado por 26 investigadores que trabajan con técnicas de edición de genoma. El grupo publicó un artículo recalando la pérdida de control

que puede conllevar el escape de insectos u otros animales desarrollados y testados en laboratorio u otras estructuras de confinamiento. Los autores avanzan en el debate sobre la reglamentación de las nuevas biotecnologías al poner en telón de juicio los usos que se les da a los impulsores genéticos, recomendando que “los abordajes que utilizan impulsores genéticos para la edición de genoma se reserven estrictamente para los casos que lo requieren”.

Aunque consideran sumamente baja la probabilidad de un escape de ese tipo, y comprometidos con el desarrollo seguro y responsable de la tecnología de impulsores genéticos, Akbari y colaboradores propusieron, asimismo, algunas recomendaciones más específicamente dirigidas a los experimentos en laboratorios u otras formas de confinamiento (AKBARI *et al.*, 2015):

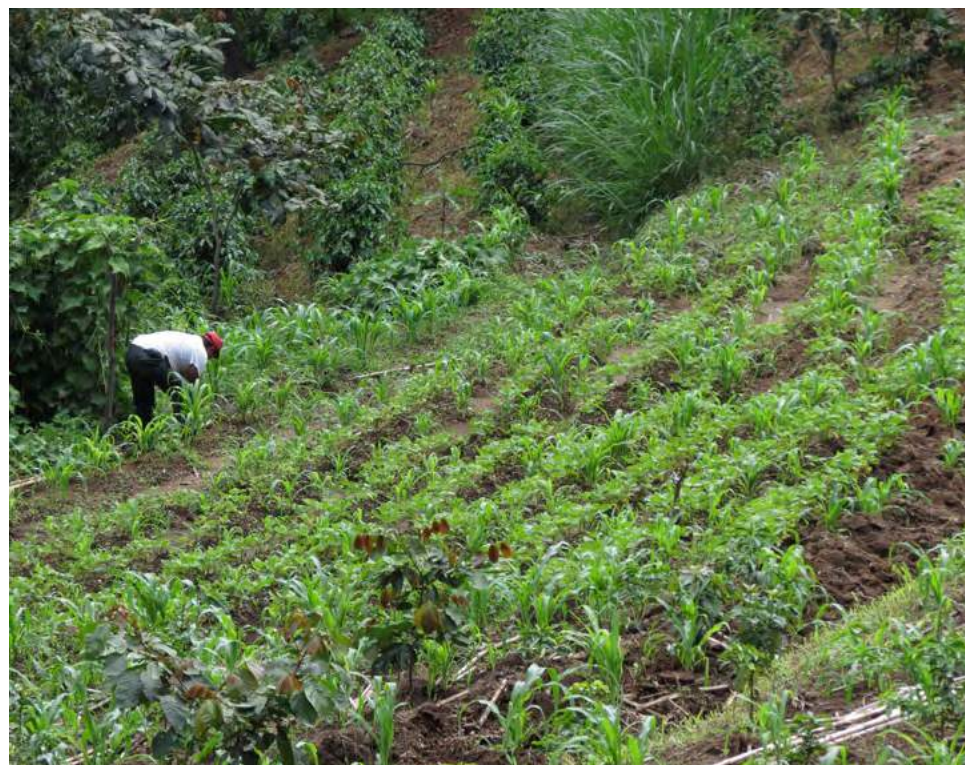
- i Minuciosa evaluación de riesgo de escapes del laboratorio debe anteceder cualquier trabajo con potenciales sistemas de impulsores genéticos.
- ii Todo experimento de laboratorio con impulsores genéticos debe implementar por lo menos dos estrategias rigurosas de confinamiento
- iii Organismos que contienen impulsores genéticos en sus estadios reproductivos no deben transportarse a otras instituciones antes de que se implementen directrices oficiales de bioseguridad.

Las entidades que auspician el desarrollo de dichas tecnologías también lanzaron iniciativas. Un grupo de instituciones financiadoras de investigaciones propuso una “guía de principios” para la investigación con impulsores genéticos (EMERSON *et al.*, 2017). Esta iniciativa tiene el objeto de definir un “estándar consensual” de buenas prácticas que ayude a establecer confianza en el desarrollo de los impulsores genéticos. Para ello, proponen un trabajo permanente con actores y agencias relevantes de manera tal de asegurar el progreso, la eficiencia y una estructura común para el avance de ese campo. Uno de los auspiciadores de la iniciativa es la Fundación Bill y Melinda Gates, que hace inversiones significativas en esta tecnología y ya obtuvo la adhesión de trece organizaciones más.

La iniciativa se organiza con base en cinco principios, redactados en términos algo vagos:

- i Avanzar con la ciencia de calidad para promover el bien público.
- ii Promover la gestión, la seguridad y la buena gobernanza.
- iii Demostrar transparencia y responsabilidad.
- iv Involucrarse cuidadosamente con las comunidades, partes interesadas y públicos afectados.
- v Promover oportunidades de fortalecimiento de capacidades y educación.

De manera general, las propuestas y recomendaciones de regulación de las nuevas biotecnologías, en especial de los impulsores genéticos, se abocan más bien al tema de la biodiversidad y terminan por dejar a un lado otros ámbitos en los cuales puede utilizarse esa tecnología: militarización, comercialización y seguridad alimentaria (THOMAS, 2016).



Sistema agrícola diversificado, Guatemala.

Foto: Gabriel B. Fernandes

Además, hay que considerar el aspecto del control corporativo sobre la tecnología y sus eventuales efectos en cadena. Los principales pedidos de patente que involucran impulsores genéticos incluyen una larga lista de casi 200 herbicidas y 50 plantas espontáneas (malezas). Los impulsores genéticos podrían revertir la resistencia a herbicidas desarrollada en esas plantas que compiten con los cultivos. Dicha aplicación podría, por una parte, dar nueva vida útil a herbicidas que perdieron su eficacia en los sistemas *Roundup Ready* de cultivo de semillas transgénicas; por otra parte, podría, asimismo, poner en riesgo un sin número de plantas alimenticias y sus parientes silvestres, muchas de las cuales están consideradas como “dañinas” en la agricultura convencional. La patente sobre el sistema CRISPR ya suscita, por sí sola, una disputa de 265 millones de dólares estadounidenses, o cerca de 1.500 millones de reales brasileños (cotización de octubre de 2020) (MAGALHÃES, 2019).

Esos diferentes planteamientos respaldan la visión de que lo que está en juego no es si debe o no regularse las TIMPs, sino cómo hacerlo. Un camino que se apunta es la adaptación de normas ya existentes para OGMs (AGAPITO-TENFEN *et al.*, 2018) entre las cuales:

- i Analizar la planta entera.
- ii Incluir análisis de toxinas y antitoxinas.
- iii Cuestionar la validez del enfoque basado en la equivalencia sustancial.

Estos tres puntos están destacados porque se trata de etapas del análisis de riesgos que ya se han propuesto en el marco de los debates sobre la regulación de organismos transgénicos en la década de 1990 e inicio de los años 2000. En ese entonces, ya había evidencias suficientes para argumentar por la necesidad de incluir dichas metodologías en la evaluación de riesgos de organismos transgénicos. El hecho de que medidas como (i) a (iii) ahora se propongan como forma de adaptar a las TIMPs los procesos regulatorios hasta entonces aplicados a los OGMs es, por sí solo, una indicación de que estos procesos tienen fallas y son incompletos en varios aspectos. La conclusión que se debe sacar aquí es que, aunque la propuesta de adaptación de las actuales reglas es pertinente de cara al surgimiento de las TIMPs, ello no puede

interpretarse como medida avaladora de los procesos existentes de regulación de OGMs. Más bien hay que recalcar que dichos procesos suelen ser reduccionistas, faltos, científicamente cuestionables, sujetos a influencias de gobiernos y empresas, poco transparentes y de escasa participación pública. No obstante, una vez aprobados e implementados, esos procesos aún pueden ser objeto de medidas de flexibilización.

En suma, puede concluirse que las tecnologías de edición de genes deben ser reguladas, y la propuesta de adaptación de las normas relativas a OGMs (p. ej., a partir de los enunciados arriba), además de controlar las diferentes formas de investigación y uso de las TIMPs, debe ser, antes que nada, una oportunidad para perfeccionar las regulaciones de bioseguridad aplicadas a los organismos transgénicos ya comercializados. Como es posible que esos nuevos organismos no presenten en sus genomas la edición genética a que se los sometió, su monitoreo en la naturaleza o el mercado es bastante más complejo que el de los OGMs y requiere de medidas específicas. ¿Cómo proteger las semillas criollas de un tipo de contaminación al parecer aún más difícil de rastrear? Muchas de las medidas propuestas para la regulación de TIMPs deben entenderse como medidas orientadas a perfeccionar las normas vigentes para OGMs y que también se aplican a las TIMPs.

Resulta importante recordar que, de los agrotóxicos a las nuevas biotecnologías, pasando por las semillas híbridas y transgénicos, está en cuestión el mismo modelo. Las semillas transgénicas resistentes a herbicidas ilustran muy bien el hecho de que dichas tecnologías no se sustituyen una a otra, sino que se complementan. Tanto es así que uno de los usos pretendidos de los impulsores genéticos es intentar revertir la resistencia a herbicidas que desarrollaron plantas espontáneas. Brasil, de por sí, tiene más de 50 millones de hectáreas cultivadas con semillas genéticamente modificadas, lo que incluye la casi totalidad del maíz y la soja producidos comercialmente y más de la mitad del algodón, con casi mil millones de litros de agrotóxicos. Limitarse a regular las TIMPs como OGMs equivale a aceptar que esas nuevas tecnologías sigan sirviendo para intensificar el modelo industrial de agricultura, el avance de la frontera agrícola y los conflictos por tierra asociados a ello; a aceptar que cuatro empresas controlen más de un 60% del mercado de semillas; a aceptar el consumo desenfrenado de agrotóxicos y la contaminación de los alimentos y las semillas criollas.

De la ciencia descontextualizada a la pluralidad científica

Nuevas biotecnologías y viejos agrotóxicos se combinan para reforzar el modelo agroalimentario dominante. Su progreso está vinculado al desarrollo tecnológico, y nada indica que sus fundamentos se alterarán por sí solos. Parte significativa de ese proceso se sostiene en la investigación pública, que las corporaciones lograron plasmar de acuerdo a sus propios intereses. Así, pues, eligen los problemas, cuyas soluciones se transforman en tecnologías que retroalimentan el modelo (KLOPPENBURG, 1991).

Esa ciencia, que disfruta de amplia legitimidad social, es la que informa los procesos de regulación de los agrotóxicos, los transgénicos y, ahora, también las nuevas técnicas de edición de genes. Se trata, asimismo, de la ciencia que puede utilizarse para legitimar los movimientos de desregulación de dichas tecnologías y sus usos. Además, y no menos importante, es la ciencia que puede usarse para deslegitimar los movimientos de construcción de alternativas al sistema agroalimentario dominante. Por ende, son evidentes los límites que pueden tener los actuales sistemas de regulación cuando examinados bajo la perspectiva de la soberanía alimentaria y la justicia social.

Entender esos sistemas y tratar de influir sobre ellos son acciones necesarias, y es una opción mejor que el estado de anomia. Sin embargo, cualquier avance más significativo con miras a implementar la perspectiva que aquí se plantea pasa por la discusión sobre los valores de la práctica científica que sostiene dichos sistemas y sobre sus alternativas. Ello significa comprender que *La naturalización de ese modelo y la aceptación de sus impactos presuponen la construcción deliberada de la idea de que no hay alternativas viables al actual modelo*. Esta otra cuestión clave que aquí se plantea pone de manifiesto una contradicción de nuestro tiempo, pues son cada vez más numerosas las evidencias de que las actuales investigaciones científicas no confirman la no existencia de alternativas. La alegación de que no hay alternativas no refleja conocimiento científico, sino poder económico (LACEY, 2007, 2015).

En este sentido, cualquier tentativa de superar los confines a los que se recluye el debate sobre las tecnologías dominantes exige cuestionar la manera como se concibe y practica la ciencia que le sirve de apoyo. Así, pues, “la crítica está dirigida no solo a las prioridades establecidas para la investigación, sino también a la validez y la utilidad de las metodologías empleadas y la constitución epistémica de la producción del conocimiento en sí” (KLOPPENBURG, 1991).

O sea, el crecimiento de la ciencia en el marco del interés privado justifica la discusión sobre su conducta. Son tres los ideales caros a la práctica científica: objetividad (imparcialidad), neutralidad y autonomía (LACEY, 2003, 2006), que se resumen a continuación.

- **Objetividad (imparcialidad):** solo datos empíricos y criterios apropiados deben ser pertinentes para evaluar/confirmar teorías e hipótesis científicas.



Foto: Gabriel B. Fernandes

Feria de semillas, Cayambe, Ecuador.

- **Neutralidad:** no pueden inferirse valores y juicios éticos de resultados científicos confirmados.
- **Autonomía:** las instituciones científicas no deben sobrecargarse con intereses extra-científicos, especialmente aquellos de los poderes hegemónicos.

Estos tres criterios deben operar al interior de una estrategia de investigación científica compuesta, a su vez, de tres momentos clave en los cuales deben tomarse decisiones contemplando tanto valores cognitivos (vc) como valores sociales (vs):

- Adoptar una estrategia (vc-vs)
- Aceptar teorías (vc)
- Aplicar el conocimiento científico (vc-vs)

Se asegura el ideal de objetividad/imparcialidad mediante la no incidencia sobre él de valores sociales. Para Lacey (2003), “La distinción entre valores cognitivos y valores sociales es necesaria para apoyar la visión de que el conocimiento científico imparcial puede resultar de un proceso sobre el cual influyen valores sociales”.

Una determinada práctica científica se acercará más al ideal de neutralidad en la medida en que sus resultados sirvan equitativamente a proyectos diferentes que manifiesten perspectivas éticas viables – y no solo a aquellos orientados por el capital o por el financiador de la investigación (los resultados de investigaciones con transgénicos ¿tienen alguna utilidad para la Agroecología? Resulta más fácil imaginar lo contrario). Leído de otra manera, ello significa decir que *Las nuevas tecnologías, ya sean químicas o genéticas, responden a demandas del modelo agroalimentario dominante y no tienen lugar fuera de este en la perspectiva de la soberanía alimentaria.*

Con la breve descripción arriba se ve que la práctica científica (objetiva, neutra y autónoma) abarca tanto valores cognitivos como valores sociales. Sin embargo, antes de llegar a un modelo de ciencia que aspira a la soberanía alimentaria y a la justicia social, es necesario ver algunas características de lo que puede denominarse investigación descontextualizada.

En primer término, hay que tener presente que los riesgos y las alternativas forman parte integrante del contexto. Lacey (2006) argumenta que lo que caracteriza la ciencia reduccionista es la investigación basada exclusivamente en abordajes descontextualizados, que disocian las dimensiones ecológica, social, cultural y económica de los fenómenos que estudian. Otras de sus marcas pueden ser la restricción a teorías aceptadas y la restricción a criterios para seleccionar datos empíricos relevantes, lo que compromete el ideal de la objetividad. Investigaciones con esas características generan innovaciones tecnocientíficas, que han sido el instrumento de la transformación del mundo y el poder a él asociado.

Señalarlo no significa negar la contribución histórica de la investigación descontextualizada, ni tampoco negar que esta seguirá jugando su papel en el progreso de la humanidad. Lo que pasa, justamente, es que, por su estrategia disociativa, no puede ofrecer la totalidad de las respuestas sobre los distintos fenómenos de la naturaleza. Así, pues, ese no puede (i) ser el único abordaje a informar los procesos de evaluación de riesgos y de regulación de las tecnologías vinculadas al modelo agroalimentario dominante, (ii) alegar la inexistencia de alternativas, ni tampoco (iii) ser el criterio exclusivo para evaluarse la viabilidad de dichas alternativas.



Foto: Gabriel B. Fernandes

Semillas nativas, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Por ello se propugna el principio precautorio, que hace hincapié en valores caros a la práctica científica (objetividad, neutralidad y autonomía) y en la defensa de la pluralidad de estrategias (complementariedad de abordajes descontextualizados y contextualizados) que contemple la investigación empírica de las dimensiones ecológica-social-cultural-económica, los efectos de largo plazo y el desarrollo de alternativas con base en la participación social y el fortalecimiento de los actores locales (FERNANDES, 2020). En este sentido, las evaluaciones de riesgo deben llevarse a cabo mediante una comparación de la tecnología en cuestión con las posibles alternativas, de lo contrario dichos procesos seguirán validando la seguridad de, p. ej., una planta transgénica comparada con una común pulverizada con agrotóxicos. ¿No sería de interés de la sociedad conocer el potencial de esa misma planta sin agrotóxicos y sin modificaciones genéticas? Sobre este punto, puede concluirse que *Los riesgos sociales y ambientales del actual modelo se agravan debido al riesgo de que se retrasen las inversiones en Agroecología y en acciones basadas en el Principio Precautorio.*

Consideraciones finales

Hoy se produce comida suficiente para alimentar a todos, pero no todos están alimentados. Una parte creciente de los que se alimentan come mal y tiende a desarrollar enfermedades crónicas no transmisibles. Transcurridas más de cinco décadas, el modelo agroalimentario dominante no fue capaz de asegurar alimento en cantidad y calidad suficientes para todos. Sus costos socioambientales se están acercando a los límites del planeta y la sociedad. En el marco de ese modelo, sigue la aceleración tecnológica y se acumulan lo viejo, lo nuevo y lo nuevísimo; es posible que una versión que utiliza nueva enzimas ya esté sobrepasando la propia edición de genes Crispr (OLIVEIRA, 2019).

Las nuevas tecnologías de edición de genes anuncian más precisión, pero también una lista de posibles efectos no-intencionales, y pueden tener impactos negativos aún más fuertes que los de los organismos transgénicos. Dada la naturaleza de esas técnicas, así como el hecho de que se incorporan al modelo agrícola dominante en Brasil, dichos efectos pueden ser de larga escala.

Intenso debate alimenta la controversia respecto de la naturaleza de ese nuevo conjunto de técnicas de edición de genes. ¿Son o no OGMs? La respuesta a esta pregunta decidirá el destino regulatorio de esos nuevos organismos y sus derivados, así como su mercado, el precio de las patentes asociadas, la fusión entre empresas y el volumen de recursos invertido en investigación y desarrollo.

La posibilidad de vacío regulatorio permite facilitar el ingreso de dichos productos al mercado según intereses comerciales, sin información pública y sin participación social. En caso de que ello ocurra – como ya se anuncia en Brasil –, la industria habrá logrado esquivar las “barrera” que dificultaron el rápido ingreso de los OGMs al mercado: debate público, etiquetado, evaluación de riesgos y procesos regulatorios (aun cuando faltos), seguidos de la misma ineficacia o pérdida de viabilidad de la tecnología.

Por ende, la tarea reconstructiva es la de crear visiones alternativas convincentes de futuros posibles. Desarrollar concepciones alternativas de la realidad desde voces alternativas que, en conversas unas con otras, construirán ese futuro (KLOPPENBURG, 1991).

El peso de la ciencia es innegable en el campo que moviliza las luchas por modelos tecnológicos. La amplitud y variedad de las prácticas sociales es suficiente para informar un nuevo modelo agroalimentario basado en la Agroecología y una nueva práctica científica autónoma y plural basada en sólidos valores cognitivos y en los valores sociales de la sostenibilidad, la soberanía alimentaria y la justicia social. Los movimientos campesinos y las poblaciones indígenas y tradicionales en los territorios son los que construyen esas prácticas que tienen fuerza política y legitimidad para impulsar la necesaria búsqueda de un nuevo modelo.



Foto: Gabriel B. Fernandes

Alimentos frescos comercializados directamente por las familias campesinas, Central de Productores Hortigranjeros de Feriantes de Alto Paraná, Ciudad del Este, Paraguay.

Referencias

AGAPITO-TENFEN, S. Biosafety aspects of genome-editing techniques. **Biosafety Briefing**, Biosafety Briefing, p. 11, 2016. Disponible en: <<https://acbio.org.za/en/biosafety-aspects-genome-editing-techniques>>. Acceso en: 7 feb. 2019.

AGAPITO-TENFEN, S. Z. *et al.* Revisiting Risk Governance of GM Plants: The Need to Consider New and Emerging Gene-Editing Techniques. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, 2018. Disponible en: <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2018.01874/full>>. Acceso en: 6 feb. 2019.

AKBARI, O. S. *et al.* Safeguarding gene drive experiments in the laboratory. **Science**, v. 349, n. 6251, p. 927–929, 2015. Disponible en: <<http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.aac7932>>. Acceso en: 18 feb. 2019.

ALMEIDA, V. E. S. *et al.* Uso de sementes geneticamente modificadas e agrotóxicos no Brasil: cultivando perigos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 10, p. 3333–3339, 2017. Disponible en: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232017021003333&lng=en&tlng=en>. Acceso en: 19 nov. 2018.

ALTIERI, M. A. **Biotecnologia agrícola: Mitos, Riscos Ambientais e Alternativas**. ASCAR-EMATER/RS, 2002.

ANVISA. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**. Brasília, DF: Anvisa/Ministério da Saúde, 2013. Disponible en: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117818/Relat%25C3%25B3rio%252BPARA%252B2011-12%252B-%252B30_10_13_1.pdf/d5e91ef0-4235-4872-b180-99610507d8d5>. Acceso en: 12 feb. 2019.

ANVISA. **Programa de Análise de Resíduo de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**. Brasília, DF: Anvisa/Ministério da Saúde, 2016. a. Disponible en: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/0/Relat%C3%B3rio+PARA+2013-2015_VERS%C3%83O-FINAL.pdf/494cd7c5-5408-4e6a-b0e5-5098cbf759f8>. Acceso en: 12 feb. 2019.

ANVISA. **Divulgado relatório sobre resíduos de agrotóxicos em alimentos**, 2016b. Disponible en: <http://portal.anvisa.gov.br/noticias/-/asset_publisher/FXrpx9qY7FbU/content/divulgado-relatorio-sobre-residuos-de-agrotoxicos-em-alimentos/219201/pop_up>. Acceso en: 12 feb. 2019.

ARAKI, M.; NOJIMA, K.; ISHII, T. Caution required for handling genome editing technology. **Trends in Biotechnology**, v. 32, n. 5, p. 234–237, 2014. Disponible en: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167779914000559>>. Acceso en: 5 feb. 2019.

BADGLEY, C. *et al.* Organic agriculture and the global food supply. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 22, n. 02, p. 86–108, 2007. Disponible en: <http://www.journals.cambridge.org/abstract_S1742170507001640>. Acceso en: 12 nov. 2018.

BRASIL. 11.105. Ley. mar. 2005a.

BRASIL. 5.591. Decreto. 22 nov. 2005b.

BRASIL. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica, 2014. Disponible en: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf>

CAMPANHA PERMANENTE CONTRA OS AGROTÓXICOS E PELA VIDA. Dicamba, 2,4-D, glifosato... Mais 22 registros no governo Bolsonaro. **Campanha Permanente Contra os Agrotóxicos e pela Vida**, 2020. Disponível em: <<https://contraosagrototoxicos.org/dicamba-24-d-glifosato-mais-22-registros-no-governo-bolsonaro/>>. Acesso em: 03 nov. 2020.

CANCIAN, N. Anvisa quer mais rapidez em avaliação de riscos de agrotóxicos. **Folha de São Paulo**, 2018. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2018/07/anvisa-quer-mais-rapidez-em-avaliacao-de-riscos-de-agrototoxicos.shtml>>. Acesso em: 13 feb. 2018.

CARNEIRO, F. F. *et al.* (EDS.). **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: São Paulo: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio; Expressão Popular, 2015. Disponível em: <https://www.abrasco.org.br/dossieagrototoxicos/wp-content/uploads/2013/10/DossieAbrasco_2015_web.pdf>

CARSON, R. **Silent spring**. 1st Fawcett Crest ed. New York: Fawcett Crest, 1964.

CATACORA-VARGAS, G. *et al.* **Soybean Production in the Southern Cone of the Americas: Update on Land and Pesticide Use**. Cochabamba, Bolivia: Genok/UFSC/Redes AT/Base-IS, 2012.

COBB, M. Gene drives need global policing. **The Guardian**, 2016. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/science/2016/feb/09/gene-drives-need-global-policing>>. Acesso em: 6 feb. 2019.

COLLI, W. Organismos transgênicos no Brasil: regular ou desregular? **Revista USP**, n. 89, p. 148–173, 2011. Acesso em: 14 feb. 2019.

CONSEA. **Mesa de Controvérsias sobre Transgênicos**. Brasília, DF: Conselho Nacional de Segurança Alimentar, 2013.

CUNHA, C. E. L. Conheça o Crispr, técnica de edição do DNA que promete mudar o mundo. **Folha de São Paulo**, 2016. Disponível em: <<https://m.folha.uol.com.br/ciencia/2016/04/1764258-conheca-o-crispr-tecnica-de-edicao-do-dna-que-promete-mudar-o-mundo.shtml?mobile>>. Acesso em: 6 feb. 2019.

DAMASIO, K. Liberação recorde reacende debate sobre uso de agrotóxicos no Brasil. **National Geographic**, 2019. Disponível em: <<https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2019/07/liberacao-recorde-reacende-debate-sobre-uso-de-agrototoxicos-no-brasil-entenda>>. Acesso em: 9 set. 2019.

DAVIS, N. “Gene-drive” organisms require far more research, say experts. **The Guardian**, 2016. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/science/2016/jun/08/gene-drive-organisms-require-far-more-research-say-experts>>. Acesso em: 2 feb. 2019.

DOYLE, A. 2018 foi o quarto ano mais quente já registrado na história. **Folha de São Paulo**, 2019. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2019/02/2018-foi-o-quarto-ano-mais-quente-ja-registrado-na-historia.shtml>>. Acesso em: 6 feb. 2019.

EL-HANI, C. N. Between the cross and the sword: the crisis of the gene concept. **Genetics and Molecular Biology**, v. 30, n. 2, p. 297–307, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-47572007000300001&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 12 nov. 2018.

EMERSON, C. *et al.* Principles for gene drive research. **Science**, v. 358, n. 6367, p. 1135–1136, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.aap9026>>. Acesso em: 20 feb. 2019.

FERMENT, G. *et al.* **Lavouras transgênicas: riscos e incertezas: mais de 750 estudos desprezados pelos órgãos reguladores de OGMs**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2015. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/ceazinepdf/LAVOURAS_TRANSGENICAS_RISCOS_E_INCERTEZAS_MAI_DE_750_ESTUDOS_DESPREZADOS_PELOS_ORGAOS_REGULADORES_DE_OGMS.pdf>

FERNANDES, G. B. O Pop do Agro. In: SANTOS, Maureen; GLASS, Verena (Eds.). **Atlas do Agronegócio: fatos e números sobre as corporações que controlam o que comemos**. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2018. p. 22–23.

FERNANDES, G. B.; MARINHO, W. O Caminho da Liberalização dos Transgênicos no Brasil. **Agroecologia**, v. 12, n. 2, p. 19–28, 2018. Disponível em: <<https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/347431>>

FERNANDES, G. B.; MELGAREJO, L.; FERRAZ, J. M. G. Dez anos de cultivos transgênicos no Brasil: um balanço crítico. **Cadernos de Agroecologia**, VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia, v. 8, n. 2, VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2013. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/13673>>. Acesso em: 14 feb. 2019.

FERNANDES, G. B. **Pesquisa em Agroecologia: reflexões a partir do estudo de sistemas locais de conservação e uso de sementes crioulas**. 2020. Tese (Doutorado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2020. Disponível em: <http://www.hcte.ufrj.br/docs/teses/2020/gabriel_bianconi_fernandes.pdf>. Acesso: 17 set. 2020.

FISCHER, K. Why new crop technology is not scale-neutral—A critique of the expectations for a crop-based African Green Revolution. **Research Policy**, v. 45, n. 6, p. 1185–1194, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048733316300300>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

FOLHA DE SÃO PAULO. Nova técnica de edição de genes é testada em humanos pela 1ª vez. **Folha de São Paulo**, 2016. Disponível em: <<https://m.folha.uol.com.br/ciencia/2016/11/1832542-nova-tecnica-de-edicao-de-genes-e-testada-em-humanos-pela-1-vez.shtml?mobile>>. Acesso em: 10 feb. 2019.

FRANCE PRESSE. Edição de DNA é usada em embriões humanos pela 1ª vez nos EUA. **Folha de São Paulo**, 2017. Disponível em: <<https://m.folha.uol.com.br/ciencia/2017/07/1904859-edicao-de-dna-e-usada-em-embrioes-humanos-pela-1-vez-nos-eua.shtml?mobile>>. Acesso em: 10 feb. 2019.

FRIGO, D.; BITTENCOURT, N. A.; ISAGUIRRE-TORRES, K. R. **As novas formas de biotecnologias agrícolas e a desregulação jurídica. O Estado neoliberal e a incidência do agronegócio no Brasil**. Berlim: Center for Research and Documentation Chile-Latinamerica – FDCL e Terra de Direitos, 2019. Disponível em: <<https://terradedireitos.org.br/uploads/arquivos/as-novas-formas-de-biotecnologia.pdf>>. Acesso em: 2 feb. 2019.

GALILEU. **Líder mundial, Brasil pode ganhar mais agrotóxicos na comida**. **Revista Galileu**, 2018. Disponível em: <<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2018/05/lider-mundial-brasil-pode-ganhar-mais-agrototoxicos-na-comida.html>>. Acesso em: 9 set. 2019.

GARCIA, M. A.; ALTIERI, M. Transgenic Crops: Implications for Biodiversity and Sustainable Agriculture. **Bulletin of Science, Technology & Society**, v. 25, n. 4, p. 335–353, 2005. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0270467605277293>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

GILLAM, C. Weed killer products more toxic than their active ingredient, tests show. **The Guardian**, 2018. Disponível em: <https://www.theguardian.com/us-news/2018/may/08/weedkiller-tests-monsanto-health-dangers-active-ingredient?CMP=share_btn_tw>. Acesso em: 13 feb. 2019.

GRIGORI, P. **Afinal, o Brasil é o maior consumidor de agrotóxico do mundo? Por trás do alimento**, 2019a. Disponível em: <<https://portrasdoalimento.info/2019/06/25/afinal-o-brasil-e-o-maior-consumidor-de-agrotoxico-do-mundo/#>>. Acesso em: 9 set. 2019.

GRIGORI, P. Governo libera registro de mais de um agrotóxico por dia neste ano. **Por trás do alimento**, 2019b. Disponível em: <<https://portrasdoalimento.info/2019/02/12/governo-libera-registro-de-mais-de-um-agrotoxico-por-dia-neste-ano/>>. Acesso em: 13 feb. 2019.

HERRERA-ESTRELLA, L. R. Genetically Modified Crops and Developing Countries. **Plant Physiology**, v. 124, n. 3, p. 923–926, 2000. Disponível em: <<http://www.plantphysiol.org/lookup/doi/10.1104/pp.124.3.923>>. Acesso em: 14 feb. 2019.

HO, M. W. The New Genetics and Natural versus Artificial Genetic Modification. **Entropy**, v. 15, n. 12, p. 4748–4781, 2013. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1099-4300/15/11/4748>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. v. 10. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94254.pdf>>. Acesso em: 13 feb. 2018.

INCA. **Posicionamento do Instituto Nacional do Câncer José Alencar Gomes da Silva acerca dos agrotóxicos. Instituto Nacional do Câncer/Ministério da Saúde**, 2015. Disponível em: <http://www1.inca.gov.br/inca/Arquivos/comunicacao/posicionamento_do_inca_sobre_os_agrotoxicos_06_abr_15.pdf>. Acesso em: 12 feb. 2019.

IPCC. **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Switzerland, Geneva: IPCC, 2014. Disponível em: <<https://archive.ipcc.ch/report/ar5/syr/>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

JAMES, C.; KRATTIGER, A. E. **Global Review of the Field Testing and Commercialization of Transgenic Plants, 1986 to 1995: The First Decade of Crop Biotechnology**: ISAAA Briefs. Ithaca, NY: ISAAA, 1996. Disponível em: <<https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/01/download/isaaa-brief-01-1996.pdf>>. Acesso em: 14 feb. 2019.

KISTLER, Logan *et al.* Multiproxy evidence highlights a complex evolutionary legacy of maize in South America. **Science**, v. 362, n. 6420, p. 1309, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.aav0207>. Acesso em: 17 set. 2020

KLOPPENBURG, J. Social Theory and the De/Reconstruction of Agricultural Science: Local Knowledge for an Alternative Agriculture1. **Rural Sociology**, v. 56, n. 4, p. 519–548, 1991. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1549-0831.1991.tb00445.x>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

KRIMSKY, S.; SCHWAB, T. Conflicts of interest among committee members in the National Academies' genetically engineered crop study. **PLOS ONE**, v. 12, n. 2, p. e0172317, 2017. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0172317>>. Acesso em: 3 dic. 2018.

LACEY, H. Existe uma distinção relevante entre valores cognitivos e sociais? **Scientiae Studia**, v. 1, n. 2, p. 121–49, 2003. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/ss/article/view/10968>>

LACEY, H. O princípio de precaução e a autonomia da ciência. **Scientiae Studia**, v. 4, n. 3, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662006000300003&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 12 nov. 2018.

LACEY, H. Há alternativas ao uso dos transgênicos? **Novos Estudos - CEBRAP**, n. 78, p. 31–39, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002007000200005&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 13 nov. 2018.

LACEY, H. Food and Agricultural Systems for the Future: Science, Emancipation and Human Flourishing. **Journal of Critical Realism**, v. 14, n. 3, p. 272–286, 2015. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1179/1572513815Y.0000000002>>. Acesso em: 7 feb. 2019.

LACEY, H. Adoção de medidas de precaução diante dos riscos no uso das inovações tecnocientíficas. **Estudos Avançados**, v. 33, n. 95, p. 245–258, 2019.

LAPPÉ, F. M. **Dieta para um pequeno planeta**. Tradução Sílvia Branco Sarzana. São Paulo: Global, 1985.

LATHAM, J. R.; WILSON, A. K.; STEINBRECHER, R. A. The Mutational Consequences of Plant Transformation. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, v. 2006, p. 1–7, 2006. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/bmri/2006/025376/abs/>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

LEDFORD, H. Caution urged over editing DNA in wildlife (intentionally or not). **Nature**, v. 524, n. 7563, p. 16–16, 2015. Disponível em: <<http://www.nature.com/doi/10.1038/524016a>>. Acesso em: 18 feb. 2019.

LEDFORD, H. CRISPR gene editing produces unwanted DNA deletions. **Nature**, 2018. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/d41586-018-05736-3>>. Acesso em: 18 feb. 2019.

LOPES, R. J. Milho pode até ser do México, mas foi domesticado na Amazônia, diz estudo. **Folha de São Paulo**, 2018. Disponível em: <<https://folha.com/m4jqbl5e>>. Acesso em: 13 dic. 2018.

MAGALHÃES, A. As patentes do 'Crispr'. **O Estado de São Paulo**, 2019. Disponível em: <https://politica.estadao.com.br/blogs/fausto-macedo/as-patentes-do-crispr/?utm_source=estadao:whatsapp&utm_medium=link>

MANUSR, M. I.; CÁRCAMO, M. (Org.). **América Latina: La transgénesis de un continente**. Visión crítica de una expansión descontrolada. 2ª ed. Chile: Heinrich Böll Stiftung, 2014.

MARCHIONE, M. Primeira edição de genes dentro do corpo é testada por cientistas dos EUA. **Associated Press/Folha de São Paulo**, 2017. Disponível em: <<https://m.folha.uol.com.br/ciencia/2017/11/1935843-cientistas-dos-eua-tentam-primeira-edicao-de-genes-no-corpo.shtml>>. Acesso em: 10 feb. 2019.

MARCHIONE, M. Cientista chinês diz ter criado os primeiros bebês editados geneticamente. **Folha de São Paulo**, 2018. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2018/11/cientista-chines-diz-ter-feito-os-primeiros-bebes-editados-geneticamente.shtml>>. Acesso em: 2 feb. 2019.

MARINHO, C. L. C.; MINAYO-GOMEZ, C. Decisões conflitivas na liberação dos transgênicos no Brasil. **São Paulo em Perspectiva**, v. 18, n. 3, p. 96–102, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392004000300011&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 12 nov. 2018.

MELGAREJO, L.; FERRAZ, J. M.; FERNANDES, G. B. Transgênicos no Brasil: a manipulação não é só genética. **Agriculturas**, v. 10, n. 1, p. 14–21, 2013. Disponível em: <<http://aspta.org.br/wp-content/uploads/2013/06/artigo-2.pdf>>. Acesso em: 14 feb. 2019.

MESNAGE, R. *et al.* An integrated multi-omics analysis of the NK603 Roundup-tolerant GM maize reveals metabolism disturbances caused by the transformation process. **Scientific Report**, v. 6, n. 1, 2016. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/srep37855>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

MILLSTONE, E.; BRUNNER, E.; MAYER, S. Beyond 'substantial equivalence'. **Nature**, v. 401, n. 6753, p. 525–526, 1999. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/44006>>. Acesso em: 19 feb. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Relatório Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2016. v. 1 Disponível em: <<http://www.agroecologia.gov.br/sites/default/files/publicacoes/Relatorio-Nacional-de-VSPEA-vol-1.pdf>>. Acesso em: 13 feb. 2019.

MOLDENHAUER, H.; HIRTZ, S. De sete para quatro - hegemalizando o mercado. In: SANTOS, M.; GLASS, V. (Eds.). **Atlas do Agronegócio: fatos e números sobre as corporações que controlam o que comemos**. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2018. p. 20–21.

NATURE EDITORIAL. Gene-drive technology needs thorough scrutiny. **Nature**, v. 552, n. 7683, p. 6–6, 2017. Disponível em: <<http://www.nature.com/doi/10.1038/d41586-017-08214-4>>. Acesso em: 5 feb. 2019.

OLIVEIRA, A. J. **Descoberto editor de DNA que pode ser ainda melhor que o CRISPR. SuperInteressante**, 2019. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/ciencia/descoberto-novo-editor-de-dna-que-pode-ser-ainda-melhor-que-o-crispr/>>. Acesso em: 21 feb. 2019.

OLIVEIRA, C. **'Pacote do veneno' em doses homeopáticas: Anvisa libera agrotóxico perigoso. Rede Brasil Atual**, 2017. Disponível em: <<https://www.redebrasilatual.com.br/ambiente/2017/11/pacote-do-veneno-em-doses-homeopaticas-anvisa-libera-agrotoxico-perigoso/>>. Acesso em: 17 set. 2019.

OYE, K. A. *et al.* Regulating gene drives. **Science**, v. 345, n. 6197, p. 626, 2014. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/345/6197/626.abstract>>

PIGNATI, W. A. *et al.* Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 10, p. 3281–3293, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232017021003281&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 19 nov. 2018.

PONISIO, L. C. *et al.* Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 282, n. 1799, p. 20141396–20141396, 2014. Disponível em: <<http://rspb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rspb.2014.1396>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

PRETTY, J. N. *et al.* Resource-Conserving Agriculture Increases Yields in Developing Countries. **Environmental Science & Technology**, v. 40, n. 4, p. 1114–1119, 2006. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es051670d>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

RANA, P.; CRAYMER, L. Big Tongues and Extra Vertebrae: The Unintended Consequences of Animal Gene Editing. **The Wall Street Journal**, 2018. Disponível em: <<https://www.wsj.com/articles/deformities-alarm-scientists-racing-to-rewrite-animal-dna-11544808779?mod=e2tw>>. Acesso em: 15 dic. 2018.

REDE BRASIL ATUAL. **Brasil pode voltar ao Mapa da Fome. ONU faz campanha pela segurança alimentar Rede Brasil Atual**, 2018. Disponível em: <<https://www.redebrasilatual.com.br/cidadania/2018/03/brasil-pode-voltar-ao-mapa-da-fome-onu-faz-campanha-pela-seguranca-alimentar>>. Acesso em: 26 feb. 2019.

REINACH, F. Transgênicos: precaução ou obstrução? **O Estado de São Paulo**, 2003. Disponível em: <http://www.reinach.com/publications/trnsngenicos_precaucao_obstrucao.htm>. Acesso em: 14 feb. 2019.

ROCKSTRÖM, J. *et al.* A safe operating space for humanity. **Nature**, v. 461, n. 7263, p. 472–475, 2009. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/461472a>>. Acesso em: 13 feb. 2019.

SANTOS, J. V. A fragilidade da Anvisa e o uso indiscriminado de agrotóxicos no Brasil. Entrevista especial com Victor Manoel Pelaez Alvarez. **Instituto Humanitas Unisinos**, 2015. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/539242-fragilidade-da-anvisa-e-o-uso-indiscriminado-de-agrotoxicos-no-brasil-entrevista-especial-com-victor-manoel-pelaez-alvarez>>. Acesso em: 13 feb. 2019.

SCHUTTER, O. **Report submitted by the Special Rapporteur on the right to food**. United Nations Human Rights Council, 2010. Disponível em: <<https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G10/178/49/PDF/G1017849.pdf?OpenElement>>. Acesso em: 14 feb. 2019.

STEINBRECHER, R. A. From Green to Gene Revolution: The Environmental Risks of Genetically Engineered Crops. **The Ecologist**, v. 26, n. 6, p. 273–81, 1996.

STEINBRECHER, R. A. **Genetic Engineering in Plants and the “New Breeding Techniques (NBTs)”: Inherent risks and the need to regulate**. Econexus, 2015. Disponível em: <<https://www.econexus.info/files/NBT%20Briefing%20-%20EcoNexus%20December%202015.pdf>>. Acesso em: 6 feb. 2019.

THOMAS, J. The National Academies' Gene Drive study has ignored important and obvious issues. **The Guardian**, 2016. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/science/political-science/2016/jun/09/the-national-academies-gene-drive-study-has-ignored-important-and-obvious-issues>>. Acesso em: 6 feb. 2019.

TRANS ATLANTIC CONSUMER DIALOGUE. **Resolution on consumer concerns about new genetic engineering techniques**. Consumers International, 2016. Disponível em: <http://tacd.org/wp-content/uploads/2016/09/TACD-Resolution-new-genetic-engineering-techniques_with-appendix_7-September.pdf>. Acesso em: 19 feb. 2019.

UCCSNAL. Carta abierta de la UCCSNAL sobre las nuevas tecnologías. **Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad y la Naturaleza de América Latina**, 2016. Disponível em: <<http://uccsnal.org/carta-abierta-de-la-uccsnal-sobre-las-nuevas-tecnologias/>>. Acesso: 17 set. 2020.

VANLOQUEREN, G.; BARET, P. V. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. **Research Policy**, v. 38, n. 6, p. 971–983, 2009. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048733309000614>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

WALTZ, E. GM crops: Battlefield. **Nature**, v. 461, n. 7260, p. 27–32, 2009a. Disponível em: <<http://www.nature.com/doi/10.1038/461027a>>. Acesso em: 14 feb. 2019.

WALTZ, E. Under wraps. **Nature Biotechnology**, v. 27, n. 10, p. 880–882, 2009b. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/nbt1009-880>>. Acesso em: 12 nov. 2018. em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1549-0831.1991.tb00445.x>>. Acesso em: 29 nov. 2018.



Nuevas biotecnologías, viejos agrotóxicos: un modelo insostenible que avanza y requiere de alternativas urgentes

Gabriel Bianconi Fernandes

Nuevas biotecnologías, viejos agrotóxicos:

un modelo insostenible que avanza
y requiere de alternativas urgentes

Cuando salió esta publicación en portugués, a fines de 2019, era impensable lo mucho que cambiaría el mundo en un solo año. La crisis que causó el Coronavirus está signada por muchas pérdidas y una crisis económica que ya llegó a nuestras puertas y nos acompañará por un buen tiempo. Con ella también volvió el hambre a niveles que ya parecían superados.

El agronegocio brasileño está entre los sectores que ganan con esta crisis. Aunque dichas ganancias tengan más que ver con especulación financiera que con el combate al hambre, se mantiene el discurso: para poder alimentar a la población de Brasil y a otras más, tenemos que aumentar la producción de alimentos de manera moderna e innovadora. ¿Será cierto?

En la presente publicación, Gabriel Bianconi Fernandes analiza la lógica inherente al sistema dominante de producción de alimentos, que es la de tratar de solucionar un problema o un reto mediante la introducción de nuevas tecnologías. El autor demuestra cómo dicha lógica significa más intrusión en la naturaleza, una vez que, cuando las nuevas tecnologías causan un problema, éste se soluciona con otra tecnología, en un escenario que más se parece a ciencia ficción. La introducción de semillas genéticamente modificadas en Brasil, proceso que se llevó a cabo con gran facilidad política/institucional y regulatoria, hasta la fecha suscita mucha resistencia en diversas otras partes del mundo.

La Fundación Heinrich Böll decidió publicar este análisis como un alerta. Nos encontramos en un momento decisivo para acompañar las decisiones políticas respecto de algo tan fundamental para nuestra vida como es la alimentación. Dicho proceso no se da únicamente en Brasil, pero pocas veces se ve en otras partes del mundo la velocidad a la que se despliega en este país.

ISBN 978-65-00-16590-6