Agroquímicos y semillas comerciales

Agroquímicos/agrotóxicos: Las empresas del sector agroquímico fabrican y comercializan plaguicidas/pesticidas para la agricultura. Grupo ETC utiliza la palabra "agrotóxico" como sinónimo de "agroquímico". Las palabras "herbicida", "insecticida" y "fungicida" se refieren a diferentes tipos de productos agrotóxicos para eliminar malezas, insectos y hongos, respectivamente. A raíz de las recientes megafusiones, al menos cinco de las principales empresas de pesticidas también dominan el mercado mundial de semillas comerciales y características genéticas. Con la comercialización de biotecnologías moleculares a mediados de la década de 1990 (por ejemplo, plantas genéticamente modificadas tolerantes a herbicidas), los sectores de pesticidas y semillas quedaron inextricablemente vinculados. Hoy están siendo vinculados aún más por las estrategias de intercambio de datos masivos.

Empresas líderes por sus ventas de agroquímicos, 2020

Clasificación	Compañía/Sede	Ventas de agroquímicos en MDD	% Cuota de mercado global
1.	ChemChina + SinoChem[1] (China) *pro forma* (Syngenta Group)	15,336 11,208 (Syngenta Group) + 4,128 (ADAMA)	24.6
2.	Bayer[2] (Alemania)	9,976	16.0
3.	BASF[3] (Alemania)	7,030	11.3
4.	Corteva[4] (EUA)	6,461	10.4
	TOTAL DE LAS 4 PRINCIPALES	**38,803**	**62.3**
5.	UPL[5] (India)	4,900	7.9
6.	FMC[6] (EUA)	4,642	7.4
	TOTAL DE LAS 6 PRINCIPALES	**48,345**	**77.6**
7.	Sumitomo Chemicals[7] (Japón)	4,010	6.4
8.	Nufarm[8] (Australia)	3,491	5.6
9.	Jiangsu Yangnon Chemical Co., Ltd.[9] (China)	1,413	2.3
10.	Shandong Weifang Rainbow Chemicals Co.,Ltd.[10] (China)	1,048	1.7
	TOTAL MERCADO GLOBAL	**62,400**	**100%**

Fuente: Grupo ETC

El mercado global de productos agroquímicos fue de 62 mil 400 millones de dólares en 2020.[11]

- ChemChina representa una cuarta parte del mercado mundial de pesticidas, una participación que probablemente se expandirá rápidamente después de la fusión en 2021 de ChemChina con SinoChem (ver abajo).
- 2º lugar del mercado global de pesticidas = 41%
- 4º lugar del mercado global de pesticidas = 62%
- 6º lugar del mercado global de pesticidas = 78%

Semillas comerciales y rasgos transgénicos: El sector de las semillas se refiere a las semillas de cultivos vendidas a través del mercado comercial (principalmente semillas de hortalizas y cultivos de campo patentadas) y a los rasgos de cultivos transgénicos. Sin embargo, la definición de Grupo ETC excluye las semillas guardadas por los agricultores y las semillas suministradas por gobiernos/instituciones públicas. A pesar del asombroso nivel de concentración empresarial en el sector comercial mundial de semillas, la gran mayoría de los agricultores del mundo se autoabastecen de semillas y las redes de semillas controladas por los agricultores todavía representan entre el 80 y el 90% de las semillas y el material de plantación a nivel mundial.[12] Durante los últimos 40 años, las empresas agroquímicas más grandes del mundo han utilizado leyes de propiedad intelectual, fusiones y adquisiciones (M&A, por sus siglas en inglés) y nuevas tecnologías para tomar el control del sector comercial de semillas. Hoy en día, los plaguicidas y las semillas comerciales ya no son eslabones distintos de la cadena alimentaria industrial. Sin embargo, Grupo ETC continúa brindando clasificaciones corporativas y participación de mercado para semillas y agroquímicos como sectores separados. La compañía de semillas "*pure-play*" (es decir, una compañía que se enfoca principalmente en semillas) es una rareza entre las compañías líderes. Vilmorin (#5) y KWS (#6) son excepciones.

Compañías líderes por ventas de semillas y rasgos transgénicos, 2020

Clasificación	Compañía /Sede	ventas de semillas y rasgos transgénicos en MDD	% de participación en el mercado global
1.	Bayer[13] (Alemania)	10,286	23
2.	Corteva Agriscience[14] (EUA)	7,756	17
3.	ChemChina/ Syngenta[15] (China)	3,193	7
4.	BASF[16] (Alemania)	1,705	4
5.	Groupe Limagrain/ Vilmorin & Cie[17] (Francia)	1,684	4
6.	KWS[18] (Alemania)	1,494	3
	TOTAL DE LAS 6 PRINCIPALES	**26,118**	**58**
7.	DLF Seeds[19] (Dinamarca)	1,153	3
8.	Sakata Seeds[20] (Japón)	648	1.0
9.	Kaneko Seeds[21] (Japón)	570	1.0
	Total del mercado global	**45,000**	**100**

Fuente: Grupo ETC

De acuerdo a Jonathan Shoham, analista sénior en IHS Markit, el mercado global de semillas y rasgos transgénicos alcanzó los 45 mil millones de dólares en 2020.[22]

- Las 2 compañías principales controlan el 40% del mercado global de semillas.
- Las 6 compañías principales controlan el 58% del mercado global de semillas.

Tendencias:

La economía global de agrotóxicos está experimentando cambios tectónicos. Las empresas de agroquímicos/semillas más grandes del mundo están compitiendo para fortalecer su poder de oligopolio con una consolidación continua e inversiones febriles en tecnologías de plataforma digital y de alta tecnología que están diseñadas para ampliar su participación de mercado. Aquí ETC examina cuatro tendencias interrelacionadas:

- **Consolidación extra grande: ChemChina + SinoChem = el nuevo imperio de insumos de la agroindustria**
- **La postpatente y los genéricos impulsan la proliferación de agrotóxicos**
- **Acaparamiento digital del césped agroindustrial**
- **Nuevos tecno-remiendos: 1) Edición de genes; 2) Pesticidas en aerosol de ARN**

Consolidación superdimensionada:
Chemchina + Sinochem = el nuevo imperio de insumos agroindustriales

La tan esperada fusión de **SinoChem** y **ChemChina** (ambas estatales) se finalizó a inicios de 2021. La colosal fusión china no sólo creó el conglomerado químico más grande del mundo, sino también el negocio líder de insumos agrícolas industriales (semillas, agrotóxicos y activos de fertilizantes), todo bajo el paraguas del recién formado Grupo Syngenta. Como resultado de la fusión, las ventas anuales del nuevo Grupo Syngenta (que consolida todos los activos de insumos agrícolas de ChemChina y SinoChem) se acercarán a un estimado de 27 mil millones de dólares.[23] Es probable que la megafusión estimule una consolidación de la industria aún mayor, tanto dentro como fuera de China.

En respuesta a una creciente demanda de alimentos (especialmente proteína animal), una clase media en rápida expansión y una cantidad cada vez menor de mano de obra agrícola (el 80% de la población de China vivirá en ciudades para 2050),[24] China está acelerando la producción nacional de alimentos con la adopción a toda velocidad de la agricultura industrial de alta tecnología y los insumos intensivos en productos químicos.[25] Con la adquisición de Syngenta en 2017, con sede en Suiza, el Estado chino tiene como objetivo garantizar que una mayor proporción de sus insumos agrícolas industriales, tecnologías de agronegocios y propiedad intelectual sean de propiedad y origen chinos, al mismo tiempo que expande los mercados de exportación con un alcance global.[26]

En los últimos veinte años, China se ha convertido en el centro económico para la producción, el uso y la exportación de pesticidas a nivel mundial.[27] Desde 2008, las exportaciones chinas de

pesticidas crecieron un 14% anual. Hoy, China fabrica más ingredientes activos de pesticidas que los Estados Unidos o la Unión Europea.[28] Las empresas chinas se han centrado tradicionalmente en formas más baratas de fabricar productos químicos agrícolas sin patente, en lugar de invertir en costosas investigaciones y desarrollo para desarrollar nuevos ingredientes activos. **Pero ahora, China lidera en todos los frentes. Además de ser el fabricante líder mundial de agrotóxicos genéricos y sin patente, el Estado chino posee una potencia multinacional de insumos agrícolas (Syngenta) con capacidad de investigación, desarrollo y presencia global.**

El imperio de insumos agrícolas de China: la unión de **SinoChem** y **ChemChina** crea el grupo de productos químicos industriales más grande del mundo, con ingresos estimados de alrededor de 153 mil millones de dólares por año[29] y 200 mil empleados.[30] El conglomerado de propiedad estatal opera la exploración y producción de petróleo y gas, la refinación de petróleo, el comercio y mercadeo, los insumos agrícolas, los productos químicos, los bienes raíces y los negocios de servicios financieros. Guiados por el lema de su empresa, "en la ciencia confiamos",[31] la división de agricultura de SinoChem se enfoca en fertilizantes (Sinofert Holdings Co.) y semillas (China National Seed Group Co.) y una cartera de agrotóxicos en rápida expansión.[32] SinoChem ya posee dos centros de investigación y desarrollo de agrotóxicos a nivel nacional, el Instituto de Investigación de la Industria Química de Shenyang (SYRICI) y el Instituto Zhejiang.[33] En febrero de 2021, Syngenta anunció planes para construir un centro de investigación y desarrollo de 230 millones de dólares en la ciudad de Nanjing, en el este de China, que se centrará en la agricultura digital, los agrotóxicos y los productos biológicos.[34] Como resultado de la fusión, las ventas anuales del nuevo Grupo Syngenta (que consolida todos los activos de insumos agrícolas de ChemChina y SinoChem) se acercarán a un estimado de 27 mil millones de dólares.[35] Tras una serie de fusiones y adquisiciones, el recién creado Grupo Syngenta se encuentra bajo una fuerte carga de deuda.[36] Para recaudar dinero, ChemChina anunció planes para vender una participación del 20% en Syngenta Group en una oferta pública inicial (OPI) en el mercado STAR de Shanghái a fines de 2021,[37] pero la OPI se suspendió temporalmente.[38]

Proliferación de agrotóxicos impulsada por genéricos y expiración de patentes

Entre las tendencias más significativas en los insumos agrícolas industriales: el ascenso meteórico de los agrotóxicos genéricos y sin patente, especialmente en el Sur global.[39] El crecimiento explosivo de los agrotóxicos genéricos fue impulsado por la expiración de las patentes de los pesticidas más vendidos (especialmente el herbicida glifosato de Monsanto, en 2000).

Durante el mismo período (2000-2020), los gigantes agroquímicos multinacionales han sido más lentos a la hora de desarrollar nuevos ingredientes activos para productos químicos patentados de alto valor.[40] El retraso en la innovación por parte de los gigantes multinacionales de agroquímicos/semillas se explica, en gran parte, por los crecientes costos de llevar un nuevo ingrediente activo al mercado.[41] Pero los economistas también señalan que los gigantes corporativos que operan en mercados altamente concentrados pueden tener menos incentivos para innovar e invertir en investigación y desarrollo.[42] Además, con los avances en la

biotecnología agrícola a finales de las décadas de 1980 y 1990, los gigantes de la agroquímica/semillas siguieron un camino de innovación *diferente*: optaron por invertir en investigación y desarrollo en ingeniería genética de semillas patentadas que obligaron a los agricultores a comprar más agrotóxicos de la empresa.[43] La tolerancia a los herbicidas, el rasgo que se encuentra en la gran mayoría de los cultivos transgénicos en todo el mundo, es un clásico "bloqueo tecnológico" que está diseñado para afianzar la dependencia química en la agricultura y ampliar el poder de mercado.

Con la adopción de cultivos tolerantes a agrotóxicos y el uso masivo de herbicidas químicos (tanto en cultivos transgénicos [GM] como no genéticamente modificados), más de 250 especies de malezas en 70 países han desarrollado resistencia al menos a una fórmula de herbicida,[44] lo que lleva a los agricultores a rociar con más frecuencia o usar múltiples agrotóxicos. Tomando sólo un ejemplo: en 1990, los agricultores estadounidenses aplicaron un promedio de 1.8 fumigaciones de herbicidas por cada acre de maíz. Para 2018, los agricultores rociaron 3.4 herbicidas, en promedio, por acre de maíz.[45] En 2021, Bayer introdujo la soja XtendFlex que está diseñada con triple tolerancia química (a los agrotóxicos glufosinato, glifosato y dicamba).[46] Y por si ese arsenal genético no tiene un impacto letal, Bayer planea desarrollar cultivos tolerantes a herbicidas de seis vías para 2030.[47]

En los últimos 25 años, a medida que las licencias de productos patentados de gran éxito comenzaron a expirar, los fabricantes de pesticidas más ágiles, especialmente en China e India, crearon grandes mercados al producir formulaciones más baratas de productos posteriores a la patente. Los agrotóxicos genéricos superaron a los pesticidas patentados y sin patente por primera vez en 2002, y los productos genéricos y sin patente más baratos han dominado el mercado mundial desde entonces.[48] A fines de 2013, los productos sin patente representaban más del 77% del mercado total de pesticidas, y esa participación ha seguido creciendo en un promedio de 2 a 3% cada año.[49] Hoy en día, China suministra casi la mitad de todas las exportaciones mundiales de agrotóxicos, entre las que destaca el glifosato.[50] Las exportaciones de herbicidas de la India (principalmente glifosato) crecieron un 19% anual entre 2003 y 2015.[51] En particular, la quinta empresa agroquímica más grande del mundo, UPL Ltd. (India), obtuvo el 71% de sus ingresos del año fiscal 2021 de pesticidas genéricos.[52]

Según analistas de la industria, entre 2017 y 2023 expirarán las patentes de más de 100 productos agroquímicos, valorados en 11 mil millones de dólares.[53] Aunque los gigantes multinacionales de plaguicidas han tardado más en innovar con nuevos ingredientes activos, han logrado reforzar su poder de mercado oligopólico, en parte, al reformular los ingredientes activos existentes en "cócteles agroquímicos rentables".[54] Los gigantes multinacionales también dependen de la negociación de acuerdos estratégicos de licencia, incluido el acceso a datos de registro, para sus productos que pronto perderán la patente.[55]

El resultado final: en los últimos años, cientos de fabricantes de genéricos, especialmente en China e India, han producido un exceso global de pesticidas que ha ayudado a reducir el precio de muchos agroquímicos.[56] La profesora de la Universidad de Indiana, Annie Shattuck, ofrece una evaluación profundamente inquietante pero vital de la realidad actual sobre el terreno (y en el suelo): "La estructura del comercio mundial y las transformaciones subyacentes en la vida agraria tienen tanto que ver con la creación de una agricultura tóxica como cualquier

corporación individual. El régimen global de pesticidas posterior al milenio es uno en el que el uso de pesticidas es omnipresente y sus impactos son en general ilegibles. A medida que la agricultura capitalista continúa expandiéndose en todo el mundo, los agroquímicos viajan con ella... La agricultura se está volviendo aún más dependiente de los pesticidas, no menos, especialmente en el Sur Global". —Annie Shattuck, (2021) [57]

Los gigantes agroindustriales acaparan el territorio digital

Las empresas de agroquímicos/semillas más grandes del mundo han fortalecido su control del mercado a través de la consolidación y las megafusiones; ahora están invirtiendo febrilmente en alta tecnología y en tecnologías digitales que pueden expandir aún más su ya sólido oligopolio.

El remordimiento de Bayer continúa: Monsanto puede ser historia, pero su legado de contaminación de la salud humana y el medio ambiente sigue vivo.[58] Bayer adquirió Monsanto por la friolera de 63 mil millones de dólares en 2018 y sigue pagando el precio. Bayer se ha visto obligada a comprometer 11 mil 600 millones de dólares, más otros 4 mil 500 millones[59] para reclamos futuros: resolver alrededor de 125 mil reclamos y demandas existentes de usuarios de Roundup (nombre genérico: glifosato) que alegan que los productos de Monsanto causaron su linfoma de Hodgkin.[60] La tragedia, por supuesto, es que debido a las imitaciones genéricas, las exportaciones y el uso de glifosato han proliferado en todo el Sur global. Sin embargo, numerosas jurisdicciones y países locales (p. ej., México, Vietnam, Alemania) han iniciado planes para restringir, eliminar gradualmente o prohibir los productos de glifosato.[61]

No están solos; otros titanes corporativos, sentados en la cima de sus propios sectores (gigantes de fertilizantes, fabricantes de equipos agrícolas, grandes empresas de tecnología) se están abriendo paso en el campo de la agricultura digital.

En la última media década, los principales actores de la agricultura global se consolidaron para producir Cuatro Gigantes (Bayer, Corteva Agriscience, Syngenta Group/ChemChina, BASF) en medio de una avalancha dramática de tecnologías digitales que invitan y casi requieren la convergencia intersectorial. **"Los datos son el nuevo suelo"**, una metáfora común ahora para sugerir el papel fundamental y ubicuo de la información digital, también apunta a la realidad de que la "cosecha" de datos masivos se está convirtiendo en el requisito previo, el medio y el método para producir productos básicos agrícolas. Las compañías de datos más grandes del mundo (Apple, Alibaba, Amazon, IBM, Google, Baidu, Microsoft, entre otras) ahora están estrechamente relacionadas con la producción industrial de alimentos.

El alcance de la agricultura y la alimentación digital se está expandiendo rápidamente a la agricultura campesina y en pequeña escala en el Sur global.[62] Las tecnologías digitales ofrecen nuevas formas de control y extracción de valor que amenazan con usurpar, aún más, la autonomía y la toma de decisiones de los agricultores al tiempo que facilitan y aceleran una nueva era de acaparamiento de tierras.[63]

Las justificaciones para usar tecnología digital de datos para avanzar y, en última instancia, realizar una "agricultura de precisión", ya son familiares y difieren poco de los argumentos que impulsaron la aceptación de los transgénicos hace más de una generación: se nos dice que la producción de alimentos es ineficiente, impredecible e imprecisa y así debemos aprovechar las tecnologías recientemente disponibles para producir más alimentos de manera más confiable (es decir, aumentar los rendimientos) para una población mundial en crecimiento, sin aumentar la necesidad de tierra y al mismo tiempo reducir los impactos ambientales negativos de la agricultura.[64] Se afirma que la toma de decisiones basada en datos permitirá a los agricultores aumentar los rendimientos incluso al mismo tiempo que reducen el uso de herbicidas y fertilizantes porque las prescripciones de insumos serán meticulosamente precisas, hasta el nivel del campo, la hilera e incluso la planta individual. Estas prescripciones automatizadas, aparentemente, ahorrarán tiempo, dinero y mano de obra a los agricultores, y el medio ambiente también ganará.

La extracción de datos masivos en el campo de cultivo puede incluir información meteorológica histórica, en tiempo real y pronosticada, rendimientos de cultivos, información del mercado de productos básicos, unidades de semillas compradas y plantadas, precios de insumos, dosis de fertilizantes, mediciones y mapeo de parcelas, niveles de nutrientes del suelo, niveles de carbono del suelo, niveles de humedad de los cultivos, etcétera. Los datos se recopilan, almacenan y analizan con la ayuda de algoritmos para tomar decisiones automatizadas en la granja que se promueven para mejorar la eficiencia y aumentar la rentabilidad. Las tecnologías de vehículos sin conductor, las tecnologías de reconocimiento facial, la robótica y la inteligencia artificial, el aprendizaje automático, las tecnologías de drones, las tecnologías de imágenes y detección, la computación en la nube, las tecnologías de cadena de bloques, las aplicaciones móviles y más, juegan un papel en las granjas industriales más grandes del mundo.

Siempre más espacio para las ganancias: Los críticos de la agricultura industrial/digital dudan con razón de que los productores de insumos más grandes del mundo estén trabajando arduamente para encontrar formas de vender menos productos. Podemos estar seguros, en cualquier caso, de que los **Cuatro Gigantes** no sacrificarán la rentabilidad y buscarán compensar las reducciones en las ventas de insumos tradicionales —si es que de hecho hay reducciones—[65] con mayores ventas de otros productos, que pueden incluir insumos "a la medida", o específicos para el sitio, utilizando datos recopilados en la granja. Como explica Mao Feng, director de marca de Syngenta Group's MAP (plataforma de agricultura digital en China, consulte la tabla a continuación): "Antes, vendíamos pesticidas, semillas y fertilizantes. Ahora somos una empresa de servicios agrícolas: vendemos servicios y tecnología… vendiendo productos individuales, habíamos tocado techo, no había más espacio".[66] El nuevo modelo de negocio es la integración vertical bajo la rúbrica de los servicios de gestión agrícola: en lugar de limitar las ventas a semillas más un herbicida vinculado (semillas de maíz Roundup Ready y Roundup, por ejemplo), las empresas de semillas/agrotóxicos ahora están vendiendo (la promesa de) campos de alto rendimiento, libres de malas hierbas y libres de insectos.[67]

Con ese fin, los productos a la venta pueden incluir recomendaciones de entrada basadas en datos por parte de un consultor/agrónomo vinculado a la empresa (cada vez más conocido como "asesor de confianza"),[68] un modelado de ganancias potenciales basado en el clima pronosticado más la aplicación de productos patentados adicionales, muestreo de suelo a través de sensores en el campo y exploración de campo a través de drones con una tarifa por pase,[69] etcétera. El objetivo no es lucrar, necesariamente, con la venta de herramientas digitales o suscripciones a aplicaciones: la aplicación xarvio Field Manager de BASF, por ejemplo, se puede descargar gratis desde la tienda de aplicaciones; el objetivo es vender servicios de gestión agrícola basados en datos, incluidos los insumos tradicionales, mientras se recopilan datos valiosos en la granja.

Al igual que las variedades de cereales para el desayuno, ya existe una cantidad vertiginosa de nombres de plataformas agrícolas digitales, vínculos, marcas compartidas, obsequios y asociaciones corporativas, lo que difumina las líneas entre propietarios y socios.[70] Esa falta de claridad se ha sumado a la ya significativa cautela de los agricultores sobre la entrega de sus datos agrícolas a través de herramientas agrícolas digitales.[71] En el contexto de la agricultura industrial, los agricultores saben que los agricultores industriales competidores, los especuladores del mercado, los comerciantes de productos básicos, los propietarios/compradores de tierras y los desarrolladores de insumos podrían beneficiarse del acceso a los datos en la finca relacionados con la calidad del suelo, los insumos, las malezas, las plagas y el rendimiento.[72] Si las grandes empresas agrícolas no pueden superar estos "desafíos de confianza", intentarán endulzar el bote de otras maneras (ver más abajo). La siguiente tabla presenta las empresas de semillas/agroquímicos más grandes con una muestra de su menú en constante expansión de servicios de agricultura digital.

Todas las empresas agroquímicas líderes ofrecen su propia plataforma de agricultura digital comercializada a los agricultores como una forma de transformar los datos del campo de cultivo en ahorros que aumentarán la rentabilidad. El Santo Grial, dicen, es una **"granja unipersonal"**,[73] donde un solo agricultor/administrador de datos (¿equipado con muchos dedos, tal vez?) puede iniciar sesión en un dispositivo conectado, ver cómo los algoritmos calculan las prescripciones de entrada, en función de los datos recopilados de los sensores en el campo y las imágenes hiperespectrales, y luego enviar esas prescripciones a una flota de drones contratados que verterán herbicidas, fungicidas, fertilizantes, reguladores de crecimiento u otros insumos en la dosis justa para cada planta que crece en el campo. Después de la cosecha, el agricultor puede sentarse y disfrutar de las ganancias del aumento de las ventas de cultivos y la reducción de los costos laborales, así como de los pagos por "secuestro de carbono" verificados por los datos de trazabilidad recopilados y almacenados en una cadena de bloques.

.

¿Cultivos extraordinarios de agricultura digital

o fertilización cruzada de productos que impulsan los datos?

	Syngenta Group (ChemChina)
Plataforma de agricultura digital	**AgriEdge**; **Cropio** (Europa del Este); **Cropwise** (Brasil); **Modern Agricultural Platform – MAP** (China, desarrollada por SinoChem Agriculture, tiene componentes en línea y fuera de línea).
Algunos componentes	**Ag Connections** (subsidiaria de Syngenta, programas de gestión de granjas); **FarmShots** (subsidiaria de Syngenta, imágenes de satélite); **Land.db** (programas para recopilación y análisis de datos – EUA); **Cropwise Protector** (gestión de operaciones, análisis de datos) y **Cropwise Imagery** (teledetección por satélite, ambas en Brasil); **MAP Zhinong** para cultivos de campo y **MAP Huinong** para cultivos comerciales (China); **ADAMA** (parte de Syngenta Group) **Eagle Eye** (plataforma de análisis de drones, **Agremo** tecnología).
Colaboraciones de interoperatibilidad	**FarmShots** integrada con **Sony's Smart Agricultural Solutions**; **AgriEdge** integrada con **Nutrien's Echelon** (fertilizantes) herramienta agrícola de precisión; **Land.db** integrada con **Simplot Grower Solutions** y con **Truterra Insights Engine** (EUA); **Ram Trucks** (EUA; un camión nuevo = suscripción gratuita de un año a **AgriEdge**); **Syngenta MAP** colabora con **Dole** (y con **Disney** para comercializar dos variedades de tomate de la marca Disney).

	Bayer
Plataforma de agricultura digital	**Climate FieldView** (activo de Monsanto) en Norte América, Sudamérica, Europa (incluidas Alemania, Francia, España, Italia y Ucrania); **Climate FarmRise** (aplicación digital en la India).
Algunos componentes	**FieldView Drive**, **Precision Planting 20/20, SeedSense** y **YieldSense** (monitores para recopilación e intercambio de datos); **Digital Mapping** (mapeo de suelo, nubosidad, población de semillas-rendimiento); **Seed Scripts** (colocación de semillas); **Seed Advisor** (selección y colocación de semillas de maíz); **Disease Risk Modelling**, **Fertility Scripting** (tiempo de entrada y recomendaciones de velocidad).
Colaboraciones de interoperatibilidad	La página web Friends with FieldView de **Bayer** enumera **más de 60 empresas colaboradoras**, grandes y pequeñas cuyos servicios digitales están integrados o conectados a **Climate FieldView:** sensor de imágenes, gestión agrícola, maquinaria agrícola, análisis de suelos, "mapeo de beneficios" (p. ej., **Ag-Analytics**) y compañías de seguros agrícolas: en colaboración con **TraceHarvest Network** (**BlockApps** cadena de bloques, China, Brasil y EUA) y en colaboración con **Ant Financial** (cadena de bloques, China); colabora con **Biome Makers** (Asistente virtual de IA en desarrollo: recomendaciones de entrada y predicciones de rendimiento utilizando microbioma del suelo y datos ambientales); asociación de investigación con **XAG** (drones agrícolas) en Asia sudoriental, Pakistán y Japón; parte de **AGROS,** colaboración entre **Wageningen University & Research y 26 inversores privados**, incluida **BASF** y **Kubota** (cultivo autónomo); asociación estratégica con **Rantizo** (programa de integración de drones que utiliza drones **DJI**).

	BASF
Plataforma de agricultura digital	**BASF Digital Farming**; **xarvio Digital Farming Solutions**.
Algunos componentes	**xarvio Field Manager** (aplicación móvil, información de campo en tiempo real, recomendaciones); **xarvio SCOUTING** (aplicación para identificar malezas/enfermedades)**; GrowSmart Advantage Tool** (EUA. Utiliza datos agrícolas para estimar la ventaja monetaria del uso de productos BASF).
Colaboraciones de interoperatibilidad	**Salient Predictions** (pronóstico del tiempo a largo plazo) integrada en **xarvio**; Empresa conjunta de **BASF Digital Farming** con **Bosch** que vende dos productos**: Intelligent Planting**

	Solution (IPS) (semillas, prescripciones de fertilizantes) y **Smart Spraying** (sensor de cámara con **xarvio**); colabora con **Bosch** (Curitiba, Brasil, aplicación selectiva de fertilizantes y colocación de semillas); **BASF Vegetable Seeds**, parte de **AGROS**, colaboración entre **Wageningen University & Research y 26 socios privados**, incluidos **Bayer** y **Kubota** (cultivo autónomo); asociada con **Hoogendoorn Growth Management** (cultivo autónomo, programas y equipos informáticos); colaboración con **Zen-noh,** cooperativa de agricultores en Japón (sistema de alerta al agricultor); acuerdo con **AGvisorPRO** (asesores agronómicos para usuarios de xarvio, Canadá); **xarvio SCOUTING** (exploración) integrada con **Nutrien Ag Solutions** (prescripciones de fertilizantes); **xarvio SCOUTING** integrada con la plataforma digital **WinField United's ATLAS**; **xarvio Field Manager** integrada con la plataforma de drones de ala fija **senseFly's eBee X**.

	Corteva Agriscience
Plataforma de agricultura digital	**Granular**
Algunos componentes	**Prescripciones de semillas; Exploración Dirigida; Manejo de Fertilizantes; Monitoreo de nitrógeno; Aplicación de semillas Pioneer**; **Herramienta de decisión Pioneer Yield Pyramid; Vuelo de Corteva** (evaluaciones de rodales de maíz, girasol, lechuga; análisis de brechas, soja; **Cartera de carbono y servicios ecosistémicos** (apoyo agronómico, servicios de asesoramiento sobre el carbono y acceso a los mercados de carbono).
Colaboraciones de interoperatibilidad	**DroneDeploy** (programa de monitoreo de campo, utilizado en los 600 drones de Corteva y por los más de 1000 pilotos de drones de la compañía).

	UPL
Plataforma de agricultura digital	**nurture.farm** (India, proyectos piloto en EUA, Sudáfrica, Brasil y Australia).
Algunos componentes	**Cultiv-e platform** (Brasil, intercambio de información con clientes de UPL sobre enfermedades de la soja, destacan dos fungicidas de UPL).
Colaboraciones de interoperatibilidad	Colaboración con **TeleSense** (plataforma de IA para monitorear la condición del grano almacenado, relevante para la venta de pesticidas fumigantes de UPL); colaboración con **Taranis** UAS **FlyUP** (Brasil, mapeo aéreo de malezas, enfermedades en campos de caña de azúcar y monitoreo de rebaños en pastizales).

	FMC
Plataforma de agricultura digital	**Arc farm intelligence**
Algunos componentes	Alertas de acción de aplicaciones móviles; conexión con agrónomos de la **FMC**; utiliza una API (interfaz de aplicación) abierta que permite que **Arc** funcione con las herramientas de agricultura digital de otras empresas; **Tablero de presión de plagas** (modelo predictivo y análisis).
Colaboraciones de interoperatibilidad	Inversión en **Scanit Technologies**; asociación con **Scanit** para usar su sensor inalámbrico **SporeCam** en Brasil para analizar la roya asiática de la soja; asociación con **Nutrien Ag Solutions** (envío de datos de Arc a los asesores de control de plagas de Nutrien (California); asociación con el desarrollador de IA **Shenzhen SenseAgro Technology Co., Ltd**. (China, identificación y control del gusano cogollero con productos **FMC**).

Fuentes: Grupo ETC; Yating Jiang, "Rising to Transform Agricultural Production – How Agrochemical Titans Unlock the Potential of Digital Agriculture," 09 March 2021, *AgroPages*, (9 de marzo de 2021), **http://news.agropages.com/News/NewsDetail---38263.htm**

“Cadena, cadena, cadena [de bloques]… Me tienes donde me quieres…”. Cuando **Bayer** unió fuerzas con la plataforma de cadena de bloques de la empresa **BlockApps** para crear un reemplazo global digital para el “seguimiento manual de alta fricción” en el sector agrícola, se les ocurrió la “altamente escalable”[74] **TraceHarvest Network** [*red de rastreo de cosecha*]. La cadena de bloques utiliza la infraestructura informática y la nube de Amazon Web Services (AWS) y rastrea los productos agrícolas a lo largo de la cadena alimentaria, desde la fuente de semillas hasta el estante del supermercado (o la puerta de casa). La ventaja de usar la tecnología de contabilidad electrónica de la cadena de bloques, dicen sus promotores, es que cada registro transaccional (por ejemplo, contrato, compra de entrada, venta, transporte, entrega) es seguro, tiene marca de tiempo y está autenticado; y es impermeable a la manipulación porque los bloques son *transparentes*: todos en la plataforma de la cadena de bloques ven cada transacción a medida que ocurre, en tiempo real.[75]

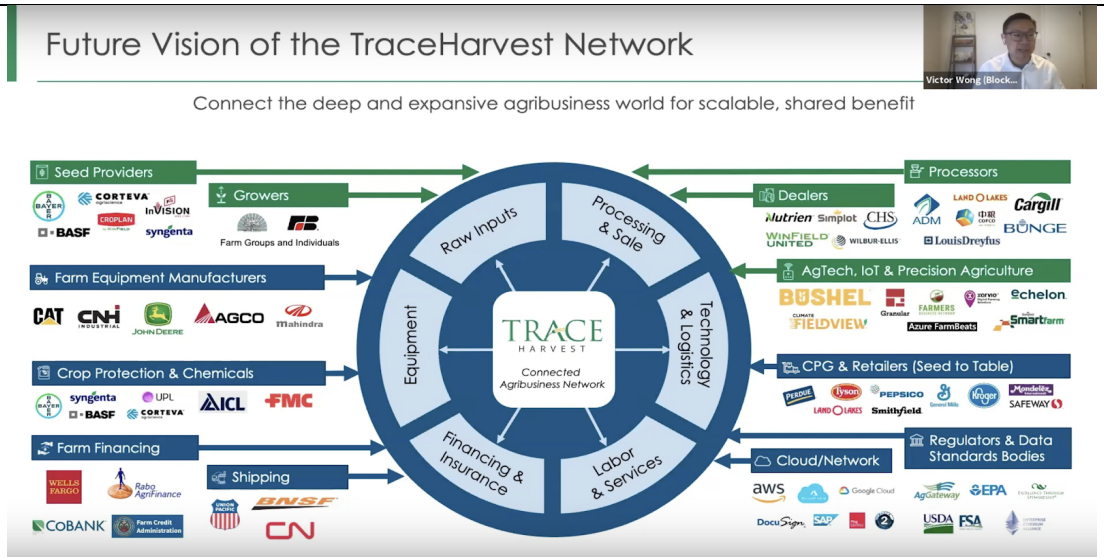
La visión de TraceHarvest Network (ver imagen a continuación) es traer algún día a todos los grandes actores comerciales (y entidades reguladoras) activos en el sistema alimentario industrial a una plataforma digital común: insumos, equipos, tecnología, procesamiento, venta minorista, financiamiento, logística. ¿Por qué? Según Stan Dotson, quien se unió a BlockApps como asesor sénior a principios de 2021, después de más de 30 años en Monsanto (más dos años trabajando para Bayer como vicepresidente de estrategia y transformación digital), la agricultura industrial está bajo la amenaza de una “reacción negativa del consumidor” debido a una “crisis de confianza”.[76] Los retiros de seguridad de alimentos de alto perfil han dado como resultado que los consumidores favorezcan a los productores locales y/o conocidos. (Al mismo tiempo, Dotson también lamenta las “preferencias irracionales” de los consumidores que quieren su comida “libre de todo”.[77]) Él ve a la cadena de bloques, y TraceHarvest Network en particular, como una forma de contrarrestar las tendencias de comprar productos locales y conocer a su agricultor. Si se percibe que las cadenas de bloques son verificables y a prueba de manipulaciones —hay quienes se refieren a las transacciones digitales almacenadas como datos de cadenas de bloques como la “Fuente Única de la Verdad” (SSoT, por sus siglas en inglés)[78]—, entonces TraceHarvest puede ayudar a los gigantes agroindustriales a superar sus “desafíos de confianza” con los consumidores. De hecho, algunas cadenas de bloques han sido violadas y son vulnerables al ciberdelito.[79]

¿La receta de los gigantes agroindustriales para la era del carbono? Rastrear los alimentos hasta su fuente de semillas es sólo un “caso de uso” para TraceHarvest; sin embargo, en su página de preguntas frecuentes, TraceHarvest afirma que su tecnología de cadena de bloques “promueve tanto la sostenibilidad como el bienestar del consumidor a través de soluciones que incluyen créditos de compensación de carbono, fijación de precios basada en resultados y retiros de alimentos más seguros y rápidos”.[80] El enfoque en retiros de alimentos más seguros, en lugar de alimentos más seguros, revela mucho sobre el pensamiento de estos gigantes agroindustriales. El rastreo de carbono puede convertirse en el caso de uso más útil de TraceHarvest para la empresa de agroquímicos/semillas que ayudó a diseñarlo. Si bien Bayer puso a prueba su propio programa limitado en 2020 en Brasil y Estados Unidos, pagando a los agricultores para que adopten las llamadas prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (por

ejemplo, sin labranza o cultivo de cobertura), en realidad verificar aumentos en el carbono del suelo no era parte del programa. Los términos para participar en el programa de carbono de Bayer eran un requisito para plantar maíz o soja, tener una cuenta de agricultura digital "FieldView Plus" activa y aceptar compartir datos agrícolas relevantes.[81] Se asumió que seguir la receta de Bayer daría como resultado un aumento del carbono en el suelo; sin embargo, las emisiones de gases de efecto invernadero de las cadenas de bloques que consumen mucha energía o del transporte, almacenamiento y procesamiento de datos no se tienen en cuenta.

Junto con, y bajo el paraguas de los servicios de agricultura digital, los esquemas de créditos de carbono para agricultores han proliferado en la última media década, particularmente en Europa y los Estados Unidos.[82] Hasta ahora, los esquemas del mercado de carbono para la agricultura se encuentran en etapas iniciales con participantes grandes y pequeños: las nuevas empresas Nori (EUA) e Indigo Ag (EUA), Soil Capital (Reino Unido) y Soil Heroes (Europa y Reino Unido) están compitiendo con Bayer, Corteva y Nutrieno. Ecosystem Services Market Consortium (ESMC), con sede en Estados Unidos, lanzará un mercado de carbono a nivel nacional en 2022. Bayer, Syngenta y Corteva fueron los primeros socios de ESMC y han prometido apoyo financiero.[83] También están ayudando a crear los métodos "para medir, verificar y monetizar los aumentos en el carbono del suelo", las reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la mejora de la calidad del agua en la agricultura. A pesar de la sombra de la agricultura industrial que se cierne sobre ESMC, afirma ser un proveedor externo independiente, sin fines de lucro, de verificación de carbono en el suelo. Dado que el intercambio de datos es un punto conflictivo para los agricultores, pero una necesidad crucial para los gigantes agroindustriales para mantener su nuevo modelo comercial, los pagos de carbono podrían ser la forma de atraer a los agricultores y superar sus muchos "desafíos de confianza".

Ilustración: *Visión futura de la red TraceHarvest (rastreo de cosecha)*
Conectando el profundo y expansivo mundo de la agroindustria
para un beneficio escalable y compartido



(Fuente: BlockApps seminario web, (2020) [84])

Nuevos tecno-remiendos: edición de genes y agrotóxicos en aerosol basados en ARN

Si los gigantes de la industria de agrotóxicos/semillas pueden tomar posiciones dominantes en las plataformas de agricultura digital y una nueva generación de tecnologías de edición de genes y/o pesticidas de ARN, están preparados para capturar nuevas plataformas que podrían proporcionar nuevos "bloqueos" tecnológicos, complaciendo a los agricultores y usuarios finales para adoptar un menú nuevo y ampliado de insumos agrícolas y servicios digitales patentados.[85]

Enfrentados a patentes que expiran, malezas resistentes a los agrotóxicos, el auge de los pesticidas genéricos y los esfuerzos de algunos gobiernos (especialmente los de la UE) para controlar las toxinas químicas, los gigantes de los agroquímicos y las semillas buscan fortalecer su poder de oligopolio con el lanzamiento de nuevos productos patentados, tecnologías genéticas, preponderantemente: edición de genes y aerosoles de pesticidas basados en ARN. Aunque estas tecnologías involucran técnicas muy diferentes, ambas buscan concentrar el poder corporativo y reforzar la agricultura industrial. Existen sorprendentes similitudes en la forma en que se presentan y promueven:

- La industria biotecnológica las promociona como herramientas que producirán cambios más rápidos, precisos y altamente predecibles en los genomas de plantas, animales y microbios.
- Para ganar la aceptación del consumidor y evitar cualquier asociación con los transgénicos, la industria insiste en que ninguna tecnología implica el uso de ingeniería genética (tecnología transgénica) y, por lo tanto, no debe estar sujeta a las regulaciones de OGM.
- En su prisa por atraer inversores y llevar al mercado soluciones tecnológicas del siglo XXI, los laboratorios corporativos y las empresas emergentes apenas reconocen las enormes lagunas de conocimiento y los riesgos asociados.

Los analizaremos con más detalle a continuación.

1. Edición de genes: la bala de plata de la biotecnología para alimentos y agricultura

¿Qué es la edición de genes? Las técnicas de edición del genoma son una forma de ingeniería genética que se utiliza para alterar el material genético de un organismo, planta o animal (incluidos los humanos) insertando, eliminando o cambiando el ADN en un sitio objetivo específico en el genoma. Actualmente se utilizan varias tecnologías de edición del genoma en la alimentación y la agricultura. La más conocida es el sistema de enzimas CRISPR (p. ej., CRISPR-Cas9, CRISPR-CPF1, etcétera). CRISPR significa Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas Regularmente Interespaciadas, y las enzimas que cortan el ADN se denominan generalmente nucleasas. Otras tecnologías de edición de genes incluyen TALEN (nucleasas efectoras similares a activadores de transcripción) y ZFN (nucleasas con dedos de zinc). CRISPR-Cas9 fue noticia fuera de los círculos científicos en 2020 cuando los científicos que lo descubrieron (Jennifer Doudna y Emmanuelle Charpentier) ganaron el Premio Nobel de Química.

En el campo de la alimentación y la agricultura, las gigantes multinacionales agroindustriales y las pequeñas empresas tecnológicas promocionan la edición de genes como una tecnología de mejoramiento rápida, precisa y predecible que brindará rápidamente rasgos "innovadores", desde hongos que no se oscurecen hasta maíz ceroso y trigo resistente a los hongos con granos más gordos.[86] No es de extrañar que el primer cultivo editado genéticamente (transgénico) comercializado en América del Norte fuera tolerante a los agrotóxicos: una variedad de canola desarrollada por Cibus, que puede soportar la aplicación de un herbicida fabricado por la empresa canadiense Rotam. (El producto se introdujo como una alternativa a la canola Roundup Ready después de que el herbicida de Monsanto dejara de funcionar cuando las malezas se volvieron resistentes). En un extraño cambio de rumbo, la compañía afirmó más tarde que su producto no estaba editado genéticamente en absoluto.[87]

Más allá de las aplicaciones en plantas, CRISPR también se está desarrollando ampliamente para la edición de genes en ganado (por ejemplo, cerdos, vacas, ovejas, cabras y pollos), insectos y microbios (para aumentar la productividad, la fertilidad del suelo, la resistencia a enfermedades y más).[88] Si ese extenso retoque suena preocupante, titulares como éstos están diseñados para demoler cualquier obstáculo a la aceptación pública:

> **"Crispr puede ayudar a resolver nuestra inminente crisis alimentaria"**, –*Wired* (es decir, transformar el suministro de alimentos en uno que pueda sobrevivir a los estragos del cambio climático).[89]
> **"¿Puede la edición de genes salvar el chocolate del mundo?"** –*National Geographic* (es decir, cacao tolerante al clima y resistente a enfermedades).[90]
> **"Por qué la edición de genes es una solución al cambio climático"** –*Seed World* (es decir, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, capturar carbono y hacer que los cultivos sean más resistentes a los impactos del cambio climático).
> **"La edición de genes podría proteger tus comidas favoritas"** –*Innovature* (es decir, asegurará la supervivencia del chocolate, el café, el vino, las bananas, las naranjas, etc., con plantas de mayor rendimiento, resistentes al clima y a las enfermedades, así como eficientes en agua y nutrientes).[91] [92]

La mayoría de los cultivos editados genéticamente todavía están en proceso. Un puñado se vende comercialmente y muchos más se lanzarán pronto. El aceite de soja con alto contenido de ácido oleico y bajo contenido de grasas saturadas de Calyxt se lanzó comercialmente en Estados Unidos en 2019.[93] El maíz ceroso de Corteva (utilizado principalmente para el almidón de maíz industrial y diseñado con CRISPR para obtener mayores rendimientos) fue aprobado para su lanzamiento por los reguladores canadienses en 2020 sin una evaluación de riesgos, y ya se ha considerado una categoría de transgénico fuera del alcance de la supervisión regulatoria en Argentina, Brasil y Chile.[94] El tomate CRISPR de Sanatech (diseñado para contener niveles elevados de un aminoácido que supuestamente reduce la presión arterial) recibió la aprobación en Japón a principios de 2021, pero su lanzamiento estará limitado debido a un conflicto de propiedad intelectual (el cultivo estará restringido a los jardineros domésticos a quienes se le prohibirá vender o distribuir los tomates).[95]

Aunque la investigación básica sobre CRISPR y otras herramientas de edición de genes como TALEN se ha llevado a cabo principalmente en instituciones públicas de investigación,[96] muchos de los primeros productos editados genéticamente provienen de nuevas empresas tecnológicas que fueron generadas por científicos académicos.[97] Los gigantes agroquímicos y de semillas están realizando investigación y desarrollo internamente, además de colaborar con y/o otorgar licencias de tecnología a empresas más pequeñas.
Jennifer Doudna y Emmanuelle Charpentier, las científicas que ganaron el Premio Nobel de Química en 2020 por descubrir CRISPR-Cas9, están estrechamente asociadas con al menos tres de las empresas emergentes que comercializan activamente la tecnología para la alimentación y la agricultura. Doudna es cofundadora de Caribou Biosciences, que cuenta con el apoyo financiero del gigante alimentario Mars, y forma parte del consejo asesor científico de Inari Agriculture. Charpentier es cofundadora de ERS Genomics (el único objetivo de la empresa es maximizar las licencias comerciales de una cartera de patentes global relacionada con la edición de genes propiedad de la Universidad de California, Berkeley).[98] El Dr. Feng Zhang y otros miembros del Instituto Broad en Boston, Estados Unidos, también presentan reclamos de patentes clave para las técnicas CRISPR. Se encuentran entre los fundadores de la empresa emergente Pairwise.[99] Desde 2016, el Instituto Broad (MIT/Harvard) y la Universidad de California en Berkeley han librado una disputa de patentes feroz y complicada sobre reclamos de propiedad intelectual clave relacionados con CRISPR.[100] Doudna y sus colegas de Caribou otorgaron licencias exclusivas de CRISPR a Corteva para su uso en maíz y soja, mientras que Zhang y sus colegas otorgaron licencias más liberales a Bayer-Monsanto, Syngenta, BASF, Simplot y Pairwise.

Error común sobre la patente de edición del genoma LandGrab: Hay una afirmación que se repite con frecuencia de que CRISPR es “una herramienta democratizadora”, lo que sugiere que se utiliza ampliamente y es universalmente accesible.[101,102,103] En realidad, la industria de la biotecnología agrícola se esfuerza por ganar patentes monopólicas sobre tecnologías de edición de genes, con ofertas de alto riesgo en acuerdos de licencia exclusivos y no exclusivos. IPStudies señala que cada mes se publican alrededor de 200 familias de patentes sobre nucleasas relacionadas con CRISPR, incluido un número creciente de solicitudes de China.[104]

Corteva Agriscience, la segunda compañía de semillas más grande del mundo y la cuarta firma de pesticidas de clasificación, domina abrumadoramente las aplicaciones de patentes relacionadas con las nucleasas de edición de genes en el sector de cultivos y semillas, con más de 70 aplicaciones.[105] En 2018, Corteva, el Instituto Broad (MIT/Harvard) y otros descubridores de CRISPR-Cas9 crearon un grupo de patentes que comprende 48 patentes que involucran herramientas CRISPR clave para la edición de genes de plantas.[106] El Instituto para la Evaluación de Impacto Independiente en Biotecnología (Testbiotech.org), con sede en Múnich, señala que cualquier fitomejorador interesado en obtener acceso al uso integral de CRISPR-Cas9 tendrá que obtener licencias de este grupo, lo que probablemente lo haga costoso o prohibitivo para muchos criadores. Testbiotech compara el control de Corteva de patentes clave relacionadas con la edición del genoma con un “cártel de patentes ocultas” (los contratos de licencia son confidenciales).[107]

Muestreo de empresas de edición del genoma involucradas en la alimentación y la agricultura

Compañía (Año de fundación y sede)	Pública/ Privada	Enfoque empresarial en alimentación y agricultura	Ingresos anuales o inversión de capital recaudado en MDD	Colaboradores de investigación y desarrollo en alimentación y agricultura
AgBiome (2012, EUA)	Privada	Pesticidas biológicos y sintéticos; rasgos genéticos de cultivo	~15.68[108] Ingresos	The Mosaic Company, Genective [JV: Limagrain y KWS], BASF[109]
Inari (2016, EUA)	Privada	Rasgos genéticos de cultivo (maíz, soja, trigo)	352[110] Inversión	Beck's (Minorista de semillas de Eua. Rasgos genéticos del maíz), Mertec (germoplasma de soja), M.S. Technologies (proveedor de caracteres genéticos)[111]
Cibus (2001, EUA)	Privada	Rasgos genéticos de cultivo (canola, arroz, frijol de soja, trigo, maíz)	~131.3[112] Inversión	GDM (genética de frijol de soja), Valley Oils Partners (aceites vegetales)[113]
Calyxt (2010, EUA) (subsidiaria de Cellectis, que posee TALEN)	Pública	Rasgos genéticos de cultivo (avena de invierno, frijol de soja, cáñamo, trigo con alto contenido de fibra, alfalfa)	23.9[114] Ingresos	NRGene (programas), Perdue AgriBusiness (semilla de frijol de soja), S&W Seed Company (alfalfa)
Caribou Biosciences (2011, EUA)	Pública (OPI) Oferta pública inicial, julio 2021)	Licencia su tecnología CRISPR/Cas9	115 Inversión en financiación previa a la salida a bolsa, 304 recaudación en OPI, julio 2021[115]	Corteva AgriScience (Corteva tiene licencia exclusiva para la tecnología Caribou en maíz, frijol de soja; investigación conjunta sobre los efectos fuera del objetivo de la edición de genes)[116]
ERS Genomics (2014, Irlanda)[117]	Privada	Licencia su tecnología CRISPR/Cas9	N/A	Nippon Gene Co., G+FLAS Life Sciences, Axxam (todas las licencias no exclusivas)
Arcadia Biosciences (2002, EUA)	Pública	Cáñamo, trigo, cártamo (productos de aceite)	8,034[118] Ingresos	Ardent Mills; Corteva AgriScience; Arista Cereal Seeds Pty Ltd; Bay State Milling Company (trigo)[119]
Pairwise (2017, EUA)		Rasgos genéticos de cultivo (kale, hojas de mostaza, maíz, frijol de soja, trigo, canola, algodón, bayas)	115[120] Inversión ~9.19[121] Ingresos	Bayer (desarrollo de rasgos genéticos en maíz, frijol, trigo, canola y algodón); Plant Sciences, Inc. con USDA (bayas transgénicas)
Tropic Biosciences (2016, Reino Unido)	Private	Rasgos genéticos de cultivo (café, plátano, arroz)	38.5[122] Inversión	Genus Plc (genética pocina y bovina); BASF (desarrollo de rasgos genéticos)

Muestreo de empresas de edición del genoma involucradas en la alimentación y la agricultura

Benson Hill Biosystems (2012, EUA)	Pública (OPI mayo 2021, después fusión SPAC)[123]	Rasgos genéticos de cultivos (frijol, guisante amarillo, maíz)	282.3 Inversión[124] 71.5 Ingresos *primer semestre* 2021[125]	Mars, Inc. (rasgos genéticos de cacao); GDM (mejoramiento de soja); Rose Acre Farms (procesamiento de soja); Beck's (Minorista de semillas de EUA, rasgos genéticos del maíz)
Elo Life Systems (subsidiaria de Precision Biosciences; Precision PlantSciences formada 2012; renombrada Elo Life Systems 2018, EUA y Australia)[126]	Privada	Rasgos genéticos de cultivo (canola, sandía, vainilla, plátano, garbanzos)[127]	24.3 Ingresos totales de la empresa matriz, incluida Elo Life Systems	Cargill (aceite de canola reducido en grasa); Dole (plátanos resistentes a enfermedades); BASF, Bayer; Corteva;[128] Avoca (Plantas de salvia para la extracción de esclareol, utilizadas en fragancias)
Sanatech Seed Co. Ltd. (2018, Japón), empresa lanzada por la Universidad de Tsukuba	Privada	Tomate alto en GABA	N/A	Pioneer EcoScience (distribuidor de productos de la marca Pioneer [Corteva AgriScience] en Japón, desarrollo de tomate alto en GABA)[129]
Yield10 Bioscience (fundada como Metabolix, 1992, EUA)	Pública	Rasgos genéticos de cultivos en canola, frijol de soja, maíz, sorgo, arroz y trigo.[130]	0.8[131]	Bayer (frijol de soja), Forage Genetics (sorgo), Simplot (popa), GDM (frijol de soja) – todas licencias de investigación no exclusivas;[132] Rothamsted Research, Reino Unido, aceites omega-3 [133]

Bayer, la empresa comercial de semillas de mayor rango en el mundo y la segunda empresa de pesticidas más grande, tiene solicitudes de patentes internacionales para aproximadamente 50 nucleasas; KWS tiene unas 30 aplicaciones y Cellectis/Calyxt unas 20.[134] En el caso de las patentes europeas concedidas sobre nucleasas dirigidas al sitio para su aplicación en cultivos, Corteva tiene alrededor de 30, mientras que Bayer, Cellectis, BASF y Keygene tienen menos de 10 cada una.

La búsqueda de la industria para desregular la edición de genes en los Estados Unidos y la Unión Europea: Los defensores sostienen que la edición de genes y los transgénicos son distintos porque la técnica CRISPR no se basa en la inserción de ADN de una especie diferente (aunque puede incluir ADN de otras especies en algunos casos).[135] E insisten en que las técnicas de edición de genes logran los mismos resultados que la reproducción convencional, sólo que mucho más rápido y de forma mucho más eficiente.[136]

En una campaña concertada para ganar la aceptación pública y eludir las regulaciones, la industria biotecnológica está presionando intensamente para garantizar que sus plantas y animales editados genéticamente sean excluidos de las regulaciones y requisitos de etiquetado de transgénicos existentes. En el ámbito regulatorio de Estados Unidos, la industria ha superado sus objetivos. En respuesta a la presión de la Casa Blanca de Trump, en 2020 el Departamento de Agricultura de Estados Unidos anunció su decisión de desregular la supervisión de la mayoría de las plantas y semillas transgénicas (incluidas las plantas y semillas editadas genéticamente) y propuso una desregulación similar en animales editados genéticamente[137] (las nuevas leyes están siendo impugnadas en los tribunales[138]). En contraste, la Unión Europea hasta ahora ha mantenido una supervisión regulatoria más estricta de la edición de genes. Un fallo de 2018 del Tribunal de Justicia de la Unión Europea requiere que los cultivos genéticamente editados estén sujetos a las mismas regulaciones que los transgénicos. Sin embargo, un estudio de 2021 realizado por Corporate Europe Observatory revela que un poderoso grupo de presión biotecnológico está haciendo una campaña agresiva para anular la postura de precaución de la Unión Europea y garantizar que las nuevas técnicas de edición de genes se excluyan de las normas existentes sobre transgénicos. Si prevalece el cabildeo de la industria, las plantas, animales y microorganismos editados genéticamente no estarían sujetos a evaluación de riesgos, monitoreo o etiquetado de consumo en Europa.[139]

Riesgos, consecuencias inesperadas, brechas de conocimiento. Con la exageración y el alboroto allanando el camino para el rápido despliegue de la edición de genes en la alimentación y la agricultura, los impulsores de la biotecnología han pasado por alto o ignorado convenientemente un creciente cuerpo de evidencia científica que apunta a los riesgos potenciales relacionados con las tecnologías de edición de genes, incluido CRISPR-Cas9.[140] Estudios recientes indican que, lejos de ser precisas y predecibles, las ediciones del genoma a menudo pueden generar cambios no deseados y resultados impredecibles. Un informe de 2020 de Testbiotech sobre nuevas tecnologías de ingeniería genética explica el "potencial de interacciones genómicas imprevistas, irregularidades genómicas y alteraciones bioquímicas no deseadas" en dos categorías principales:

- Los efectos *fuera del objetivo* ocurren cuando la edición del genoma introduce un cambio en un sitio adicional no deseado del genoma además de la ubicación deseada (objetivo).
- Incluso si la edición se logra en el sitio objetivo, los efectos no deseados *en el objetivo* se relacionan con posibles eliminaciones y reordenamientos del ADN, o interacciones genéticas que no se anticiparon.[141]

Con el advenimiento de la edición de genes, es técnicamente posible desarrollar una tecnología mucho más peligrosa y disruptiva: los impulsores genéticos. Los impulsores genéticos son una nueva tecnología de ingeniería genética que busca propagar rápidamente los cambios genéticos dirigidos por humanos a través de poblaciones enteras de animales, insectos y plantas. A diferencia de los transgénicos de primera generación destinados a cultivos comerciales, los organismos impulsores de genes (GDOs, *gene drive organisms*) pueden diseñarse para manipular poblaciones tanto domesticadas como silvestres. Los impulsores genéticos pretenden ser invasivos: persistir y propagarse y, en algunos casos, incluso extinguir una población o especie entera; los primeros proponentes sugieren el uso de impulsores genéticos para propagar genes de "autoextinción" para acabar con las "plagas" agrícolas. Hasta ahora, sólo las empresas emergentes más pequeñas, como Agragene, están desarrollando abiertamente impulsores genéticos para la agricultura, principalmente en insectos. En junio de 2021, los científicos implementaron con éxito impulsores genéticos en cultivos por primera vez. Ver el informe de diciembre de 2019 de Grupo ETC: *Gene Drive Organisms: An introduction to a dangerous new technology putting Africans at risk: https://www.etcgroup.org/tags/gene-drives*

Los efectos inesperados podrían implicar cambios en la química, las vías bioquímicas o la composición proteica de un organismo editado, con implicaciones potenciales para la seguridad alimentaria y la biodiversidad (como la alteración de la toxicidad o la alergenicidad). A pesar de la investigación y el desarrollo generalizados y la prisa por comercializar organismos editados genéticamente, existen enormes lagunas en la literatura científica sobre la comprensión de cómo los nuevos rasgos genéticos podrían afectar el medio ambiente, particularmente si introducen compuestos novedosos. Un informe de 2020 escrito por Janet Cotter y Dana Perls, publicado por Logos Environmental, Canadian Biotechnology Action Group y Friends of the Earth ofrece una descripción general completa.[142]

2. Pesticidas en aerosol de ARNi

Los cuatro gigantes de los agrotóxicos (Bayer, BASF, Corteva y Syngenta), así como muchas nuevas empresas de alta tecnología, están desarrollando activamente nuevas tecnologías de pesticidas en aerosol, basadas en moléculas sintéticas de ácido ribonucleico (ARN), que están diseñadas para uso generalizado de liberación en los campos de los agricultores y en los bosques.[143] Los "pesticidas silenciadores de genes", también conocido como interferencia de ARN o pesticidas ARNi[144] están diseñados para matar plagas apagando o "silenciando" genes esenciales para la supervivencia del organismo. El ARNi es la molécula del momento, y el ARNi es la nueva solución tecnológica de la biotecnología para la agricultura.

Para los gigantes agroquímicos, el atractivo de los aerosoles de "control biológico basado en ARN" es irresistible: buscan manipular la maquinaria celular de un insecto, maleza o plaga y afirman que todo se basa en procesos biológicos naturales, lo que les permite escapar del escrutinio de molestos reguladores de transgénicos y un público que rechaza abrumadoramente los organismos modificados genéticamente. A pesar de las grandes brechas en el conocimiento sobre los impactos ambientales, de salud y de seguridad de esta nueva tecnología de pesticidas, los aerosoles insecticidas basados en ARNi ya se están probando en el campo en Estados Unidos.[145]

¿Cómo funciona? Descubierto por primera vez en 1998,[146] el ARN de interferencia (ARNi) implica el uso de ARN de doble cadena (dsARN) para impedir que el ARN mensajero realice su función habitual (es decir, instrucciones para producir una proteína específica dentro de la célula).[147] El ARNi puede potencialmente desactivar las secuencias de nucleótidos específicas que son exclusivas de una plaga objetivo sin dañar a los insectos benéficos o a los humanos. Un impulsor de la biotecnología compara la precisión específica de los pesticidas basados en ARNi con las "bombas inteligentes" utilizadas en el ejército.[148]

Al igual que los pesticidas convencionales, los productos basados en ARNi podrían rociarse en los cultivos, inyectarse en el suelo o en las raíces de los árboles. Cuando se aplica a un cultivo, el pesticida ARNi podría matar la plaga objetivo al contacto, o después de que el insecto muerda una hoja e ingiera el pesticida que ha sido absorbido por la planta. De cualquier manera, el ARN de interferencia ingresa al intestino del insecto y desactiva un gen que es esencial para su supervivencia. La plaga finalmente muere.

Más allá de los aerosoles: Las moléculas de ARNi también se pueden administrar dentro de una planta de cultivo o insecto genéticamente modificado. Los cultivos modificados genéticamente con rasgos desencadenados por ARNi no son nuevos,[149] pero en 2022 Bayer (anteriormente Monsanto) planea vender el primer cultivo transgénico que contiene ARNi insecticida en sus genes: una variedad de maíz genéticamente modificada equipada con ARNi para matar el gusano de la raíz del maíz occidental; además, el maíz "SmartStax" se cargará con las toxinas Bt patentadas de Bayer.[150]

¿Revivir los agrotóxicos? A más largo plazo, las empresas agroquímicas también están explorando una búsqueda mucho más lucrativa: cómo silenciar en las malas hierbas las enzimas que las hacen resistentes a los herbicidas químicos como el glifosato.[151] El uso de ARNi para la "reversión" genética de la resistencia al glifosato en las malezas tiene como objetivo expandir y fortalecer los mercados para los rasgos genéticos tolerantes a los herbicidas modificados genéticamente y consolidar el uso de productos químicos más antiguos. Para evitar la controversia pública, es probable que la industria centre sus esfuerzos iniciales en productos de ARNi que se consideren más aceptables desde el punto de vista social y ambiental (es decir, el uso de aerosoles de base biológica de ARNi para sustituir agrotóxicos peligrosos).

La investigación y el desarrollo en aerosoles de pesticidas ARNi están cobrando impulso porque la tecnología se puede desarrollar relativamente rápido, sin el estigma público, el costo o las limitaciones asociadas con las regulaciones existentes sobre transgénicos.[152] También se aprovechará el éxito de la estrechamente relacionada tecnología de ARNm en las vacunas Covid-19 para generar apoyo público. Además, se está volviendo mucho más barato fabricar cadenas de ARN sintéticas. Un gramo de ARN costaba inicialmente más de 100 mil dólares. El precio se desplomó a 100 dólares el gramo en 2014 y ahora está por debajo de un dólar el gramo.[153]

Los defensores de las tecnologías de plaguicidas ARNi afirman:

- Los aerosoles de ARNi están diseñados con una "especificidad de objetivo precisa" y se basan en procesos biológicos naturales que permiten que el ARN de interferencia

desmantele la maquinaria celular productora de proteínas de un insecto objetivo, maleza u otra plaga sin dañar los organismos no objetivo.

- Las moléculas de ARNi se degradarán rápidamente, con poco o ningún impacto ambiental.
- Los aerosoles de pesticidas ARNi no son una forma de ingeniería genética porque "las secuencias de nucleótidos en los pesticidas dsRNA no codifican proteínas, no se insertan en el genoma y no son heredables como los transgenes".[154]

¿Qué podría salir mal? En marcado contraste, los críticos de la tecnología afirman que los pesticidas de ARNi deben ser regulados como una forma de ingeniería genética. Si bien el aerosol de ARNi en sí no está genéticamente modificado, la tecnología está diseñada para modificar organismos en el ambiente abierto. Según un informe de un equipo de científicos en Friends of the Earth: "Los organismos pueden comenzar la vida como no transgénicos y modificarse a mitad de su vida, constituyendo un vasto experimento al aire libre".[155] Los pesticidas de ARNi pueden provocar cambios genéticos en los organismos expuestos, así como rasgos alterados que pueden transmitirse a la descendencia.[156] Los científicos han documentado formas en que los ARN interferentes pueden resultar en alteraciones hereditarias.[157]

Los aerosoles de pesticidas ARNi son una tecnología novedosa diseñada para una liberación ambiental generalizada. Como dijo el escritor científico Antonio Regalado en su artículo del 2015 para *Technology Review*: "El ARN puede ser natural. Pero la introducción de grandes cantidades de moléculas de ARN dirigidas en el medio ambiente no lo es." [158] Existen enormes lagunas de conocimiento y una serie de riesgos potenciales.

Un informe de octubre de 2020 de *Friends of the Earth* (FOE) proporciona una excelente y profunda introducción a las tecnologías de pesticidas ARNi, sus riesgos y preocupaciones. Principales hallazgos de FOE:

• Los pesticidas de ARNi deben ser regulados como una forma de ingeniería genética, ya que pueden dar lugar a cambios genéticos en los organismos expuestos, así como alterar rasgos que pueden transmitirse a la descendencia.

• Las autoridades reguladoras a nivel nacional no han reconocido los plaguicidas ARNi como una forma de ingeniería genética y, por lo tanto, no han promulgado evaluaciones o precauciones adecuadas para esta nueva aplicación de la tecnología.

• Dados los riesgos potenciales y las grandes brechas en el conocimiento que rodea a los pesticidas ARNi, es imperativo que la sociedad civil, los agricultores y los científicos preocupados presionen por regulaciones estrictas antes de comercializar esta tecnología.

Fuente: Friends of the Earth (FOE), *Gene-Silencing Pesticides: Risks and Concerns,* (octubre de 2020), https://foe.org/resources/gene-silencing-pesticides-risks-and-concerns/

A pesar de las afirmaciones de la industria de "especificidad precisa del objetivo", un estudio publicado por Monsanto (ahora Bayer) en 2018 encontró que su maíz genéticamente modificado equipado con ARNi para matar al gusano de la raíz del maíz occidental también mató escarabajos *no objetivo* en experimentos de laboratorio.[159]

¿Cómo se degradará el ARNi y a dónde irá? ¿Las moléculas degradadas de ARNi representan un riesgo para los organismos *objetivo* o *no objetivo*? Las moléculas de ARN de doble cara son más grandes y pesadas que las moléculas de los pesticidas convencionales.[160] ¿Se propagará el ARN sintético a través del agua subterránea? La pregunta es relevante porque los proponentes prevén la distribución de los pesticidas en aerosol a través del riego.[161]

Los científicos de plantas ya saben que los insectos, plagas y malezas pueden desarrollar resistencia a los pesticidas de ARNi, de la misma manera que lo hacen a los pesticidas en aerosol convencionales (tanto químicos como biológicos). Las pruebas de laboratorio ya han confirmado este escenario.[162]

¿Entrega especial? Los potenciales riesgos ecológicos y a la salud humana se hacen aún más complejos porque varias empresas están llevando a cabo investigaciones sobre nuevos mecanismos de administración para mejorar la eficacia de los aerosoles de ARNi. Las empresas buscan encapsular el ARNi en nanopartículas sintéticas, para que el ARN interferente penetre las células vegetales con mayor eficiencia, o para hacer que se degraden más lentamente en el medio ambiente. El destino de las nanopartículas modificadas en el medio ambiente y su impacto en la salud y la seguridad de los organismos objetivo o no objetivo plantea aún más preguntas sin respuesta.[163] Grupo ETC ha estado monitoreando el desarrollo de tecnologías a nanoescala desde el año 2000. La mayoría de los científicos están de acuerdo en que muchos nanomateriales de ingeniería plantean nuevos riesgos que requieren nuevas formas de evaluación de toxicidad, pero la evaluación de riesgos aún está en pañales. No existen normas científicas aceptadas internacionalmente que rijan la investigación de laboratorio o la introducción de nanomateriales en productos comerciales.

¿Quién está ejecutando la interferencia? Muestreo de empresas emergentes centradas en aerosoles de pesticidas basados en ARNi

Compañía (Sede)	**Enfoque de investigación y desarrollo y socios**
Greenlight (EUA)	Pionero en ARNi centrado en la industria farmacéutica y la agricultura. Ha realizado más de 20 ensayos de campo de dsRNA dirigidos al escarabajo de la papa de Colorado en Estados Unidos.[164]
RNAissance (EUA)	Usar microorganismos modificados genéticamente para producir dsRNA; realizar investigaciones sobre tecnología de suministro de nanopartículas; investigación y desarrollo se centra en la inyección de compuestos de ARNi en árboles frutales y de frutos secos.
AgroSpheres (EUA)	Se asocia con Adama, subsidiaria de Syngenta en insecticida basado en ARNi dirigido a la polilla de espalda de diamante (DBM); lleva a cabo investigaciones sobre tecnología de suministro de nanopartículas con RNAissance.
DevGen (Bélgica), ahora propiedad de Syngenta	Adquirida por Syngenta por 523 millones de dólares en 2012; ARNi para control de plagas.
Viaqua Therapeutics (Israel)	Acuacultura; ARNi basado en ARN para el control viral en camarones; socios con Nutreco y Thai Union Group PCL.

Notas y fuentes

[1] Adama ahora es parte de Syngenta Group; en 2020, Syngenta y Adama reportaron por separado. Ver, *Syngenta Financial Report 2020*, p. 34: https://www.syngenta.com/sites/syngenta/files/bond-investor-information/financial-results/Syngenta-AG-2020-Financial-Report.pdf; y Adama Q4 & FY 2020 Review, p. 9: https://investors.adama.com/files/doc_financials/2020/q4/ADAMA_External_Q4_FY_2020_LTD_Presentation.pdf

[2] Ver *Bayer Annual Report 2020*, p. 83: https://www.bayer.com/sites/default/files/2021-02/Bayer-Annual-Report-2020.pdf Bayer reportó sus segmentos agroquímicos por separado. Nuestra cifra de ventas excluye los agroquímicos usados en campos de golf. Ver "Sales by Strategic Business Entity," p. 83. Nuestra cifra incluye herbicidas, fungicidas e insecticidas.

[3] Ver *BASF Online Report 2020*, Segment Profile: https://report.basf.com/2020/en/managements-report/segments/agricultural-solutions/segment-profile.html Nuestra cifra incluye insecticidas, fungicidas, herbicidas y tratamiento de semillas.

[4] Ver *Corteva News Release*, (03 de febrero de 2021), 4Q/Full Year 2020 Results, p. 4: https://www.corteva.com/content/dam/dpagco/corteva/global/corporate/files/press-releases/02.03.2021_4QFY_2020_Earnings_News_Release_Graphic_Version_Final.pdf

[5] Ver *UPL News Release*, "UPL Ltd Q4FY21 net rises 72% to Rs. 1,065cr.; full year profit jumps 62% to Rs 2,872 cr.," (12 de mayo de 2021), https://www.upl-ltd.com/financial_result_and_report_pdfs/v9RuJaxx7cAxNVh3cuwJPwLKCNbTSyflOxx8qnXN/Q4FY2021-Press-Release.pdf Ingresos totales de UPL en dólares estadounidenses (5.200 millones) confirmados por relaciones con inversores de UPL a través de un correo electrónico personal de Radhika Arora del 25 de mayo de 2021 para el año fiscal 2020-2021, que finaliza el 31 de marzo de 2021. Para el año fiscal 2021, los ingresos iniciales de UPL (Advanta) rondaron los 310 millones; ingresos totales de UPL Agrochem = 4 mil 890 millones (redondeado a 4 mil 900 millones).

[6] Ver *FMC 2020 Annual Report and Form10-K*, p. 18: https://s21.q4cdn.com/968238644/files/doc_financials/2020/ar/FMC-2020-Annual-Report_Form-10-K.pdf

[7] Sumitomo Chemical Consolidated Financial Statement, segmento operativo que se denomina Health & Crop Sciences e incluye algunos productos químicos no agrícolas. Año fiscal finalizado el 31 de marzo de 2021, p. 16: https://www.sumitomo-chem.co.jp/english/ir/library/financial_results/files/docs/ar2021_fs.pdf

[8] Nufarm informe anual 2020, año fiscal finalizado en julio de 2020, Protección de cultivos, p. 10: https://cdn.nufarm.com/wp-content/uploads/2020/11/19064818/Nufarm-AR2020_Web.pdf

[9] La cifra es para las ventas de protección de cultivos de 2020 en dólares estadounidenses. Confirmado mediante comunicación personal con Daisy Fan, Asociación de la Industria de Protección de Cultivos de China, (17 de marzo de 2022), https://www.rainbowagro.com/news_detail/newsId=111.html

[10] La cifra es para las ventas de protección de cultivos de 2020 en dólares estadounidenses. Confirmado mediante comunicación personal con Daisy Fan, Asociación de la Industria de Protección de Cultivos de China, (17 de marzo de 2022), https://www.rainbowagro.com/news_detail/newsId=111.html

[11] Rebecca Coons, , "Agchems expect slight gains in 2021," *Chemical Week*, (3 de enero de 2021), https://chemweek.com/CW/Document/116331/Agchems-expect-slight-gains-in-2021 La estimación proviene de Jonathan Shoham, analista consultor sénior de IHS Markit Agribusiness, anteriormente Phillips McDougall.

[12] Oliver T. Coomes y otros., "Farmer seed networks make a limited contribution to agriculture? Four common misconceptions," *Food Policy,* Vol. 56, p. 43 (octubre de 2015), https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03069 1921500086X#ab010

[13] Bayer reportó 9 mil 021 millones de euros en ventas de semillas y características en 2020; ver *Bayer Annual Report 2020*, p. 83: https://www.bayer.com/sites/default/files/2021-02/Bayer-Annual-Report-2020.pdf .

[14] Ver *Corteva Agriscience News Release*, Q4/Full Year, "Seed Summary," p. 5 (3 de febrero de 2021), https://www.corteva.com/content/dam/dpagco/corteva/global/corporate/files/press-releases/02.03.2021_4QFY_2020_Earnings_News_Release_Graphic_Version_Final.pdf

[15] *Syngenta AG Financial Report 2020*, p. 34: https://www.syngenta.com/sites/syngenta/files/bond-investor-information/financial-results/Syngenta-AG-2020-Financial-Report.pdf

[16] BASF reportó mil 495 millones de euros en ventas de semillas y caracteres transgénicos en 2020; ver *BASF Annual Report 2020*, p. 100: https://report.basf.com/2020/en/servicepages/downloads/files/gby-business-year-basf-basf-ar20.pdf

[17] Vilmorin es el negocio de semillas de Groupe Limagrain. El año fiscal de la empresa corre entre el 1 de julio al 30 de junio. Vilmorin reportó mil 477 millones de euros en ventas de semillas para el año fiscal 2020-2021. Ver "Vilmorin presentation, Sales for FY 2020-2021 (on June 30, 2021)", (2 de agosto de 2021), https://www.vilmorincie.com/wp-content/uploads/2021/08/Preesentation-CA-annuel-VCO-2020-2021-EN.pdf

[18] El año fiscal de KWS's FY corre del 1 de julio al 30 de junio. Ver, KWS Facts and Figures at a Glance: https://www.kws.com/corp/en/company/at-a-glance/

[19] DLF Annual Report 2020: https://www.dlf.com/about-dlf/key-figures-and-annual-report

[20] Sakata Seeds, *Summary of Consolidated Financial Results for the Year Ended May 31, 2021*: https://corporate.sakataseed.co.jp/en/ir/library/shi2630000000cee-att/SAKATA20210714_summary_of_financial_results_for_the_year_ended_May_31_2021.pdf

[21] Kaneko Seeds, ventas netas para el año fiscal finalizado el 21 de mayo de 2021, http://www.kanekoseeds.jp/en/financial-information/financial-summary/

[22] Comunicación personal con Jonathan Shoham, analista sénior, IHS Markit, (julio de 2021).

[23] Hepeng Jia, "ChemChina and Sinochem will combine their agriculture assets," *Chemical & Engineering News*, (8 de enero de 2020), https://cen.acs.org/food/agriculture/ChemChina-Sinochem-combine-agriculture-assets/98/i2

[24] Daxue Consulting, "The pesticide market in China under environmental regulations and industrial restructuring amid COVID-19," (7 de diciembre de 2020), https://daxueconsulting.com/pesticide-market-in-china/

[25] Jasmine Ng y Shuping Niu, "China Unveils Roadmap to Ensure Food for 1.4 Billion People," *Bloomberg News*, (4 de marzo de 2021), https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-03-05/china-unveils-roadmap-to-ensure-food-for-1-4-billion-people

[26] Gordon Orr, "What can we expect in China in 2021?," *McKinsey & Co.*, (4 de febrero de 2021), https://www.mckinsey.com/cn/our-insights/our-insights/what-can-we-expect-in-china-in-2021

[27] Daxue Consulting, "The pesticide market in China under environmental regulations and industrial restructuring amid COVID-19," (7 de diciembre de 2020), https://daxueconsulting.com/pesticide-market-in-china/; ver también, Adama, Periodic Report for the Year 2020: https://investors.adama.com/files/doc_financials/2020/q4/Q4_FY_2020_Report_Solutions.pdf

[28] Annie Shattuck, "Generic, growing, green?: The changing political economy of the global pesticide complex," *The Journal of Peasant Studies*, (enero, 2021): DOI: 10.1080/03066150.2020.1839053.

[29] Jing Yang and Martin Mou, "China Approves Merger of Chemical Giants, Creating $150 Billion Company," *Wall Street Journal*, (1 de abril de 2021), https://www.wsj.com/articles/china-approves-merger-of-chemical-giants-creating-150-billion-company-11617257687

[30] Sun Chi, "Sinochem and ChemChina merger approved," *China Daily*, (1 de abril de 2021): http://www.chinadaily.com.cn/a/202104/01/WS606533bca31024ad0bab2fde.html

[31] Sinochem Holdings, "Sinochem Holdings Releases Its Brand Logo," (8 de abril de 2021), http://www.sinochem.com/newen/s/17585-50448-148378.html

[32] Anónimo, "SinoChem Group Profile," Marketline, (6 de diciembre de 2020), https://marketline.com/

[33] Anónimo, "SinoChem Group Profile," Marketline, (6 de diciembre de 2020), https://marketline.com/

[34] Syngenta Group, "Syngenta Group China to build world-class innovation center in Nanjing," (2 de febrero de 2021), https://www.syngentagroup.com/en/media/syngenta-news/year/2021/syngenta-group-china-build-world-class-innovation-center-nanjing Los "biológicos" se refieren a sustancias naturales, productos derivados de la fermentación, microbios y feromonas, insectos y ácaros depredadores, hongos y nematodos.

[35] Hepeng Jia, “ChemChina and Sinochem will combine their agriculture assets,” *Chemical & Engineering News*, (8 de enero de 2020), https://cen.acs.org/food/agriculture/ChemChina-Sinochem-combine-agriculture-assets/98/i2

[36] Jacky Wong, “More Seed Capital for Syngenta Could Help Feed China,” *Wall Street Journal*, (13 de julio de 2021), https://www.wsj.com/articles/more-seed-capital-for-syngenta-could-help-feed-china-11626170421

[37] Narayanan Somasundaram, “Syngenta files for year’s biggest IPO with $10bn Shanghai listing,” *Nikkei Asia*, (3 de julio de 2021), https://asia.nikkei.com/Business/Markets/IPO/Syngenta-files-for-year-s-biggest-IPO-with-10bn-Shanghai-listing2

[38] Reuters Staff, “Shanghai suspends Syngenta IPO in mass listings freeze,” Reuters, (11 de octubre de 2021), https://www.reuters.com/article/syngenta-ipo/shanghai-suspends-syngenta-ipo-in-mass-listings-freeze-blames-outdated-info-idUSKBN2H10EH

[39] Annie Shattuck, “Generic, growing, green?: The changing political economy of the global pesticide complex,” *The Journal of Peasant Studies*, (enero, 2021). DOI: 10.1080/03066150.2020.1839053.

[40] Annie Shattuck, “Generic, growing, green?: The changing political economy of the global pesticide complex,” *The Journal of Peasant Studies*, (enero, 2021), https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1839053 Shattuck cita estudios de consultoría de agronegocios de Phillip McDougall (ahora IHS Markit).

[41] Phillips McDougall, “The Cost of New Agrochemical Product Discovery, Development and Registration in 1995, 2000, 2005-8 and 2010-2014. R&D expenditure in 2014 and expectations for 2019,” (marzo, 2016), https://croplife.org/wp-content/uploads/2016/04/Cost-of-CP-report-FINAL.pdf

[42] Jennifer Clapp, “Explaining Growing Glyphosate Use: The Political Economy of Herbicide-Dependent Agriculture,” *Global Environmental Change*, (marzo, 2021), https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102239

[43] Jennifer Clapp. “The problem with growing corporate concentration and power in the global food system,” *Nature Food* 2**,** 404–408 (2021), https://doi.org/10.1038/s43016-021-00297-7

[44] Jennifer Clapp, “Explaining Growing Glyphosate Use: The Political Economy of Herbicide-Dependent Agriculture,” *Global Environmental Change*, Volume 67, (2021), https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102239

[45] Heartland Health Research Alliance, *Take Home Messages in “Organic Farming Lessens Reliance on Pesticides and Promotes Public Health by Lowering Dietary Risks,”* (7 de julio de 2021), https://hh-ra.org/2021/07/07/take-home-messages-hhra-new-paper/

[46] Gil Gullickson, New tech coming in seed traits, *Successful Farming,* (30 de noviembre de 2020), https://www.agriculture.com/crops/corn/new-tech-coming-in-seed-traits

[47] Gil Gullickson, New tech coming in seed traits, *Successful Farming,* (30 de noviembre de 2020, https://www.agriculture.com/crops/corn/new-tech-coming-in-seed-traits

[48] Andrea Klosterman Harris, “Post-Patent Report,” *Agribusiness Global*, (1 de septiembre de 2009), https://www.agribusinessglobal.com/agrochemicals/post-patent-report-2/

[49] Andrea Klosterman Harris, “Post-Patent Report,” *Agribusiness Global*, (1 de septiembre de 2009), https://www.agribusinessglobal.com/agrochemicals/post-patent-report-2/

[50] Marion Werner, Christian Berndt y Becky Mansfield, “The Glyphosate Assemblage: Herbicides, Uneven Development, and Chemical Geographies of Ubiquity,” *Annals of the American Association of Geographers*, (2021), https://doi.org/10.1080/24694452.2021.1898322

[51] Annie Shattuck, “Generic, growing, green?: The changing political economy of the global pesticide complex,” *The Journal of Peasant Studies*, (enero 202), https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1839053

[52] UPL Ltd. Capital Markets Day Presentation, p. 27. (12 de mayo de 2021), https://www.upl-ltd.com/financial_result_and_report_pdfs/gJhLXpQ61k5IcsAaKLpO4vrbcZFhpdx6cnNr0B5h/FY2021_CMD-Presentation.pdf

[53] Duane Dickson, Shay Eliaz, y Aijaz Hussain, “The future of agrochemicals,” *Deloitte*, (2019), https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/energy-resources/us-eri-future-of-agrochemicals.pdf

[54] Los gigantes multinacionales de la agroquímica operan en los tres sectores: 1) propietario; 2) sector privado de patentes; 3) genéricos. Pero el “sector fuera del propietario de la patente”, es decir, la reformulación de principios activos existentes, ha sido cada vez más importante. El término “cóctel

rentable de agroquímicos" proviene de Duane Dickson, Shay Eliaz, y Aijaz Hussain, "The future of agrochemicals," *Deloitte*, (2019), https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/energy-resources/us-eri-future-of-agrochemicals.pdf

[55] Andrea Klosterman Harris "Post-Patent Report," *Agribusiness Global*, (1 de septiembre de 2009), https://www.agribusinessglobal.com/agrochemicals/post-patent-report-2/

[56] David Frabotta, "Bigger Than COVID-19: Three Things Affecting Global Agriculture," *Agribusiness Global* (17 de noviembre de 2020), https://www.agribusinessglobal.com/markets/bigger-than-covid-19-three-things-affecting-global-agriculture/

[57] Annie Shattuck, "Generic, growing, green?: The changing political economy of the global pesticide complex," *The Journal of Peasant Studies*, (enero 2021), https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1839053

[58] Stacy Malkan, "Glyphosate Fact Sheet: Cancer and Other Health Concerns," *U.S. Right to Know*, (10 de junio 2021), https://usrtk.org/pesticides/glyphosate-health-concerns/

[59] Tim Loh y Jef Feeley, "Bayer's Roundup Costs Could Top $16 Billion as Provisions Mount**,"** *Bloomberg*, (29 de julio de 2021), https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-07-29/bayer-to-set-aside-4-5-billion-for-potential-roundup-claims

[60] Sara Randazzo y Ruth Bender, "Bayer to Rethink Roundup Formula for U.S. Consumers," *Wall Street Journal*, (26 de mayo de 2021), https://www.wsj.com/articles/judge-rejects-bayer-proposal-to-resolve-future-roundup-cases-11622057583

[61] Para una lista completa de prohibiciones y restricciones de glifosato, ver Baum Hedlund Law, "Where is Glyphosate Banned?," (Actualizado en agosto, 2021), https://www.baumhedlundlaw.com/toxic-tort-law/monsanto-roundup-lawsuit/where-is-glyphosate-banned-/

[62] El sitio web de "Grupo de trabajo sobre los datos de la 'Civil Society and Indigenous Peoples Mechanism' (CSIPM) *for Relations with the UN Committee on World Food Security"* proporciona una discusión más profunda de estos temas: https://www.csm4cfs.org/tag/data/

[63] Glenn Davis Stone, "Surveillance agriculture and peasant autonomy," *Journal of Agrarian Change*, 1–24, (2022), https://doi.org/10.1111/joac.12470

[64] Lutz Goedde, Joshua Katz, Alexandre Ménard y Julien Revellat, "Agriculture's connected future: How technology can yield new growth," McKinsey & Co., (9 de octubre de 2020), https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/agricultures-connected-future-how-technology-can-yield-new-growth

[65] Los estudios que analizan los niveles de adopción de tecnologías de agricultura de precisión han visto el problema en gran medida a través de la lente de la rentabilidad agrícola (en lugar del impacto ambiental, por ejemplo). Reconocen que el uso de insumos podría aumentar "si el mapeo indicara una necesidad", según David Schimmelpfennig, "Farm Profits and Adoption of Precision Agriculture," USDA Economic Research Report # 217, p. 13, (octubre 2016), https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/80326/err-217.pdf?v=0 El estudio de Schimmelpfennig examinó las granjas de maíz en Estados Unidos, (94% de las cuales cultivaban maíz transgénico) y concluyó que las granjas muy grandes tenían más probabilidades de adoptar tecnologías de agricultura de precisión, con un impacto general en la rentabilidad que fue "positivo, pero pequeño".

[66] Mao Feng citado en Dominique Patton, "Syngenta looks to China's farmers for growth ahead of mega-IPO," *Reuters*, (4 de julio de 2021), https://www.reuters.com/article/us-china-syngenta-focus-idCAKCN2EA0M6 El MAP de Syngenta vende semillas y agroquímicos y administra centros de capacitación en toda China, así como ~900 granjas de demostración que brindan recomendaciones específicas de ubicación para aumentar los rendimientos. En la plataforma MAP, los productores reciben una gestión de la tierra "gratuita" y, a cambio, compran productos de Syngenta u "otros recomendados por sus agrónomos".

[67] Para obtener una descripción general clara de los modelos comerciales de agricultura digital, con un enfoque en los países en desarrollo, consulte Regina Birner, Thomas Daum y Carl Pray, "Who drives the digital revolution in agriculture? A review of supply-side trends, players and challenges," *Applied Economic Perspectives and Policy*, p. 19, (2021), https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/aepp.13145

[68] Ryan Humpert, “Trusted Data Advisor: 3 Digital Collaboration Trends That Are Changing the Way Ag Retailers Do Business,” CropLife, (21 de agosto de 2020), https://www.croplife.com/precision/trusted-data-advisor-3-digital-collaboration-trends-that-are-changing-the-way-ag-retailers-do-business/

[69] Ver, como un ejemplo, una discusión sobre los pros y los contras de pagar un servicio de exploración de campo basado en drones en un campo de maíz de Estados Unidos: *Farm Progress* (sitio web propiedad de *Informa*), “Putting a value on aerial scouting,” (25 de marzo de 2020), https://www.farmprogress.com/scouting/putting-value-aerial-scouting

[70] En 2020, la asociación de Bayer con Tillable (una empresa que encuentra tierras cultivables disponibles para alquilar, una especie de Airbnb para cultivos, que ofrece sus propias herramientas digitales de gestión agrícola) terminó abruptamente cuando los agricultores comenzaron a sospechar que los datos que compartían en la plataforma FieldView de Bayer/Climate Corporation habían sido comprometido. Las ambigüedades legales y el peligro potencial para los agricultores son presentados claramente por el abogado centrado en la agricultura, Todd Janzen, “The FieldView-Tillable Breakup: What Went Wrong?,” *Successful Farming*, (19 de febrero de 2020): “…no está claro [para los usuarios] quién está detrás de la plataforma FieldView. El acuerdo de licencia de usuario final y la declaración de privacidad de Climate [Corporation] están llenos de referencias a The Climate Corporation, FieldView, Affiliates, Bayer Group, terceros y Platform Partners. Compartir datos con la plataforma FieldView comienza con una ambigüedad sobre quién es exactamente FieldView. Legalmente, FieldView es un producto de Bayer, igual que un Chevrolet es fabricado por General Motors. Climate y Monsanto son divisiones de Bayer… Los usuarios tampoco estaban seguros de qué lugar ocupaba Tillable en la relación con Climate. ¿Era propiedad de Bayer, estaba controlada por Bayer o estaba respaldada por inversores de capital riesgo similares? Quizá ésta sea una de las razones por las que Stern, director general de Climate, tuvo que aclarar en el comunicado de prensa de renuncia de Climate que Tillable era sólo un ‘socio de plataforma’, no algo más”. El artículo completo de Janzen está disponible en internet: https://www.agriculture.com/news/technology/the-fieldview-tillable-breakup-what-went-wrong . La dolorosa ruptura de ClimateView [p.ej., Bayer] con Tillable, anunciada, sin ironía, el día de San Valentín de 2020, está disponible en internet: https://d107i52gp9xyle.cloudfront.net/press-releases/fieldview-terminates-platform-partner-agreement-with-tillable/

[71] Ibíd.

[72] Varios estudios y/o encuestas se centran en las preocupaciones que tienen los agricultores sobre el intercambio de datos. Ver, por ejemplo, Jody L. Ferris, “Data Privacy and Protection in the Agriculture Industry: Is Federal Regulation Necessary?” *The Minnesota Journal of Law, Science & Technology*, Vol.18, Issue 1, pp. 309-342, especially pp. 315-317 (2017,) https://scholarship.law.umn.edu/mjlst/vol18/iss1/6 .

[73] Omnivore Venture Capital contempla una “granja unipersonal” en su informe “The Future of Indian Agriculture and Food Systems: Vision 2030:” https://www.omnivore.vc/vision-2030/

[74] Anónimo, “BlockApps Launches Agribusiness Blockchain Network ‘TraceHarvest’ Following Success with Bayer,” *Seed World*, (18 de noviembre de 2020), https://seedworld.com/blockapps-launches-agribusiness-blockchain-network-traceharvest-following-success-with-bayer/

[75] Anónimo, “The Use of Blockchain in Trademark and Brand Protection,” Caldwell Intellectual Property Law, (22 de junio de 2021) https://www.jdsupra.com/legalnews/the-use-of-blockchain-in-trademark-and-1929008/#_edn1

[76] En marzo de 2021, TraceHarvest Network realizó una reunión informativa virtual sobre su tecnología de cadena de bloques con presentaciones de Bushel (plataforma digital para productores y compradores de granos), Roger (herramientas digitales para el envío de carga a granel) y Bayer Crop Science. Una grabación de la reunión está disponible en YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=OqpAJlPciRs&t=787s La presentación de Stan Dotson comienza a los 37’10”. (Consultado el 12 de agosto de 2021)

[77] Ibíd.

[78] Por ejemplo, el gigante de software empresarial Oracle se refiere a la cadena de bloques como “una única fuente de verdad”, aquí: https://www.oracle.com/ca-en/blockchain/what-is-blockchain/

[79] Mike Orcutt, “Once hailed as unhackable, blockchains are now getting hacked,” MIT Technology Review, (19 de febrero de 2019), https://www.technologyreview.com/2019/02/19/239592/once-hailed-as-unhackable-blockchains-are-now-getting-hacked/

[80] TraceHarvest FAQs: https://blockapps.net/traceharvest/#faq (Consultado el 29 de julio de 2021)

[81] https://cdn.farmjournal.com/2020-12/FarmJournal-ACAM2020Report-CarbonMarkets_0.pdf

[82] Consulte una lista comentada de empresas de créditos de carbono en Mike Abram, "Companies offering carbon-based payments to arable farmers," *Farmers Weekly*, (30 de junio de 2021), https://regenfarming.news/articles/1126-companies-offering-carbon-based-payments-to-arable-farmers. Ver también, *Farm Journal 2020 Report*, pp. 14-15: http://digitaledition.qwinc.com/publication/?m=63835&i=687549&p=14&ver=html5

[83] Comunicado de prensa de Ecosystem Services Market Consortium, "Ecosystem Services Market Consortium Expands with Eight New Members," (4 de junio de 2019), https://www.prnewswire.com/news-releases/ecosystem-services-market-consortium-expands-with-eight-new-members-300861561.html

[84] Seminario BlockApps, "Seed to Silo Blockchain Traceability - with Bayer Crop Science (FULL 45M WEBINAR)," en min. 25'22" (10 de diciembre de 2020), https://www.youtube.com/watch?v=O5Owa4doZ1I&t=1647s

[85] Jennifer Clapp, "The problem with growing corporate concentration and power in the global food system. *Nature Food* 2**,** 404–408 (2021), https://doi.org/10.1038/s43016-021-00297-7

[86] Jon Cohen, "To feed its 1.4 billion, China bets big on genome editing of crops," *Science*, (29 de julio de 2019), https://www.sciencemag.org/news/2019/07/feed-its-14-billion-china-bets-big-genome-editing-crops

[87] Anónimo, "Company claims first commercial gene-edited crop wasn't gene-edited after all," GM Watch, (21 de septiembre de 2020), https://www.gmwatch.org/en/106-news/latest-news/19535

[88] Alejo Menchaca, "Sustainable Food Production: The Contribution of Genome Editing in Livestock," *Sustainability (MDPI)* 2021, 13(12) 6788 (16 de junio de 2021), https://doi.org/10.3390/su13126788

[89] Megan Molteni, "Crispr Can Help Solve Our Looming Food Crisis—Here's How," *Wired*, (8 de agosto de 2019), https://www.wired.com/story/gene-editing-food-climate-change/

[90] Laura Geggel, "Can Gene Editing Save the World's Chocolate?," *National Geographic*, (5 de junio de 2018), https://www.scientificamerican.com/article/can-gene-editing-save-the-worlds-chocolate/

[91] Innovature es un proyecto conjunto de la Biotechnology Innovation Organization (BIO) y American Seed Trade Association (ASTA). Ver, Innovature, "Gene Editing Could Protect Your Favorite Foods," (28 de octubre de 2020), https://innovature.com/article/gene-editing-could-protect-your-favorite-foods

[92] Mars, position statement on Gene Editing, s.f.: https://www.mars.com/about/policies-and-practices/gene-editing

[93] Carolyn Wilke, "Gene-Edited Soybean Oil Makes Restaurant Debut," *The Scientist*, (13 de marzo de 2019), https://www.the-scientist.com/news-opinion/gene-edited-soybean-oil-makes-restaurant-debut-65590

[94] CBAN, Product Profile: GM Waxy Corn, Corteva, (actualizado el 12 de abril de 2021), https://cban.ca/wp-content/uploads/GM-Waxy-Corn-Corteva-product-profile-CBAN.pdf

[95] Anónimo, "'CRISPR Tomatoes approved in Japan," Testbiotech, (3 de febrero de 2021), https://www.testbiotech.org/en/news/crispr-tomatoes-approved-japan

[96] P. ej., University of Minnesota, comunicado de prensa, "Calyxt Receives EU Patent on Use of CRISPR/Cas9 for Genome Editing in Plants," (17 de diciembre de 2018), https://research.umn.edu/units/techcomm/news/calyxt-receives-eu-patent-use-crisprcas9-genome-editing-plants

[97] K. Egelie, G. Graff, S. Strand y B. Johansen, "The emerging patent landscape of CRISPR–Cas gene editing technology," *Nature Biotechnology*, 34, pp. 1025–1031, (2016), https://doi.org/10.1038/nbt.3692

[98] Según ERS, la cartera global de patentes se conoce como CVC; CVC significa Universidad de California, Universidad de Viena y Emmanuelle Charpentier. El acrónimo describe a los propietarios de lo que comúnmente se conoce como las patentes CRISPR de UC Berkeley. Ver página web de ERS Genomics: https://www.ersgenomics.com/faq/

[99] Ver página de fundadores en el sitio web de Pairwise: https://pairwise.com/about-us/founders/

[100] Jon Cohen, "The latest round in the CRISPR patent battle has an apparent victor, but the fight continues," *Science*, (11 de septiembre de 2020), https://www.sciencemag.org/news/2020/09/latest-round-crispr-patent-battle-has-apparent-victor-fight-continues Ver también, Fiona Mischel, "Who Owns CRISPR in 2021? It's Even More Complicated Than You Think," *Synbiobeta*, (27 de abril de 2021), https://www.synbiobeta.com/read/who-owns-crispr-in-2021-its-even-more-complicated-than-you-think

[101] Elena Shao y Yash Pershad, "CRISPR Co-Inventor Jennifer Doudna Talks Ethics and Biological Frontiers," Stanford – McCoy Family Center for Ethics in Society, (25 de enero de 2019), https://ethicsinsociety.stanford.edu/buzz-blog/crispr-co-inventor-jennifer-doudna-talks-ethics-and-biological-frontiers

[102] Jon Cohen, "CRISPR, the revolutionary genetic 'scissors,' honored by Chemistry Nobel" *Science*, (7 de octubre 2020), https://www.sciencemag.org/news/2020/10/crispr-revolutionary-genetic-scissors-honored-chemistry-nobel

[103] Maywa Montenegro de Wit, "Democratizing CRISPR? Stories, practices, and politics of science and governance on the agricultural gene editing frontier" *Elementa: Science of the Anthropocene*, (20 de febrero de 2020), https://doi.org/10.1525/elementa.405

[104] Los análisis de patentes de IPStudies son privados y costosos, pero hay un resumen disponible aquí: https://www.ipstudies.ch/crispr-patent-analytics/ Una familia de patentes es una colección de solicitudes de patentes que cubren el mismo o similar contenido técnico.

[105] Christoph Then, Andreas Bauer-Panskus y Ruth Tippe, "New GE and food plants: The disruptive impact of patents on breeders, food production and society," Testbiotech, (junio de 2021), https://www.testbiotech.org/sites/default/files/Patents_on%20new%20GE.pdf

[106] Christoph Then, Andreas Bauer-Panskus y Ruth Tippe, "New GE and food plants: The disruptive impact of patents on breeders, food production and society," Testbiotech, (junio de 2021), https://www.testbiotech.org/sites/default/files/Patents_on%20new%20GE.pdf

[107] Christoph Then, Andreas Bauer-Panskus y Ruth Tippe, "New GE and food plants: The disruptive impact of patents on breeders, food production and society," Testbiotech, (junio de 2021), https://www.testbiotech.org/sites/default/files/Patents_on%20new%20GE.pdf .

[108] La estimación de ingresos proviene de Dun&Bradstreet, derivada de la modelización: https://www.dnb.com/business-directory/company-profiles.agbiome_inc.1002a588c9bf60799359dc33ac041352.html#company-info

[109] Frank Vinluan, "New partnerships driving more growth for emerging Triangle agtech firm Agbiome," NC Biotech Center, (6 de abril de 2021), https://www.wraltechwire.com/2021/04/06/new-partnerships-driving-more-growth-for-emerging-triangle-agtech-firm-agbiome/

[110] Inari, comunicado de prensa, "Inari Raises Over $200 Million to Unlock the Full Potential of Seed," (12 de mayo de 2021), https://www.prnewswire.com/news-releases/inari-raises-over-200-million-to-unlock-the-full-potential-of-seed-301289170.html Ver también, Chris Janiec, "Inari adds $208m for seed technology expansion" *AgriInvestor*, (20 de mayo de 2021), https://www.agriinvestor.com/inari-adds-208m-for-seed-technology-expansion/

[111] Ver Inari, comunicados de prensa: https://inari.com/news

[112] Ver https://www.crunchbase.com/organization/cibus

[113] Ver Cibus, comunicados de prensa: https://www.cibus.com/press-releases.php

[114] Calyxt, comunicado de prensa, "Calyxt Reports Fourth Quarter and Full Year 2020 Financial Results, Fiscal Year 2020 Financial Highlights," (4 de marzo de 2021) https://d1io3yog0oux5.cloudfront.net/_9f3e63a87900a44184f0fc7b540483b8/calyxt/news/2021-03-04_Calyxt_Reports_Fourth_Quarter_and_Full_Year_2020_112.pdf

[115] Ned Pagliarulo, "Caribou raises $304M in one of gene editing's most lucrative IPOs," *Biopharmadive*: https://www.biopharmadive.com/news/caribou-ipo-crispr-gene-editing/603855/ Cifra de ventas/ingresos no disponible. Los activos totales de Caribou Biosciences en 2020 ascendieron a ~36 millones de dólares. Las presentaciones ante la SEC de Caribou Biosciences afirman: "Hemos incurrido en pérdidas operativas netas significativas desde nuestro inicio y anticipamos que incurriremos en pérdidas continuas en el futuro previsible": https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/0001619856/000119312521206262/d145328ds1.htm#fin145328_3

[116] Daniel Grushkin, "DuPont in CRISPR-Cas patent land grab," *Nature Biotechnology*, Vol. 34, Nº 1, p. 13, (enero, 2016) https://www.nature.com/articles/nbt0116-13.pdf?origin=ppub Ver Caribou, comunicado de prensa para la investigación conjunta sobre efectos fuera del objetivo, "Caribou Biosciences and DuPont Pioneer Develop New Method to Comprehensively Map the Off-Target Activity of CRISPR-Cas9 Across Entire Genomes," (1 de mayo de 2017), https://investor.cariboubio.com/news-releases/news-release-details/caribou-biosciences-and-dupont-pioneer-develop-new-method

[117] Ver comunicado de prensa de ERS Genomics: https://www.ersgenomics.com/wp-content/uploads/2021/03/ers-3-2-21.pdf

[118] Arcadia Biosciences 2020 Annual Report, Form 10-K, p. 45: https://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReportArchive/a/NASDAQ_RKDA_2020.pdf Para una descripción general del negocio, ver pp. 2-3.

[119] Arcadia Biosciences 2020 Annual Report, Form 10-K, p. 10: https://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReportArchive/a/NASDAQ_RKDA_2020.pdf

[120] Anónimo, "Pairwise announces closing of $90M Series B funding round," *SeedWorld*, (4 de febrero de 2021), https://seedworld.com/pairwise-announces-closing-of-90m-series-b-funding-round/

[121] La estimación de ingresos proviene de Dun&Bradstreet, derivado de la modelización, s. f.; ver https://www.dnb.com/business-directory/company-profiles.pairwise_plants_services_inc.a9b1bcea075866b3a785caccbf80bc21.html#company-info (requiere suscripción).

[122] "Tropic Biosciences raises $10m Series A for Tropical CRISPR Tech," *Agropages,* (15 de junio de 2018), http://news.agropages.com/News/NewsDetail---26627.htm Ver también, Tropic Biosciences comunicado de prensa, "Tropic Biosciences raises $28.5 million Series B financing to transform the massive tropical agriculture industry" (4 de junio de 2020), https://www.tropicbioscience.com/copy-of-round-a

[123] Una SPAC, en español Compañía de Adquisición de Propósito Especial, es aquella que no tiene operaciones comerciales propias, pero adquiere otras compañías para recaudar capital para las OPI. Ver, Amrith Ramkumar, "Plant-Tech Firm Benson Hill Going Public in $2 Billion SPAC Merger", *Wall Street Journal*, (9 de mayo de 2021), https://www.wsj.com/articles/plant-tech-firm-benson-hill-going-public-in-2-billion-spac-merger-11620601200

[124] Benson Hill Biosystems, comunicado de prensa, "Benson Hill Raises $150 Million In Series D Funding Round to Accelerate the Pace of Food Innovation on a Global Scale," (29 de octubre de 2020), https://bensonhill.com/2020/10/29/benson-hill-raises-150-million-in-series-d-funding-round-to-accelerate-the-pace-of-food-innovation-on-a-global-scale/ Vea todo el capital recaudado en 11 rondas de financiación en *Crunchbase*: https://www.crunchbase.com/organization/benson-hill-biosystems/company_financials

[125] Benson Hill, comunicado de prensa, "Benson Hill Announces Second Quarter 2021 Financial Results," (10 de agosto de 2021), https://www.prnewswire.com/news-releases/benson-hill-announces-second-quarter-2021-financial-results-301351744.html

[126] *Precision* anunció en enero de 2021 que tiene la intención de expandir Elo Life Systems; Ver, *Precision Biosciences* annual report, Form 10-K, p. 2 (2020), https://investor.precisionbiosciences.com/static-files/ba8ea361-bc37-4db9-9611-048a593cdd75

[127] Ver, sitio web de Elo Life: https://elolife.ag/pipeline/#; ver también informe anual de la casa matriz, Form 10-K, (2020), https://investor.precisionbiosciences.com/static-files/a0d6ba14-a8ae-4b9c-82f3-877975e044e6

[128] "Collaborative projects" con BASF, Bayer y DuPont Pioneer (Corteva) se mencionan en *Precision Biosciences* annual report, sin elaborar. Ver, Form 10-K, p. 22 (2020), https://investor.precisionbiosciences.com/static-files/a0d6ba14-a8ae-4b9c-82f3-877975e044e6

[129] Ver, Sanatech Seed, comunicado de prensa, "Gene-edited Tomato 'Sicilian Rouge High GABA' Seedling Distribution and Commercial Plan," (27 de abril de 2021), https://sanatech-seed.com/en/210427-2/

[130] Ver, sitio web de Yield10 Bioscience, "CRISPR-Cas9 Genome Editing to Increase Crops Yields," (s.f.), https://www.yield10bio.com/crispr-gene-editing

[131] Yield10 Bioscience, reporte anual, Form 10-K: https://ir.yield10bio.com/static-files/ec20c12d-7471-40fe-b8c4-c4103d8c43c8 , p. F-4.

[132] Yield10 Bioscience, reporte anual, Form 10-K: https://ir.yield10bio.com/static-files/ec20c12d-7471-40fe-b8c4-c4103d8c43c8 , pp. 8-9.

[133] Yield10 Bioscience, reporte anual, Form 10-K: https://ir.yield10bio.com/static-files/ec20c12d-7471-40fe-b8c4-c4103d8c43c8 , p. 21.

[134] Anónimo, "Increasing number of patents on food plants and New GE," Testbiotech, (25 de junio 2021), https://www.testbiotech.org/en/news/increasing-number-patents-food-plants-and-new-ge

[135] Corteva, "How is a plant developed with CRISPR genome editing different from a GMO (genetically modified organism)?," CRISPR FAQs: https://crispr.corteva.com/faqs-crispr-cas-corteva-agriscience/

[136] Corteva, "What is CRISPR?," CRISPR FAQs: https://crispr.corteva.com/faqs-crispr-cas-corteva-agriscience/

[137] D.R. Gordon, G. Jaffe, M. Doane y otros, "Responsible governance of gene editing in agriculture and the environment," *Nature Biotechnology*, (11 de agosto 2021), https://www.nature.com/articles/s41587-021-01023-1

[138] Steve Davies, "Lawsuit Challenges Trump-Era Overhaul of USDA's Biotech Regulation," *Agri-Pulse*, (26 de julio de 2021), https://www.agri-pulse.com/articles/16221-lawsuit-challenges-trump-rule-on-biotech-plants

[139] Anónimo, "Derailing EU rules on new GMOs," Corporate Europe Observatory, (29 de marzo de 2021), https://corporateeurope.org/en/2021/03/derailing-eu-rules-new-gmos

[140] Claire Robinson, "Researchers call for greater awareness of unintended consequences of CRISPR gene editing," *GM Watch*, (13 de abril de 2021), https://www.gmwatch.org/en/news/latest-news/19756-researchers-call-for-greater-awareness-of-unintended-consequences-of-crispr-gene-editing

[141] Janet Cotter, Katharina Kawall, Christoph Then, *New genetic engineering technologies*, Risk Assessment of Genetically Engineered Organisms in the EU and Switzerland, (enero de 2020), https://www.testbiotech.org/sites/default/files/RAGES_report-%20new%20genetic%20engineering%20techniques.pdf

[142] Janet Cotter y Dana Perls, "Genome Editing in Food and Farming: Risks and Unexpected Consequences," actualizado y publicado por Canadian Biotechnology Action Group, Logos Environmental y Friends of the Earth, (junio de 2020), https://cban.ca/wp-content/uploads/Genome-Editing-Report-2020.pdf

[143] Matthew Bramletta, Geert Plaetincka, Peter Maienfisch, RNA-Based Biocontrols—A New Paradigm in Crop Protection, *Engineering,* Vol. 6, Nº 5, pp. 522-527, (mayo de 2020), https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.09.008.

[144] Friends of the Earth (FOE), Gene-Silencing Pesticides: Risks and Concerns, (octubre de 2020), https://foe.org/resources/gene-silencing-pesticides-risks-and-concerns/

[145] Greenlight Biosciences, s.f.: https://www.greenlightbiosciences.com/in-the-pipeline-colorado-potato-beetle/

[146] Andrew Fire y Craig Mello publicaron por primera vez su descubrimiento del mecanismo ARNi en 1998 y recibieron el Premio Nobel por este descubrimiento en 2006. https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2006/press-release/

[147] Leah Shaffner, "Inner Workings: RNA-based pesticides aim to get around resistance problems," PNAS, vol. 117 no. 5, (29 de diciembre de 2020), https://www.pnas.org/content/117/52/32823

[148] Jim Lane, "Biobased smart bombs for pests: two new strategic investments in biopesticides from TechAccel," *Biofuels Digest*, (6 de febrero de 2019), https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2019/02/06/biobased-smart-bombs-for-pests-two-new-strategic-investments-in-biopesticides-from-techaccel/

[149] Por ejemplo, la papaya genéticamente modificada usa ARNi que la defiende contra el virus de la mancha anular; papas y manzanas que están diseñadas para no oscurecerse porque el ARNi se usa para "silenciar" el gen que produce el oscurecimiento.

[150] "Bayer's third generation "SmartStax" will be loaded with multiple engineered traits, including RNAi and Bt toxins". Comunicado de prensa de Bayer, "Bayer's Third Generation Corn Rootworm Trait Gains Final Approval; SmartStax® PRO Technology to Launch in US in 2022," (21 de enero 2021), https://www.bayer.com/en/us/smartstaxr-pro-technology-launch

[151] Eric L. Patterson, Christopher Saski, Anita Küpper, Roland Beffa y Todd A. Gaines, "Omics Potential in Herbicide-Resistant Weed Management," *Plants* (Basel), (diciembre de 2019), 10.3390/plants8120607 Ver también, Friends of the Earth (FOE), Gene-Silencing Pesticides: Risks and Concerns, (octubre de 2020) https://foe.org/resources/gene-silencing-pesticides-risks-and-concerns/

[152] Estonian Research Council, "Breakthrough in plant protection: RNAi pesticides affect only one pest species," (12 de abril de 2021), https://phys.org/news/2021-04-breakthrough-rnai-pesticides-affect-pest.html

[153] Anónimo, "Debugging. A new approach," *The Economist*, Vol. 439, Nº. 9246, pp. 71-72 (22 de mayo de 2021).

[154] Resumen de los debates de la Conferencia de la OCDE de 2019 sobre plaguicidas basados en ARNi, *Frontiers in Plant Science*, (29 de mayo de 2020), https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00740

[155] Friends of the Earth (FOE), "Gene-Silencing Pesticides: Risks and Concerns", (octubre de 2020), https://foe.org/resources/gene-silencing-pesticides-risks-and-concerns/

[156] Friends of the Earth (FOE), "Gene-Silencing Pesticides: Risks and Concerns", octubre 2020. https://foe.org/resources/gene-silencing-pesticides-risks-and-concerns/ .

[157] Ver, p. ej., Jack Heinemann, "Should dsRNA treatments applied in outdoor environments be regulated?" *Environment International*, 132, 104856: https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.050

[158] Antonio Regalado, "The Next Great GMO Debate," *Technology Review*, (11 de agosto de 2015), https://www.technologyreview.com/2015/08/11/166550/the-next-great-gmo-debate/

[159] Friends of the Earth (FOE), "Gene-Silencing Pesticides: Risks and Concerns", (octubre de 2020), https://foe.org/resources/gene-silencing-pesticides-risks-and-concerns/

[160] Leah Shaffner, "Inner Workings: RNA-based pesticides aim to get around resistance problems" *PNAS*, vol. 117 no. 5, (29 de diciembre de 2020), https://www.pnas.org/content/117/52/32823

[161] Shuo Yan, Binyuan Ren, Bo Zeng y Jie Shen, "Improving RNAi efficiency for pest control in crop species," *Biotechniques*, (mayo de 2020), https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7252490/

[162] Leah Shaffner, "Inner Workings: RNA-based pesticides aim to get around resistance problems," *PNAS*, vol. 117 no. 5, (29 de diciembre de 2020), https://www.pnas.org/content/117/52/32823

[163] Shuo Yan, Binyuan Ren, Bo Zeng y Jie Shen, "Improving RNAi efficiency for pest control in crop species," *Biotechniques*, (mayo de 2020), https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7252490/

[164] Greenlight Biosciences, (s. f.), https://www.greenlightbiosciences.com/in-the-pipeline-colorado-potato-beetle/