

Pasándose de listos con la naturaleza

Biología sintética y agricultura
climáticamente inteligente



■■■ HEINRICH
BÖLL
STIFTUNG

www.boell.de

etc GROUP  vigilando al poder
monitoreando la tecnología
fortaleciendo la diversidad

www.etcgroup.org



Grupo ETC

Nuestro trabajo consiste en abordar los factores socioeconómicos y ecológicos en torno a las nuevas tecnologías y sus impactos sobre los pueblos, especialmente los más pobres y vulnerables. Investigamos la erosión ambiental, de culturas y de derechos humanos; el desarrollo de nuevas tecnologías (especialmente agrícolas y otras tecnologías relacionadas con la genómica y la materia); y monitoreamos el comportamiento de los gobiernos, la concentración corporativa y la transferencia de tecnologías. Hacemos trabajo a nivel global y colaboramos con organizaciones de la sociedad civil y movimientos sociales, especialmente en África, Asia y América Latina.

www.etcgroup.org/es

Pasándose de listos con la naturaleza:

biología sintética y agricultura climáticamente inteligente es el Cuaderno No. 114 del Grupo ETC. La investigación es del Grupo ETC, con el apoyo financiero de la Fundación Heinrich Böll.

Diseño y arte por Stig.

Publicado en noviembre de 2015. CC-BY-NC-ND – Attribution– NonCommercial-NoDerivs 3.0

HEINRICH BÖLL STIFTUNG

Promueve la democracia y defiende los derechos humanos; actúa para evitar la destrucción del ecosistema global, impulsa la igualdad entre mujeres y hombres, asegura la paz mediante la prevención de conflictos en zonas en crisis, y defiende la libertad de los individuos contra el poder excesivo de los Estados y la economía. Estos son los objetivos que mueven las ideas y acciones de la Fundación Heinrich Böll.

Mantenemos vínculos cercanos con el Partido Verde Alemán (Alianza 90 / Los Verdes) y como *think tank* para proyectos y visiones ecológicas. Somos parte de una red internacional que integra más de 100 aliados en 60 países. La Fundación Heinrich Böll trabaja independientemente y promueve un espíritu de apertura intelectual. Mantenemos una red mundial con 32 oficinas internacionales. Cooperamos de cerca con las 16 oficinas de la Fundación en cada uno de los estados federales de Alemania y apoyamos estudiantes, comprometidos social y políticamente, en Alemania y en otros países. Con enorme entusiasmo exhortamos a los ciudadanos a involucrarse en políticas y queremos inspirar a otros aliados a hacer lo mismo.

www.boell.de/en



Resumen

Asunto

Muchas de las más grandes corporaciones de agronegocios anuncian su compromiso con la “agricultura climáticamente inteligente” (ACI), propuesta central de la nueva Alianza Global para la Agricultura Climáticamente Inteligente (GACSA, por sus siglas en inglés) y también del mucho más viejo Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sustentable. Como muchos activistas, las empresas también se están preparando para ir a París a tiempo para la conferencia internacional del clima este diciembre (CMNUCC-COP 21),¹ ondeando sus banderas de astucia climática. Aunque por el momento nadie lo percibe, los promotores del sector público y privado de la “agricultura climáticamente inteligente” están incorporando herramientas y procesos de biología sintética y los presentan como la tecnología más novedosa, que lo cambiará todo, para enfrentar el cambio climático. Si logran imponerse en París, la industria insistirá en que los cultivos de diseño y los organismos hechos en laboratorio con biología sintética constituyen estrategias esenciales de adaptación y mitigación para enfrentar la crisis climática.

Las compañías de agroquímicos y semillas más grandes del mundo, investigadores del sector público y nuevas empresas de biotecnología están incorporando aceleradamente la biología sintética en su perfil de investigación y desarrollo.

Este informe examina brevemente la investigación y desarrollo relacionados con la agricultura, que incluyen microorganismos producidos o alterados mediante biología sintética, así como cultivos que se están desarrollando en nombre de la mitigación y adaptación al cambio climático, lo que incluye enfoques de alta tecnología para potenciar la fotosíntesis (por ejemplo procesos que regulan la fijación del nitrógeno y la tolerancia al estrés ambiental). Examinamos el trabajo de un equipo de investigación que busca activar la tolerancia a la sequía en cultivos a partir de la aplicación de químicos patentados. También revisamos cómo los biólogos en esta corriente están planeando usar los controvertidos “conductores genéticos” para aumentar la susceptibilidad de las hierbas invasoras a los plaguicidas.

Actores

La Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) comenzó a hablar de la agricultura climáticamente inteligente en 2009, como una forma de incorporar la agricultura – y su importancia en la mitigación, adaptación y seguridad alimentaria – en las negociaciones del clima.² Siguió con dos conferencias de la FAO dedicadas a la agricultura climáticamente inteligente, en 2010 y 2012. En 2014 se lanza formalmente la Alianza Global para la Agricultura Climáticamente Inteligente.

¹ Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, 21 Conferencia de las Partes, 30 de noviembre al 11 de diciembre de 2015.

² Ver comunicado de prensa de la FAO, “Promover una agricultura respetuosa con el clima” (09 de noviembre de 2009). Cuando se presentó su informe *Food Security and Agricultural Mitigation in Developing Countries: Options for Capturing Synergies*, en las pláticas de Barcelona: <http://www.fao.org/news/story/en/item/36894/icode/>.

Su membresía incluye hoy 22 gobiernos nacionales, poderosos grupos de cabildeo de las transnacionales de agronegocios (la mayoría representando a la industria de los fertilizantes³), la red mundial más grande de investigadores agrícolas públicos el — Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional (CGIAR)—, universidades y organizaciones no gubernamentales. La agricultura climáticamente inteligente también es promovida por el Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sustentable a través de su Iniciativa para Tecnologías Bajas en Carbono, (Low Carbon Technology Partnership Initiative), que espera influir en las negociaciones del clima en París y más allá.

Políticas

Más de 350 organizaciones de todo el mundo (que incluyen movimientos sociales, organizaciones de campesinos y agricultores, comunidades de fe) urgen a los negociadores en París a rechazar la “marca” *climáticamente inteligente* y a esta Alianza Global. La coalición advierte que la ACI “no incluye ningún criterio para definir qué puede o no puede llamarse climáticamente inteligente.”

Más de 350 organizaciones de todo el mundo (que incluyen movimientos sociales, organizaciones de campesinos y agricultores, comunidades de fe) urgen a los negociadores en París a rechazar la “marca” climáticamente inteligente y a esta Alianza Global.

Las corporaciones de agronegocios y sus agrotóxicos y fertilizantes sintéticos, la producción industrial de carne y la agricultura industrial y a gran escala -todo lo cual se ha reconocido que contribuye al cambio climático y erosiona la resiliencia de los sistemas campesinos agrícolas- pueden llamarse a sí mismos (y lo hacen) “climáticamente inteligentes.”⁴ El peligro inmediato es que los cabildeos de esas industrias logren que los negociadores de los gobiernos respalden la agricultura climáticamente inteligente en la COP 21 y que desvíen incluso recursos del Fondo Verde de la Convención hacia proyectos falaces que distraen de las verdaderas soluciones para enfrentar al cambio

climático y construir mayor resiliencia en la agricultura y las comunidades. (El Fondo Verde para el Clima es un mecanismo de financiamiento de la Convención para desarrollar proyectos de mitigación y adaptación, incluyendo la agricultura, en los países en desarrollo⁵).

Los gobiernos reunidos en París deben rechazar la agricultura “climáticamente inteligente” y en su lugar promover estrategias para la resiliencia basadas en la agricultura ecológica y campesina. Las estrategias que proponen las y los campesinos para enfrentar el cambio climático y para adaptación se deben reconocer, fortalecer y apoyar, con la participación directa de las propias comunidades agrarias.

3 Según GRAIN y CIDSE: 60% de los miembros del sector privado de la Alianza representan a la industria de los fertilizantes. Ver: GRAIN, “Las Exxon de la agricultura,” septiembre de 2015: <https://www.grain.org/article/entries/5276-las-exxons-de-la-agricultura>. También: CIDSE, “Climate-smart revolution ... or green washing 2.0?,” mayo de 2015: <http://www.cidse.org/publications/just-food/foodand-climate/climate-smart-revolution-or-a-new-era-of-green-washing-2.html>.

4 Para leer la declaración completa del Comité sobre Seguridad Alimentaria, ver: <http://www.cidse.org/newsroom/civil-societyproposals-to-european-leaders-at-the-eu-celac-summit-1.html>.

5 El consejo directivo, de 24 miembros, toma las decisiones sobre financiamiento con acuerdo a la COP: http://unfccc.int/cooperation_and_support/financial_mechanism/green_climate_fund/items/5869.php.

¿Qué es la biología sintética?

El campo de la biología sintética es aún nebuloso, y los científicos no siempre concuerdan en cuál es el punto en que la ingeniería genética “clásica” cruza la línea hacia la biología sintética. En su forma más simple, la ingeniería genética incluye el cortar material genético de un organismo y pegárselo a otro.

La biología sintética, modelada en los campos de la ingeniería mecánica y electrónica, típicamente incluye el ensamblaje de componentes biológicos estándar y reusables, lo que le brinda flexibilidad para moverse más allá de lo que existe en la naturaleza. El desplome de los costos de síntesis de ADN, la edición de genomas, las herramientas modulares de ensamblaje y la cada vez mayor capacidad de los sistemas de cómputo están propulsando el campo de la biología sintética.

La biología sintética puede diferir de la ingeniería genética convencional en la complejidad de los organismos o sistemas que los investigadores crean o manipulan. En vez de enfocarse en la expresión de genes singulares o componentes genéticos, el trabajo de los biólogos en esta rama puede incluir redes completas de interacciones genéticas, genomas y organismos enteros.⁶

La biología sintética

Apodada “ingeniería genética en esteroides”, se refiere a la ingeniería biológica asistida por computadoras para diseñar y construir nuevas formas de vida sintéticas, partes vivas, artefactos y sistemas que no existen en la naturaleza. El término también se refiere al re-diseño de organismos ya existentes mediante esas mismas técnicas. Los biólogos en este campo intentan convencernos de que es posible un enfoque predictivo de la biología, al usar “partes” que supuestamente están bien caracterizadas y que exhibirán el comportamiento predicho en el organismo de diseño.

Mientras este campo intenta hacer predecible la bioingeniería, hay un trecho muy largo aún para llegar a ese ideal. De hecho, muchos genetistas y microbiólogos (e incluso algunos biólogos sintéticos, de manera privada) argumentan que eso nunca será posible. Los organismos vivos son altamente dependientes del contexto y de las influencias ambientales para funcionar, para su salud y comportamiento; fundamentalmente NO son como las máquinas.⁷

La ingeniería genética de cualquier organismo podría dar lugar a efectos impredecibles e imprevistos, (tal vez no de manera inmediata), y la mayor complejidad de la biología sintética aumentará esos riesgos. Liberar organismos derivados de biología sintética (de manera intencional o no) que se reproducen por sí mismos y se esparcen en la biosfera, incrementa los peligros para las plantas, los animales y los microbios –y para los ecosistemas completos.

Los reguladores están luchando por ponerse al día con este nuevo conjunto de técnicas genéticas y para entender cómo evaluar y controlar los productos derivados de ellos. La Unión Europea y el Convenio sobre Diversidad Biológica están ahora en el proceso de definir formalmente el término “biología sintética.”⁸

6 Comisión Europea, “Ethics of Synthetic Biology,” Grupo Ético sobre la Ciencia y las Nuevas Tecnologías de la Comisión Europea, Opinión No. 25, Bruselas, 17 de noviembre de 2009.

7 Craig Holdredge, “When engineers take hold of life,” en *Context*, The Nature Institute: <http://www.natureinstitute.org/pub/ic/ic32/>.

8 Información sobre el proceso del CBD relacionado con la definición de la biología sintética <https://bch.cbd.int/synbio>.

La biología sintética y la agricultura

Dependiendo del contexto, la biología sintética se promueve como potenciadora de la agricultura o como su sustituta. Los microorganismos de diseño, contenidos en tanques industriales, que producen directamente combustibles, fragancias o sabores, por ejemplo, son vistos como una alternativa “verde” que sin embargo puede promover aún más escasez de tierra arable para cultivos alimentarios. Por otra parte, sus promotores sugieren que la biología sintética podría dar paso a una era de agricultura más eficiente y productiva – una forma de “hacer más con menos.”⁹

A la fecha, la gran mayoría de los “componentes” de la biología sintética se han producido en microorganismos como bacterias.¹⁰ Ahora, a pesar de la enorme complejidad de los genomas de las plantas y las redes de proteínas, los biólogos sintéticos están trabajando para diseñar “funciones predecibles y cuantitativas en las plantas... con rasgos que son nuevos para la evolución y benéficos para la humanidad” – incluyendo los cultivos que pueden resistir mejor el cambio climático.¹¹

En julio de 2015, un consorcio de científicos publicó un estándar común para las partes de ADN en las plantas.¹² La idea es que el estándar facilite la colaboración entre los investigadores (la circulación de las partes creadas) y que establezca “una base para el desarrollo de software y hardware que a su vez apoyará el diseño acelerado y el ensamblaje automatizado” – el primer paso en el desarrollo de un catálogo extensivo de partes de ADN estandarizadas, caracterizadas, para acelerar la bioingeniería de plantas.”¹³

9 Josie Garthwaite, “Beyond GMOs: The Rice of Synthetic Biology,” en *The Atlantic*, 25 de septiembre 2014: <http://www.theatlantic.com/technology/archive/2014/09/beyond-gmos-the-rise-of-synthetic-biology/380770/>.

10 June Medford and Ashok Prasad, “Plant synthetic biology takes root,” en *Science* 346, p. 162, 2014.

11 *Ibid.*

12 Patron, N. J., Orzaez, D., Marillonnet, S., Warzecha, H., Matthewman, et al., “Standards for plant synthetic biology: a common syntax for exchange of DNA parts,” en *New Phytologist*, 208, 2015, pp. 13–19: doi:10.1111/nph.13532.

¿Quién promueve la agenda de la agricultura climáticamente inteligente?

La FAO desarrolló el concepto de la agricultura climáticamente inteligente como una forma para integrar de manera explícita las agendas de la agricultura, la seguridad alimentaria y el cambio climático. Para preparar el campo, un consorcio encabezado por la FAO, el Banco Mundial, el CGIAR y gobiernos aliados (Países Bajos, Noruega, Vietnam, Etiopía, México, Nueva Zelanda) organizaron dos conferencias internacionales en 2010 (en La Haya) y en 2012 (en Hanoi).¹⁴ La Alianza Global para la Agricultura Climáticamente Inteligente (GACSA) fue presentada de manera oficial por el Secretario de Estado y el Secretario de Agricultura del Gobierno de Estados Unidos durante la Cumbre sobre Cambio Climático de 2014 organizada por el Secretario General de Naciones Unidas en Nueva York. Los más de 100 miembros de la GACSA incluyen 22 gobiernos nacionales, grupos de influencia de las agroindustrias, (la mayoría provenientes de la industria de los fertilizantes¹⁵), instituciones internacionales relacionadas con la agricultura (incluyendo el consorcio del CGIAR y la FAO, que alberga la unidad de facilitación de la GACSA), universidades y organizaciones no gubernamentales.

13 Ver <http://openplant.org/blog/2015/07/first-common-standard-for-assembly-of-dna-parts-in-plant-synbio-published/>.

14 Conferencia global sobre agricultura, seguridad alimentaria y cambio climático en La Haya, 2010: <http://www.fao.org/climate-smartagriculture/74789/en/>; 2da Conferencia global sobre agricultura, seguridad alimentaria y cambio climático, 2012: <https://ccafs.cgiar.org/2nd-global-conference-agriculture-food-security-and-climate-change#.Vj0Ko-tFviS>.

15 Según: GRAIN, 60% de los miembros del sector privado de la Alianza representan a la industria de los fertilizantes. Ver “Las Exxon de la agricultura,” septiembre de 2015: <https://www.grain.org/article/entries/5276-las-exxons-de-la-agricultura>. También: CIDSE, “Climate-smart revolution ... or green washing 2.0?,” mayo de 2015: <http://www.cidse.org/publications/just-food/food-andclimate/climate-smart-revolution-or-a-new-era-of-green-washing-2.html>.

Estados miembros de GACSA

De los 22 gobiernos nacionales que son miembros de GACSA (al 19 de octubre de 2015), ocho son miembros del G77 y uno (Tanzania) es del grupo de países menos desarrollados (PMD). La lista completa de los gobiernos incluye **Canadá, Costa Rica, Francia, Granada, Irlanda, Italia, Japón, Holanda, Malawi, México, Nigeria, Níger, Noruega, Filipinas, República de Chipre, Sudáfrica, España, Suiza, Tanzania, Reino Unido, Estados Unidos de América y Vietnam.**

Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sustentable (WBCSD)

El WBCSD se sumó a GACSA pero tiene suficiente influencia propia y está muy involucrado en las negociaciones multilaterales desde que logró establecer “que la voz de los negocios se escuchará”¹⁶ durante la cumbre de La Tierra en Río en 1992.¹⁷ Para la Convención sobre el Clima en París “y más allá,”¹⁸ el WBCSD ha articulado dos objetivos muy directos y ambiciosos que espera lograr mediante su Iniciativa para las Tecnologías Bajas en Carbono: 1) Acelerar la difusión de las tecnologías existentes al remover las barreras tecnológicas, de mercado y sociales e introducir los instrumentos necesarios políticos y financieros; 2) Desarrollar asociaciones público-privadas para la investigación, el desarrollo, la demostración y la puesta en operación de nuevas tecnologías con gran potencial de cambio.

16 En el Foro Económico Mundial de 2015, el WBCSD presentó su Comité Político Asesor, sus miembros incluyen el anterior presidente de México Felipe Calderón, Christiana Figueres, entonces Secretaria Ejecutiva de CMNUCC, y el director del PNUMA Achim Steiner.

17 <http://www.wbcsd.org/Pages/EDocument/EDocumentDetails.aspx?ID=16495&NoSearchContextKey=true>.

Las tecnologías – las que existen y las que se desean – son centrales para las propuestas que llevará a París el Consejo Mundial de Negocios, así como la necesidad de remover las barreras y la oposición social con el fin de facilitar la difusión y desarrollo tecnológicos.

La Iniciativa para las Tecnologías Bajas en Carbono del WBCSD se lanzó durante la COP 20 en Lima (en diciembre de 2014), junto con la Agencia Internacional de la Energía y la Red de Soluciones para el Desarrollo Sustentable (SDSN, por sus siglas en inglés). Según el WBCSD, 82 compañías están tomando un papel activo en la preparación de la agenda de negocios para París (y más allá)¹⁹ La “agricultura climáticamente inteligente” es una de las ocho áreas en que se enfoca la Iniciativa para las Tecnologías Bajas en Carbono, otras áreas incluyen a las compañías más de la alimentación y la agricultura.

El programa lo co-preside Monsanto²⁰ y también incluye a Olam, DuPont, Kellogg's, Dow, Walmart, Tyson Foods, PepsiCo, Diageo, Starbucks, Yara, Jain Irrigation, ITC, Uniphos, Coca-Cola y Unilever.

En el trayecto hacia la COP 21 se siente el aumento de la presión sobre los gobiernos para que dejen que la industria defina las estrategias climáticas y controle las emisiones de gases con efecto de invernadero (GEI). En un reporte de noviembre de 2015, Pricewaterhouse Coopers afirma que si se llevaran a cabo las estrategias delineadas por la Iniciativa para las Tecnologías Bajas en Carbono, se podría lograr un 65% del total de recorte de emisiones de GEI que se necesita para evitar que las temperaturas suban más de dos grados.²¹ Tales estrategias incluyen “superar las barreras para el despliegue de las tecnologías que cambiarían las reglas del juego.”

18 WBCSD, “The Road to Paris and beyond,” sin fecha. Ver: <http://www.wbcsd.org/roadtoparis.aspx>.

19 *Ibid.*

20 Ver <http://monsantoblog.com/2015/09/21/from-nyc-to-paris-the-road-to-a-cooler-planet/>.

21 PWC, “Low Carbon Technology Partnerships Initiative: Impact Assessment,” (Iniciativa para las tecnologías bajas en carbono), noviembre de 2015: <http://lctpi.wbcsdserver.org>.

CGIAR

El Grupo Consultivo en Investigación Agrícola Internacional (CGIAR, por sus siglas en inglés), es la red de investigadores agrícolas más grande del mundo (con 15 sedes internacionales) y miembro fundador de la Alianza Global para la Agricultura Climáticamente Inteligente. El programa de investigación del CGIAR sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria es el paraguas bajo el que los científicos del CGIAR investigan y promueven la agricultura climáticamente inteligente entre los investigadores agrícolas en el sur global.

Según la Alianza Global, *Revolución Verde 2.0* y *Economía Verde* pueden ser sinónimos de climáticamente inteligente. Las fronteras entre esos conceptos son muy borrosas. Si bien los términos no son necesariamente intercambiables, se relacionan algunas veces implícita o explícitamente. Los tres términos aspiran a participar en el desarrollo sustentable. El manual de agricultura climáticamente inteligente de la FAO, de más de 500 páginas, explica: la ACI comparte con el desarrollo sustentable y con la economía verde objetivos y principios... tiene vínculos cercanos con el concepto de la intensificación sostenible, desarrollado a profundidad por la FAO para la producción de cultivos.²² Los documentos del CGIAR generalmente vinculan la Revolución Verde 2.0 con la ACI.²³

El gran paraguas de la ACI

Ninguno de los promotores de la Agricultura Climáticamente Inteligente (ACI) define las técnicas específicas involucradas. La FAO dice que “no se refiere a un nuevo sistema agrícola, ni es un conjunto de prácticas.”²⁴ Desafortunadamente, la falta de definición es precisamente el problema: permitir que el concepto sea cooptado por algunas de las industrias más grandes que han provocado el cambio climático: si cada práctica agrícola y cada agronegocio son “inteligentes” según la Alianza Global para la ACI, entonces incluso los más intensivos en carbono y los más derrochadores de recursos calificarán. El rechazo tajante de la agricultura “inteligente” por la gran mayoría de organizaciones de la sociedad civil que debaten en la arena del clima²⁵ es una crítica radical al concepto precisamente porque está sirviendo para incluir prácticas nocivas, antidemocráticas, nada transparentes, supuestamente porque comparten la inteligencia necesaria para salvar al clima.

22 FAO, *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*, 2013, pp. 27-29.

23 Por ejemplo, Leslie Reyes, “Unleashing the Rice Market,” en *Rice Today*, Enero – Marzo de 2015, pp. 36-39.

24 FAO, *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*, 2013, pp. 27.

25 Para consultar el texto completo del Comité sobre Seguridad Alimentaria: <http://www.cidse.org/newsroom/civil-society-proposals-to-european-leaders-at-the-eu-celac-summit-1.html>.

Biólogos sintéticos: hackers de la fotosíntesis

Los promotores de la biología sintética usan una narrativa similar para justificar sus investigaciones: la población mundial sigue aumentando y los rendimientos de los cultivos llegaron a un tope.²⁶ Dadas las crecientes demandas de alimentos y combustibles ante el problema del cambio climático, debemos encontrar una forma de aumentar los rendimientos. Para los entusiastas de la biología sintética “la ruta clave que nos queda para aumentar el potencial genético de nuestros cultivos más importantes”²⁷ es la mejora de la fotosíntesis – el complejo proceso biomolecular con que las plantas convierten la luz del sol en energía química mientras desechan oxígeno. A la vista de los biólogos sintéticos, la fotosíntesis “se ha mejorado muy poco en los cultivos y está muy por detrás de sus límites biológicos...”²⁸ En otras palabras, debido a que la fotosíntesis es tan ineficiente como proceso natural, la biología sintética ofrece las herramientas para mejorarla en beneficio de la humanidad.²⁹

El imperativo técnico de la biología sintética no considera el hecho contundente de que el rendimiento “menos óptimo” de los cultivos no es la razón de que haya hambre en el mundo.³⁰ En vez de enfrentar las realidades que llevan a la inequidad y al consumo excesivo (por ejemplo de carne y combustibles), hackear la fotosíntesis y crear plantas y microorganismos “turbocargados”³¹ es el objetivo principal de la investigación y las inversiones en biología sintética, que van desde proyectos de investigación agrícola en gran escala, consorcios de laboratorios en las universidades y en las grandes corporaciones de la agricultura, hasta pequeñas empresas que inician en el ramo.

26 Christine A. Raines, “Increasing Photosynthetic Carbon Assimilation in C3 Plants to Improve Crop Yield: Current and Future Strategies,” en *Plant Physiology*, Vol. 155, No. 1, enero de 2011, pp. 36–42.

27 Stephen P. Long et al. (abstract), “Meeting the Global Food Demand of the Future by Engineering Crop Photosynthesis and Yield Potential,” en *Cell*, Vol. 161, Issue 1, 26 marzo de 2015, pp. 56-66.

28 *Ibid.*

¿Qué es la fotosíntesis?

Es el proceso mediante el que las plantas, las algas y cianobacterias (organismos acuáticos frecuentemente llamados “algas verdeazuladas”) convierten la luz del sol en energía química al tiempo que desechan oxígeno. La energía química se almacena como moléculas de carbohidratos (azúcares) que son alimento para animales, incluyendo los humanos y el ganado. Sin fotosíntesis, tanto la comida como el oxígeno desaparecerían de La Tierra. Si bien parecería “difícil encontrar una falla en un proceso que puede crear alimento con la luz del sol, el agua y el aire,”³² algunos tecnólogos argumentan abiertamente que “muchas plantas tienen posibilidades de ser mejoradas.”³³

La capacidad para manipular la fotosíntesis implica el control de todo lo que determina cómo una planta sobrevive y se adapta: qué tan eficientemente usa el agua y los nutrientes para crecer y producir la biomasa que usamos como alimento, fibra y combustible; qué tan eficientemente fija el dióxido de carbono (CO₂) y libera oxígeno.

29 Christine A. Raines, “Increasing Photosynthetic Carbon Assimilation in C3 Plants to Improve Crop Yield: Current and Future Strategies,” en *Plant Physiology*, Vol. 155, Issue 1, enero de 2011, pp. 36–42.

30 Ver Mark Bittman, “How to Feed the World,” en *New York Times*, 14 de octubre de 2013; también ETC Group, ¿Quién nos alimentará?, septiembre de 2013: <http://www.etcgroup.org/es/content/quien-nos-alimentará>

31 Heidi Ledford, “Hacked photosynthesis could boost crop yields,” en *Nature News*, 17 de septiembre 2014: <http://www.nature.com/news/hacked-photosynthesis-could-boost-crop-yields-1.15949>.

32 *Ibid.*

33 *Ibid.*

La Revolución Verde de la década de los sesenta, que hoy se ve en retrospectiva como un intento rudimentario e indirecto para incrementar la fotosíntesis – al aumentar los insumos químicos (fertilizantes, pesticidas) – está cediendo su lugar a la Revolución Verde 2.0.³⁴ Al aplicar técnicas de ingeniería metabólica y multi genómica (biología sintética), el objetivo es “rediseñar” plantas, algas y bacterias para que produzcan en abundancia, comida, combustibles y otros productos de base biológica.

“La próxima revolución verde recargará las herramientas de la antigüa.”

– Robert Fraley, jefe del área tecnológica de Monsanto³⁵

Organismos C3 y C4 ¿O totalmente diferentes?

Un ejemplo de investigación puramente teórica de alto perfil³⁶ ocurre en uno de los buques insignia de la primera Revolución Verde, el Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI, por sus siglas en inglés), en Los Baños, Filipinas, uno de los 15 centros de investigación agrícola internacionales que integran el CGIAR. El proyecto Arroz C4, que arrancó en 2008 con un financiamiento de la Fundación Bill y Melinda Gates de \$11.1 millones de dólares, incluye un consorcio de científicos de Europa, América del Norte y Asia. El Arroz C4, considerado en 2015 uno de los avances tecnológicos más trascendentes por el *Technology Review*³⁷ del Instituto Tecnológico de Massachusetts, se refiere al arroz genéticamente diseñado para exhibir rutas de fotosíntesis “más eficientes”, características de plantas como el maíz y la caña de azúcar.

El arroz se clasifica entre los organismos C3 con base en la forma en que convierte el CO₂ en carbohidratos. Al convertirse en una planta C4, se espera que ese arroz sea más rápido en la fijación del dióxido de carbono, lo que resultaría en una mayor eficiencia en el aprovechamiento del agua y el uso del nitrógeno, así como mejor adaptación a climas más calurosos y secos. Se esperan consecuentes aumentos en su rendimiento, entre el 30% y 50%. Sin embargo, los investigadores consideran que pasarán unos 10 años antes de contar con un arroz C4 viable, pero el director general del IRRI considera que es ya parte de una “Revolución Verde 3.0”³⁸

Como el arroz fue uno de los primeros cultivos cuyo genoma fue secuenciado, se cuenta con montones de datos biológicos para procesarse, relacionados con su genoma (ADN), su proteoma (proteínas), su metaboloma (pequeños subproductos metabólicos) y sus transcriptomas (moléculas mensajeras de RNA expresadas por sus genes). Algunos investigadores consideran el arroz “un cultivo ideal” para practicar la ingeniería C4 usando la biología en sistemas y la biología sintética, abriendo el camino al trigo C4, algodón C4 y los árboles C4.³⁹ (Cuatro de los autores que contribuyeron al *Estándar de biología sintética para el intercambio de partes de ADN para la bioingeniería*, recientemente publicado, son investigadores principales del proyecto Arroz C4).⁴⁰

34 Walter Leal Filho, Franziska Mannke, Romeela Mohee, et al; (eds.), *Climate-Smart Technologies: Integrating Renewable Energy and Energy Efficiency in Mitigation and Adaptation Responses*, Berlin and Heidelberg: Springer-Verlag, 2013, p. 252.

35 Fraley citado en Tim Folger, “The Next Green Revolution,” en *National Geographic Magazine*, octubre de 2014: <http://www.nationalgeographic.com/foodfeatures/green-revolution/>.

36 Leigh Dayton, “Agribiotechnology: Blue-sky rice,” en *Nature* 514, 30 de octubre de 2014, pp. S52-S54.

37 Kevin Bullis, “Supercharged Photosynthesis,” en *Technology Review*, febrero de 2015: <http://www.technologyreview.com/featuredstory/535011/super-charged-photosynthesis/>.

38 Robert S. Zeigler, “High science and smart policies will alleviate hunger and poverty,” 5 junio de 2015: <http://irri.org/blogs/bobs-blog/high-science-and-smart-policies-will-alleviate-hunger-and-poverty>.

39 Xin-Guang Zhu, Lanlan Shan, Yu Wang and William Paul Quick, “C4 Rice – an Ideal Arena for Systems Biology Research,” en *Journal of Integrative Plant Biology*, Vol. 52, Núm. 8, 2010, pp. 762–770.

40 Patron, N. J. et al., “Standards for plant synthetic biology: a common syntax for exchange of DNA parts,” en *New Phytologist*, 208, 2015, pp. 13–19: doi:10.1111/nph.13532.

La Unión Europea financia actualmente con €6.8 millones su propio consorcio de investigadores del sector público y privado para construir la fotosíntesis C4 en cultivos C3; muchos de ellos también son parte del proyecto Arroz C4. El proyecto de colaboración, conocido como “3to4” (de 3 a 4) tiene financiamiento por lo pronto hasta finales de 2016. Mientras los investigadores se enfocan inicialmente en el arroz y la *Arabidopsis* como cultivos modelo, “avizoran la veloz transferencia de avances tecnológicos hacia los principales cultivos de la Unión Europea, como el trigo y la canola.”⁴¹ Los miembros del consorcio del sector privado incluyen Bayer Crop Science y Chemtex Italia (ahora Biochemtex).⁴²

Mejorar la fotosíntesis al convertir las plantas C3 en plantas C4 es un proyecto muy riesgoso de alta tecnología. Los críticos de este enfoque, como Norman Uphoff, de la Cornell University, argumentan contra la mera premisa de que el arroz “haya llegado a un límite en su rendimiento”. Uphoff dirigió un método de cultivo basado en agroecología conocido como el Sistema de Intensificación del Arroz. Recientemente publicó información en la que demuestra que un cambio en las prácticas agrícolas – como dejar espacios más amplios entre las plantas con mayor circulación de aire en los suelos – puede incrementar drásticamente los rendimientos del arroz más allá de lo que se hubo pensado posible y sin aumentar la dependencia de los insumos químicos.⁴³ Otros han cuestionado la pertinencia de promover el arroz como alimento de primera necesidad⁴⁴ en una era de cambio climático.

En vez de enfrentar las realidades que llevan a la inequidad y al consumo excesivo (por ejemplo de carne y combustibles), hackear la fotosíntesis y crear plantas y microorganismos “turbocargados” es el objetivo principal de la investigación en biología sintética.

Otro crítico del Proyecto Arroz C4, Jill E. Gready, Profesor Investigador en la Universidad Nacional de Australia, argumenta: “La *promoción pública* de soluciones de muy alta tecnología para la mejora de la fotosíntesis con probabilidades muy altas de falla, junto con un espectro amplio de tiempo para evaluar sus posibilidades de éxito (unos 25 años); el alto costo de la investigación, comparado con los niveles generalmente bajos de inversión en el desarrollo de cultivos... implican un riesgo de alto nivel para la seguridad alimentaria en la medida en que todo ello brinda falsa confianza en que se está atendiendo el problema, y al desviar recursos, lleva a una pérdida de oportunidades en investigación y desarrollo con mayores probabilidades de éxito e impacto”⁴⁵ (énfasis en el original).

Microbios fotosintéticos: ¿El nuevo Photoshop?

En vez de confiar en el proceso natural de los organismos C4 para maximizar la fotosíntesis, algunos biólogos sintéticos se enfocan en diseñar rutas de fijación del carbono totalmente nuevas y más veloces. Si bien éstas podrían teóricamente diseñarse en ciertas plantas y algas, el enfoque de moda es poderlas diseñar en microorganismos que no son naturalmente fotosintéticos.

41 Ver http://cordis.europa.eu/project/rcn/101753_en.html.

42 Según el sitio web de CORDIS, Bayer Crop Science recibe 19,200 euros y Biochemtex recibe 14,400.

43 Norman Uphoff, “Rethinking the concept of ‘yield ceiling’ for rice: implications of the System of Rice Intensification (SRI) for agricultural science and practice,” en *Journal of Crop and Weed*, Vol. 9, Num. 1, 2013, pp. 1-19.

44 Jill E. Gready, “Best-fit options of crop staples for food security: productivity, nutrition and sustainability,” en Raghendra Jha, Raghav Gaiha and Anil B. Deolalikar, (eds.), *Handbook on Food: Demand, Supply, Sustainability and Security*, Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA: Edward Elgar Publishing, 2015, p. 406.

45 *Ibid.*, p. 417.

Arren Bar-Even y sus colegas en el Instituto Weizmann de Israel usaron modelaje computacional para proyectar las 5 mil enzimas metabólicas conocidas que existen naturalmente, con el fin de identificar aquellas que son las más eficientes en la fijación del carbono.⁴⁶ Con base en sus análisis de computadora, propusieron una “familia” de rutas sintéticas que serían dos o tres veces más activas que las rutas que existen en la naturaleza, pero reconocen la dificultad de asimilarlas en una célula huésped. Estos investigadores describen la transformación como un “trasplante de corazón metabólico” – que bien podría ser rechazado por la célula huésped.⁴⁷ Sin embargo, la Yeda Research and Development Co., el brazo comercial de transferencia de tecnología del Instituto Weizmann, solicitó patentes sobre el más rápido “sistema de fijación del carbono” y sobre una bacteria *E. coli* diseñada para expresar enzimas fotosintéticas.⁴⁸

Joule Unlimited es una empresa nueva, privada, con sede en Estados Unidos, que asegura estar “reproduciendo la fotosíntesis en escala industrial”⁵⁰. Su objetivo no es producir comida, sino combustibles y químicos industriales. Con docenas de patentes en su poder y casi cien solicitudes pendientes, Joule demanda propiedad intelectual sobre todo el universo de procesos, herramientas y productos de la fotosíntesis basada en microbios.

“En vez de investigar por qué las rutas metabólicas existentes evolucionaron de la manera en que lo hicieron, nuestro objetivo es aprovechar el repertorio de enzimas conocidas para diseñar mejores rutas para satisfacer necesidades humanas.”

–Arren Bar-Even y colegas,
Instituto Weizmann,
Israel⁴⁹

La compañía está desarrollando “bacterias para productos específicos” que pueden inyectarse, junto con agua (no potable) y “micronutrientes”⁵¹ en fermentadores modulares transparentes, tubulares, ensamblados sobre terrenos planos “estériles”. El CO₂ de desecho (efluentes industriales de, por ejemplo, una fábrica de cemento o una cervecería) sería capturado, entubado y bombeado hacia los módulos.

La luz del sol detonaría la fotosíntesis para que se produjeran directamente combustibles o químicos. Según Joule, la instalación comercial en gran escala para estos procedimientos, que incluso ya nombran “complejo de conversión solar” (SolarConverter array) abarcaría 10 mil acres (o 4,047 hectáreas). Si bien podría ser todo un reto encontrar tierra “estéril” equivalente a unos 12 Central Parks de Nueva York, que además tenga cerca fuentes de agua y un complejo industrial que emita grandes cantidades de CO₂, Joule asegura haber identificado más de mil lugares como esos en todo el mundo.⁵² Esta empresa del sector privado ya reunió financiamiento por más de \$200 millones de dólares y espera lanzarse a nivel comercial para el 2017.

46 Arren Bar-Even, Elad Noor, Nathan E. Lewis y Ron Milo, “Design and analysis of synthetic carbon fixation pathways,” en *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 107, No. 19, pp. 8889-8894.

47 *Ibid.*

48 WIPO (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual) WO2011099006A3 (corresponde a la solicitud US 20120301947 A1), publicada el 29 November 2012, “Enzymatic systems for carbon fixation and methods of generating same,” otorgada a Yeda Research and Development Co. Ltd.

49 Arren Bar-Even, Elad Noor, Nathan E. Lewis y Ron Milo, “Design and analysis of synthetic carbon fixation pathways,” en *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 107, No. 19, pp. 8889-8894.

50 Vice Presidente Ejecutivo para el Desarrollo Corporativo de Joule, Tom Jensen, citado por Laura Hepler, “Joule raises \$40 million to rev up alt-fuel industry,” en *GreenBiz*, 11 de mayo de 2015: <http://www.greenbiz.com/article/joule-unlimited-40-million-funding-alternative-fuel-industry>.

51 Información del sitio web de Joule: <http://www.jouleunlimited.com/how-it-works>.

52 Información del sitio web de Joule: <http://www.jouleunlimited.com/joule-plants-heading-scale>

Metabolismos microbianos de diseño

Los consorcios internacionales de investigación y las pequeñas nuevas empresas no son las únicas comprometidas en tratar de potenciar la fotosíntesis. Además de investigar la ingeniería de rutas de alta tecnología (ver adelante), las empresas agrícolas más grandes del mundo están invirtiendo en el desarrollo y comercialización de “metabolismos microbianos” que puedan adherirse a las semillas y los suelos con el fin de aumentar los rendimientos de los cultivos y la resistencia a las plagas. Los microbianos no son nuevos: por ejemplo los *Bacillus thuringiensis* o Bt, son bacterias que se han usado como plaguicidas por más de medio siglo. Pero ahora, las compañías están aprovechando los avances en el secuenciamiento del genoma y la bioinformática para identificar otros microbios aparentemente benéficos así como comunidades de microbios trabajando juntos como “consorcios funcionales”.⁵³

Las tecnologías de fermentación mejoradas con técnicas de biología sintética están permitiendo que las compañías incorporen rápidamente metabolismos microbianos a los productos que ofrecen, como un “complemento”⁵⁴ de los agroquímicos, sostenible y amigable con el ambiente.

Monsanto tomó el riesgo a principios de 2013, cuando anunció que había logrado un acuerdo de 5 años para investigación y desarrollo con Synthetic Genomics, Inc., la entonces flamante empresa de Craig Venter, y adquirió algunos “activos de tecnología” de Agradis Inc., también propiedad de Venter, incluyendo su colección de microbios asociados a plantas y procesos de detección.⁵⁵ Al final de 2013, Monsanto anunció una colaboración con el productor de enzimas más grande del mundo, Novozymes, con sede en Dinamarca, para comercializar metabolismos microbianos para la

agricultura. La recién integrada BioAg Alliance presume de pruebas de campo

en una escala sin precedentes: durante 2014 cientos de cepas microbianas se probaron en 170 mil parcelas a lo largo de 70 locaciones distintas en Estados Unidos. Esperan duplicar el número de parcelas para el fin de 2015.⁵⁶ No hay que dejar de

prestar atención al hecho de que DuPont adquirió Taxon Biosciences, una productora industrial de

metabolismos microbianos, en abril de 2015;⁵⁷

y en octubre de este mismo año, DowAgrosciences anunció una colaboración con Synthace, Ltd, que se describe como la primera compañía de biología sintética con una plataforma mundial líder en tecnologías para la ingeniería y veloz optimización de novedosos sistemas de producción biológica.⁵⁸ Su colaboración con Dow apunta a “apoyar el desarrollo de cepas superiores de producción microbiana” para potenciar los rendimientos y proteger contra plagas.⁵⁹

*La recién integrada BioAg Alliance presume de pruebas de campo en una escala sin precedentes: durante 2014 cientos de cepas microbianas se probaron en 170 mil parcelas a lo largo de 70 locaciones distintas en Estados Unidos. Esperan duplicar el número de parcelas para el fin de 2015.*⁵⁶

53 Ver <http://www.taxon.com/technology-platform.php#syntheticconsortia>.

54 Ver <http://www.monsanto.com/products/pages/agricultural-biologicals.aspx>.

55 Ver <http://www.syntheticgenomics.com/300113.html>.

56 Ver <http://www.novozymes.com/en/about-us/brochures/Documents/BioAg-Alliance-factsheet.pdf>.

57 Ver <http://www.dupont.com/corporate-functions/media-center/press-releases/dupont-acquires-taxon-biosciences.html>.

58 Ver <http://newsroom.dowagro.com/press-release/dow-agrosciences-synthace-research-collaboration-accelerate-productdevelopment-using->

59 *Ibid.*

Fijación de nitrógeno por diseño: cultivos auto-fertilizantes

Antecedentes

La ingeniería de plantas “auto-fertilizantes” ha sido uno de los objetivos no consolidados de la biotecnología agrícola por décadas. Actualmente, un equipo de biólogos sintéticos en Estados Unidos y Reino Unido intentan diseñar cultivos que puedan fijar su propio nitrógeno y reducir la necesidad de fertilizantes químicos que son costosos, contaminantes y generadores de gases con efecto de invernadero.

Globalmente, unas dos terceras partes de los fertilizantes de nitrógeno que se aplican al trigo, al arroz y al maíz se desperdician, ya sea como óxidos nitrosos (gases que destruyen la capa de ozono, que tienen un poder de retención del calor 300 veces más que el dióxido de carbono), o en la forma de nitratos contaminantes que se filtran hacia los ambientes marinos y las corrientes de agua dulce.⁶¹ La agricultura da cuenta a de aproximadamente el 80% de las emisiones de óxido nitroso ocasionadas por la actividad humana en todo el mundo, principalmente debido al uso excesivo de los fertilizantes químicos.

“La agricultura se revolucionará si las plantas pueden modificarse para que fijen su propio nitrógeno, lo cual la liberaría de los fertilizantes sintéticos y en gran medida la independizaría de la industria de los combustibles fósiles.”

- Documento de la OCDE, *Emerging Policy Issues in Synthetic Biology*, 2014⁶⁰

La ingeniería de fijación del nitrógeno en plantas es un objetivo extremadamente complejo, requiere de un conjunto de constructos multi-genéticos y rutas metabólicas.

Aunque el nitrógeno se encuentra a plenitud en la atmósfera, debe “fijarse” o convertirse en compuestos que lo hagan accesible a las plantas. Algunas especies como las legumbres (frijoles, chícharos, cultivos forrajeros, etc.) cuentan con la capacidad de fijar el nitrógeno debido a pequeños nódulos que tienen en sus raíces, que establecen una relación simbiótica con las bacterias rizobianas que habitan en los suelos. Esas bacterias “fijan” el nitrógeno atmosférico en el suelo para que las legumbres lo consuman, a cambio, la planta “alimenta” a la bacteria. En síntesis, las cubiertas vegetales en base a legumbres pueden fertilizar el suelo de forma natural (se les conoce como abonos verdes), sin químicos, cuando se prepara la tierra para el próximo cultivo.

¿Biología sintética al rescate?

La ingeniería de fijación del nitrógeno en plantas es un objetivo extremadamente complejo, requiere de un conjunto de constructos multi-genéticos y rutas metabólicas. Sin embargo, con el costo de la síntesis genética abaratándose rápidamente y los avances en ensamblaje de ADN molecular, los investigadores aseguran que “las tareas de ensamblaje de ADN necesarias para probar grandes cantidades de constructos de genes sintéticos resultan triviales hoy en día...”⁶²

60 OCDE, “Synthetic biology: A new and promising technology,” en OECD, *Emerging Policy Issues in Synthetic Biology*, Publicado por la OCDE, Paris, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208421-4-en>.

61 Christian Rogers y Giles Oldroyd, “Synthetic biology approaches to engineering the nitrogen symbiosis in cereals,” en *Journal of Experimental Botany*, 2014: <http://jxb.oxfordjournals.org/content/early/2014/03/28/jxb.eru098.full>.

62 *Ibid.*

Los equipos de investigación están empeñados en una diversidad de estrategias para la ingeniería de fijación del nitrógeno en plantas. Por ejemplo:

Trasplante de la fijación del nitrógeno

Con financiamiento de la Fundación Nacional para la Ciencia de Estados Unidos, un equipo de científicos de la Universidad de St. Louis en Washington intenta trasplantar el sistema de fijación del nitrógeno de una especie de bacteria (la cianobacteria, conocida como “verdeazulada”) hacia otra bacteria que no tiene la capacidad de fijar el nitrógeno. Lo está haciendo con herramientas de biología sintética. El objetivo final es transferir la maquinaria molecular de fijación del nitrógeno – que incluye unos 30 genes – hacia células vegetales para que adquieran esa capacidad.⁶³ La hazaña es muy compleja porque la fotosíntesis y la fijación del nitrógeno son procesos normalmente incompatibles dentro de las células vegetales, debido a que el oxígeno producido durante la fotosíntesis es tóxico para la nitrogenasa – la enzima necesaria para fijar el nitrógeno.

Construcción desde cero

Otro equipo de biólogos sintéticos ya logró construir un módulo biológico desde cero, que desempeña (al menos parcialmente) la función de fijación del nitrógeno en una bacteria huésped.⁶⁴ Científicos de la Universidad de California en Berkeley y en el Tecnológico de Massachusetts sustrajeron y reemplazaron el cúmulo “nativo” de 20 genes de fijación del nitrógeno de la bacteria *Klebsiella oxytoca*.⁶⁵

63 Diana Lutz, “Creating plants that make their own fertilizer,” Boletín de prensa de la Washington University en St. Louis, 22 de agosto de 2013: <http://news.wustl.edu/news/Pages/25585.aspx>.

64 Karsten Temme, Dehua Zhao y Christopher Voight, “Restoring the nitrogen fixation gene cluster from *Klebsiella oxytoca*,” *PNAS*, mayo 2, 2012, Vol. 109, No. 18.

65 Andrew Jermy, “We Can Rebuild You,” *Nature Review Microbiology*, Vol. 10, junio de 2012.

Utilizando como chasis la bacteria “vacuada”, reemplazaron la maquinaria de fijación del nitrógeno con componentes genéticos sintéticos fabricados totalmente desde cero.⁶⁶ El objetivo final es transferir la célula huésped y con ella dotar a las plantas de una función de fijación de nitrógeno totalmente nueva.

Diseñando la simbiosis del nitrógeno para África

Con financiamiento de la fundación Bill & Melinda Gates, biólogos en sistemas en el John Innes Centre del Reino Unido buscan reconstruir en cereales la capacidad de fijación del nitrógeno de las legumbres para “aumentar de manera significativa los rendimientos de los sistemas agrícolas de bajos insumos de África subsahariana.”⁶⁷ Como primer paso, los investigadores se enfocan en la ingeniería de simbiosis del nitrógeno en las raíces de los cereales, activando las señales y “la maquinaria” en la ruta de los plásmidos SYM (la vía de señalización de simbiosis en las plantas que permite el reconocimiento de las bacterias que fijan el nitrógeno). En una publicación en la que se describe ese trabajo, los investigadores explican que la meta de transportar la simbiosis de la legumbre a los cereales es menos adecuada para la agricultura de altos insumos en el mundo desarrollado, porque las crecientes demandas de fijación del nitrógeno exigirían más a la maquinaria fotosintética de la planta y finalmente redundaría en menores rendimientos. Sin embargo argumentan que incluso niveles bajos de fijación del nitrógeno “podrían transformar los rendimientos de los cultivos en el mundo en desarrollo” donde los nutrientes de las plantas son escasos.⁶⁸

66 Karsten Temme, Dehua Zhao y Christopher Voight, “Restoring the nitrogen fixation gene cluster from *Klebsiella oxytoca*,” *PNAS*, mayo 2, 2012, Vol. 109, No. 18.

67 Christian Rogers y Giles Oldroyd, “Synthetic biology approaches to engineering the nitrogen symbiosis in cereals,” *Journal of Experimental Botany*, 2014: <http://jxb.oxfordjournals.org/content/early/2014/03/28/jxb.eru098.full>.

68 *Ibid.*

No se necesitan intervenciones riesgosas de alta tecnología, para limitar la producción y uso de los fertilizantes químicos, que son contribuyentes mayores de las emisiones de GEI que están destruyendo el clima. Las emisiones de GEI per cápita relacionadas con la agricultura son sustancialmente mayores en los países desarrollados que en los países en desarrollo. Los críticos de la “agricultura climáticamente inteligente” señalan que la agenda de ésta amenaza cambiar el foco de la mitigación, del norte industrial al sur global, donde habitan los más vulnerables al cambio climático y los menos responsables de las emisiones de gases con efecto de invernadero.⁶⁹

Los esfuerzos de alta tecnología para transferir genes de fijación del nitrógeno a los cereales de África es una estrategia muy riesgosa, no probada, que ignora las prácticas que fortalecen la resiliencia de los sistemas agrícolas de bajos insumos, ecológicos, así como la necesidad de nutrientes vegetales bien balanceados – más allá del estrecho enfoque en la fijación del nitrógeno. Este enfoque de alta tecnología también ignora el vasto y disponible potencial de fijación del nitrógeno de las legumbres que se usan extensivamente y que están adaptadas para los sistemas agrícolas de África. De hecho, la investigación indica que el uso de cubiertas en base a leguminosas tanto en sistemas templados como en tropicales, tiene el potencial de fijar nitrógeno suficiente para remplazar la cantidad de fertilizante sintético que se usa actualmente.⁷⁰

69 Doreen Stabinsky, “Climate-Smart Agriculture: myths and problems,” Heinrich-Böll-Stiftung, septiembre de 2014: www.boell.de.

70 Catherine Badgley, Jeremy Moghtader, Eileen Quintero, et al., “Organic agriculture and the global food supply,” *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22, 2007, pp. 86-108. doi:10.1017/S1742170507001640.

Las herramientas de biología sintética buscan expandir el uso de los agroquímicos y profundizar la dependencia de los agricultores a los plaguicidas

Por más de una década, las corporaciones de agroquímicos y semillas más grandes del mundo se han enfocado en la identificación y patentamiento de los genes “climáticos”, y los rasgos asociados con la resistencia al estrés abiótico (es decir, el estrés por condiciones ambientales adversas como sequía, suelos salinos, bajos niveles de nitrógeno y otros nutrientes; calor, frío, heladas, inundaciones, alta luminosidad, estrés por ozono y estrés anaeróbico). Esos rasgos teóricamente habilitan a las plantas para resistir los estreses ambientales asociados con el cambio climático.⁷¹ Una investigación del Grupo ETC publicada en 2012 identificó 262 familias de patentes sobre estos genes y rasgos en las oficinas de patentes de todo el mundo.

Esa investigación encontró que solamente tres compañías – DuPont, BASF y Monsanto – tenían el control de dos terceras partes de esas familias de patentes, mientras que el sector público solamente controlaba el 9%. En algunos casos, la patente reclama propiedad sobre secuencias genéticas extensas que son responsables de conferir rasgos de resistencia a factores abióticos a lo largo de múltiples genomas vegetales (conocidos como ADN homólogo).

Los esfuerzos de alta tecnología para transferir genes de fijación del nitrógeno a los cereales de África es una estrategia muy riesgosa, no probada, que ignora las prácticas que fortalecen la resiliencia de los sistemas agrícolas de bajos insumos, ecológicos, así como la necesidad de nutrientes vegetales bien balanceados.

La industria de agroquímicos y semillas continúa desarrollando semillas de alta tecnología diseñadas para incrementar el uso de químicos y aumentar las ganancias - esta vez bajo el disfraz de “Agricultura climáticamente inteligente.”

71 Grupo ETC, ver “El patentamiento de genes climáticos” en <http://www.etcgroup.org/es/content/el-patentamiento-de-genesclimaticos-y-la-apropiacion-de-la-agenda-climatica-y-capturing-climate-genes> <http://www.etcgroup.org/es/node/5221>

Debido a la similitud en las secuencias del ADN entre individuos de las mismas especies o entre especies diferentes – “secuencias homólogas” – una sola patente puede reclamar derechos que se extienden no solamente a la tolerancia al estrés en una sola especie vegetal modificada, sino también sobre una secuencia genética sustancialmente similar en numerosas especies de plantas transformadas. Otra revisión de las actividades de la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de Estados Unidos nos dejó ver el frenesí que hay por obtener patentes sobre rasgos asociados con el estrés abiótico, más que cualquier otra área de biotecnología de plantas.⁷²

La tolerancia a la sequía, especialmente del maíz, es un foco creciente de interés en los programas de investigación y desarrollo en el sector privado y público.⁷³ El obstáculo técnico consiste en desarrollar cultivos que puedan soportar periodos de sequía o usar el agua de manera más eficiente sin sacrificar los rendimientos. El maíz genéticamente diseñado de Monsanto DroughtGard (MON87460) se ha vendido comercialmente de forma limitada desde 2012 – con señalamientos mezclados sobre su capacidad para resistir la sequía.⁷⁴

DuPont Pioneer está haciendo pruebas de campo de un maíz tolerante a la sequía y Dow está asociándose con Arcadia Biosciences y Bioceres para liberar soya resistente al estrés (con genes apilados para tolerancia a los herbicidas y resistencia a los insectos). En un área de 83 mil hectáreas en Indonesia se está cultivando caña de azúcar transgénica, también tolerante a la sequía, desarrollada por investigadores en Indonesia, en cooperación con la compañía japonesa Ajinomoto.⁷⁵

72 Anónimo, “Plant biotechnology patent watch review,” en *Agrow World Crop Protection News*, 608, 2011, pp. xxv-xxvi. Por ejemplo, había 132 solicitudes de patentes relacionadas con la tolerancia al estrés abiótico comparadas con solamente 15 para la tolerancia a herbicidas, 80 para la resistencia a plagas o patógenos; 35 para alteración de la lignina; 51 para alteración del fenotipo.

73 Emily Waltz, “Beating the Heat,” en *Nature Biotechnology*, Vol. 32, No. 7, julio de 2014.

74 Tom Philpott, “USDA Greenlights Monsanto’s Utterly Useless New GMO Corn,” en *Mother Jones*, 23 Jan. 2012: <http://www.motherjones.com/tom-philpott/2012/01/monsanto-gmo-drought-tolerant-corn>.

Todo mundo concuerda en que son deseables cultivos que puedan prosperar con menos agua, pero algunos investigadores dudan de que los ingenieros genéticos puedan lograr tolerancia significativa a la sequía sin afectar el rendimiento. En palabras de un fitomejorador de maíz entrevistado por *Nature Biotechnology*: “La tolerancia a la sequía no es un rasgo, es un mundo de fantasía.”⁷⁶ Ahora, los biólogos en sistemas están desarrollando investigación que va más allá de la primera generación de patentes monopólicas sobre rasgos y genes “climáticos.”

Antecedentes

En vez de seleccionar cultivos que resistan plagas, enfermedades y condiciones climáticas, la primera generación de transgénicos se diseñó con el objetivo de incrementar las ventas de agroquímicos.⁷⁷ Con la introducción muy expandida de cultivos tolerantes a herbicidas, los defoliadores químicos como Roundup (glifosato) se convirtieron en el producto de mayores ventas de la industria. Solamente en Estados Unidos, el uso de glifosato sobre maíz y soya se disparó 20 veces entre 1995 y 2013 (de 10 millones a 205 millones de libras por año), el uso global se incrementó por un factor de más de 10.⁷⁸

75 Emily Waltz, “Beating the Heat,” *Nature Biotechnology*, Vol. 32, No. 7, July 2014.

76 *Ibid.*

77 Canadian Biotechnology Action Network (CBAN), *Where in the World are GM crops and foods?* marzo de 2015. Según el análisis e CBAN acerca de las estadísticas de la ISAAA: En 2014, 57% de los cultivos transgénicos del mundo, fueron diseñados para resistir a herbicidas, 15% para ser tóxicos para las plagas, y 28% tenían genes apilados de ambas resistencias. Otros rasgos, como resistencia a virus o tolerancia a sequías llegaban solo al 1% de las hectáreas globales sembradas con transgénicos: www.gmo inquiry.ca/where.

78 Philip Landrigan y Charles Benbrook, “GMOs, Herbicides and Public Health,” en *New England Journal of Medicine*, 373: 693-695, 20 de agosto de 2015.

Pero después de dos décadas de guerra química continua, más y más hierbas están desarrollando resistencia a esos herbicidas. Hoy, esas “supermalezas” proliferan tanto que los cultivos resistentes a herbicidas están dejando de ser viables. Solamente en Estados Unidos, los agricultores se enfrentan a más de 40 millones de hectáreas invadidas por supermalezas 36 de los 50 estados.⁷⁹ En todo el mundo, al menos 24 especies de hierbas son actualmente resistentes al glifosato.⁸⁰

En este contexto, los investigadores de la biología sintética están desarrollando cultivos que soporten mejor la sequía después de que les apliquen baños de plaguicidas de patente.⁸¹

Uso de plaguicidas para activar la tolerancia a la sequía

Con financiamiento de Syngenta (la corporación de agroquímicos más grande del mundo) y la Fundación Nacional para la Ciencia de Estados Unidos, Sean Cutler en la Universidad de California en Riverside alardeó de los logros que tuvo su equipo de investigación a inicios de 2015: “Con éxito reutilizamos un agroquímico para una nueva aplicación, diseñando genéticamente un receptor en el cultivo – algo que nunca se había hecho antes”, explicó Cutler, profesor de ciencia de los vegetales.⁸²

“Con éxito reutilizamos un agroquímico para una nueva aplicación, diseñando genéticamente un receptor en el cultivo – algo que nunca se había hecho antes”, explicó Sean Cutler, profesor de ciencia de los vegetales.⁸²

“Anticipamos que esta estrategia de reprogramar las respuestas de las plantas usando biología sintética permitirá que otros agroquímicos controlen otros rasgos útiles – como la resistencia a enfermedades o las tasas de crecimiento.”⁸³

¿Cómo opera?

Cuando las plantas sufren sequía, naturalmente producen cantidades elevadas de una hormona llamada ácido abscísico (ABA) que le dice a la planta que entre en “modo de supervivencia”, inhibiendo el crecimiento y reduciendo el consumo de agua. Específicamente, la hormona ABA activa un receptor en la plantas que cierra las estomas (pequeñas aberturas porosas) en las hojas para reducir la pérdida de agua. Mediante biología sintética, los

investigadores reconfiguraron el receptor ABA en la planta para que lo activara el fungicida de Syngenta, en vez de que el propio ácido ABA lo hiciera. El fungicida patentado de Syngenta, mandirpopamida (marca Revus®) se usa ampliamente para controlar ciertos tipos de roya en fruta, papas y otros cultivos.

Los investigadores condujeron experimentos de laboratorio usando la especie *Arabidopsis*, una planta modelo, y también tomates. Efectivamente sobrevivieron a condiciones de sequía porque el fungicida químico activó la ruta del ácido abscísico, que cerró los pequeños poros (las estomas) en sus hojas para evitar la pérdida de agua. Syngenta y la Universidad de California en Riverside solicitaron una patente internacional, publicada el 31 de diciembre de 2014, titulada “Compuestos que inducen respuestas de ABA.”

79 *Ibid.*

80 Union of Concerned Scientists – USA, “The Rise of Superweeds—and What to Do About It,” diciembre de 2013: http://www.ucsusa.org/sites/default/files/legacy/assets/documents/food_and_agriculture/rise-of-superweeds.pdf.

81 Sang-Youl Park, Francis C. Peterson, Assaf Mosquna, et. al., “Agrochemical control of plant water use using engineered abscisic acid receptors,” en *Nature* 520, 23 de abril de 2015, pp. 545–548: <http://www.nature.com/nature/journal/v520/n7548/full/nature14123.html>.

82 Iqbal Pittalwala, “Scientists Reprogram Plants for Drought Tolerance,” Boletín de prensa de la Universidad de California en Riverside: <http://ucrtoday.ucr.edu/26996>.

83 *Ibid.*

Estos hechos dejan ver que los investigadores prevén un uso de los insumos químicos (como los fertilizantes) mucho más amplio para inducir respuestas de tolerancia al estrés en las plantas. “En algunas variantes, la formulación agrícola incluye al menos un fungicida, un herbicida, un plaguicida, un nematocida, un insecticida, un activador de la planta, un sinergizante, un fitoprotector, un regulador del crecimiento, un repelente de insectos, un acaricida, un molusquicida o un fertilizante.”⁸⁴

El artículo publicado por el equipo académico de Cutler demuestra la prueba de concepto, pero la investigación sobre la tolerancia al estrés inducida con agroquímicos es aún experimental. No ha sido probada en el campo ni comercializada.

El uso de la biología sintética para activar en los cultivos rasgos tolerantes al estrés a partir de insumos químicos de patente – pesticidas y fertilizantes – deja en claro la peligrosa retórica de la agricultura climáticamente inteligente: la industria continúa desarrollando semillas de alta tecnología diseñadas para incrementar el uso de químicos y potenciar las ganancias, esta vez bajo el disfraz de agricultura “con inteligencia climática.” El enfoque perverso, basado en el uso intensivo de químicos, amplificará el uso de los insumos industriales para la agricultura que son los principales responsables de la crisis climática y alimentaria. La tolerancia al estrés en los cultivos inducida con agroquímicos representará una bonanza para la industria y un desastre para el planeta.

84 Solicitud de patente de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual WO2014210555, publicado el 31 de diciembre de 2014.

85 Kevin Esvelt, Andrea Smidler, Flaminia Catteruccia, George Church, “Concerning RNA-guided for the alteration of wild populations,” *eLife*, 3 eo3401, 2014: <http://elifesciences.org/content/3/e03401>.

86 *Ibid.*

87 *Ibid.*

88 *Ibid.*, p. 2: “Cas9 is a non-repetitive enzyme that can be directed to cut almost any DNA sequence by simply expressing a ‘guide RNA’ containing that same sequence.”

89 *Ibid.*, p. 4.

Conductores genéticos para disparar ganancias “sustentables”

Un equipo de biólogos en Harvard está desarrollando “gene drives” o conductores genéticos, para diseminar rasgos diseñados entre poblaciones silvestres de los organismos.⁸⁵ Los investigadores consideran que dichas herramientas tienen el potencial para combinar los campos de la genómica y la “ingeniería ecológica.”⁸⁶ En un artículo de julio de 2014, los

biólogos sintéticos describen cómo los conductores genéticos guiados por el ARN podrían usarse para editar genomas de especies sexuales en la naturaleza y “ofrecerían beneficios sustanciales para la humanidad y el ambiente”, como evitar la transmisión de enfermedades por insectos, el aumento de la resistencia a plaguicidas en la agricultura y erradicarían especies invasivas. Sin embargo, dado el potencial de los conductores genéticos para alterar las poblaciones silvestres y los ecosistemas completos, los investigadores de Harvard advierten que la tecnología debe desarrollarse con “salvaguardias y métodos de control muy robustos.”⁸⁷

La tolerancia al estrés en los cultivos inducida con agroquímicos representará una bonanza para la industria de pesticidas y semillas y un desastre para el planeta.

¿Qué son los conductores genéticos (gene drives)?

Se refieren elementos genéticos – que se encuentran de manera natural en la mayoría de los organismos – que incrementan las posibilidades de que los genes sean heredados por toda la descendencia. Los investigadores están desarrollando gene drives conocidos como CRISPR, basados en la nucleasa Cas9 (una enzima que puede dirigirse hacia secuencias objetivo de ADN)⁸⁸ Los biólogos sintéticos aseguran que el descubrimiento de la enzima Cas9 ha “democratizado” la capacidad de llegar a múltiples genes objetivo, cortarlos y editarlos.⁸⁹

Los científicos describen el sistema CRISPR Cas9 como un método “simple, de bajo costo y sumamente efectivo” para realizar modificaciones específicas del genoma.⁹⁰ Sin embargo, incluso los promotores de las tecnologías de edición genómica advierten de serios riesgos relacionados con la liberación inintencionada de estas herramientas genéticas (ver más adelante). Aunque el desarrollo de conductores genéticos guiados por el ARN es en gran medida una cuestión teórica y hasta el momento se ha limitado a experimentos con mosquitos y moscas de la fruta, “la tecnología avanza a un paso sin precedentes.”⁹¹ Una de sus posibles aplicaciones busca limitar la transmisión por mosquitos de enfermedades como malaria, dengue, etcétera, alterando los genes del mosquito que son responsables por la comunicación del mal. En teoría, los mosquitos que cargan el conductor genético construido en laboratorio se liberarán en la naturaleza para aparearse con mosquitos silvestres y comenzará así el proceso de diseminar las ediciones genéticas a través de las poblaciones silvestres.

Revirtiendo la resistencia a los pesticidas

Los biólogos sintéticos también planean usar los conductores genéticos para enfrentar el problema de las malezas que han desarrollado resistencia a los plaguicidas. (Problema que se extendió con la introducción de los cultivos tolerantes a herbicidas, la primera generación de cultivos transgénicos).

Los investigadores teorizan que los conductores genéticos sintéticos podrían usarse para revertir la resistencia a plaguicidas y herbicidas en insectos y malezas, al hacerlos genéticamente susceptibles a los agroquímicos usados para envenenarlos.

En otras palabras, los investigadores teorizan que los conductores genéticos sintéticos podrían usarse para revertir la resistencia a plaguicidas y herbicidas en insectos y malezas, al hacerlos genéticamente susceptibles a los agroquímicos usados para envenenarlos.

*La evolución de la resistencia a los plaguicidas y herbicidas es un problema muy importante para la agricultura... Proponemos que los conductores sensibilizantes guiados por ARN podrían reemplazar los alelos resistentes con sus equivalentes ancestrales para restaurar la vulnerabilidad. Por ejemplo, ajustar los conductores sensibilizantes podría revertir las mutaciones, permitiendo que el gusano de la raíz del maíz resista a las toxinas Bt o que la hierba carnífera y el amaranto resistan el glifosato, lo cual hoy en día es esencial para la agricultura sostenible de labranza cero.*⁹²

¿La labranza cero es climáticamente inteligente?

Los biólogos sintéticos consideran que revertir la resistencia a herbicidas en las malezas es un objetivo deseable porque la adopción extendida de los cultivos tolerantes a herbicidas promueve la labranza convencional. En cambio la labranza cero no voltea la tierra, conserva el agua y el suelo, y reduce los costos de la labor. Quienes promueven los cultivos transgénicos frecuentemente reclaman que la labranza cero es amigable con el clima porque reduce las emisiones de dióxido de carbono al secuestrar más carbono en el suelo. Incluso el Departamento de Agricultura de Estados Unidos presenta la labranza cero como uno de los 10 pilares de la agricultura climáticamente inteligente.⁹³

90 David Baltimore *et al.*, “A Prudent Path Forward for Genomic Engineering and Germline Gene Modification,” en *Science*, Vol. 348 Número 6230, 2015, pp. 36-38.

91 Esvelt *et al.*, “Concerning RNA-guided conductores genéticos for the alteration of wild populations,” *eLife*, 3 eo3401, 2014: <http://elifesciences.org/content/3/e03401>, p. 2.

92 *Ibid.*, p. 14.

93 USDA’s Building Blocks for Climate-Smart Agriculture & Forestry – Fact Sheet. Ver <http://www.usda.gov/documents/climatesmart-fact-sheet.pdf>.

Pero estudios recientes muestran que el papel de la agricultura sin labranza en la mitigación de cambio climático está “muy sobreestimado.”⁹⁴

Los biólogos sintéticos explican que las primeras liberaciones de conductores genéticos guiados por ARN podrían servir para restaurar la vulnerabilidad en insectos y malezas en áreas que no han desarrollado la resistencia a los pesticidas. Las poblaciones subsecuentes de hierbas con el genoma editado se dispersarán en los campos adyacentes heredando la susceptibilidad. Para las seis más grandes corporaciones de agroquímicos sería por lo menos “interesante” la posibilidad que: “Cualquier plaguicida o herbicida podría utilizarse indefinidamente con la liberación periódica de nuevos conductores genéticos.”⁹⁵

Un artículo publicado en julio de 2014 sobre los avances en la tecnología de conducción de genes guiada por ARN desató la discusión entre los científicos sobre los peligros potenciales de la ingeniería de genomas en especies silvestres. En agosto de 2015 un grupo auto asignado de 26 científicos – incluyendo ingenieros genéticos y genetistas de la mosca de la fruta – publicaron un documento en Science que esboza recomendaciones para salvaguardar los experimentos de conductores genéticos en el laboratorio.

Los científicos describen sus recomendaciones como “consenso unánime internacional”⁹⁶ a pesar de que sólo dos de sus miembros son de fuera de Estados Unidos (de Austria y de Australia) y ningún gobierno, ni nadie que no fuera científico, fueron incluidos en la discusión.

94 David S. Powlson *et al.*, “Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation,” *Nature Climate Change* 4, 2014, pp. 678–683: doi:10.1038/nclimate2292.



Es un ejemplo clásico de un remiendo técnico que quiere resolver un problema creado por una herramienta fallida de la biotecnología (cultivos tolerantes a herbicidas). Si se consolida, se afianzará la agricultura corporativa y se profundizará la dependencia de los agricultores a los insumos tóxicos.

Los científicos recomendaron que “deben usarse estrategias múltiples de estricto confinamiento cuando sea posible.” También recomendaron evaluaciones exhaustivas por parte de las autoridades competentes de bioseguridad, el desarrollo de protocolos para distribuir materiales y la realización de amplias discusiones relativas a la seguridad, transparencia, uso adecuado e involucramiento público para informar a los cuerpos de expertos.⁹⁷ Un comité establecido por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos también está formulando recomendaciones para “la investigación responsable de las herramientas de edición genética.”

El fondo de la cuestión

La ingeniería de poblaciones silvestres e insectos para revertir la resistencia o hacerlos más susceptibles a los plaguicidas químicos constituye un objetivo peligroso, distorsionado e inaceptable que no tiene nada que ver con las soluciones sustentables para enfrentar el cambio climático. Es un ejemplo clásico de un remiendo técnico que quiere resolver un problema creado por una herramienta fallida de la biotecnología (cultivos tolerantes a herbicidas). Si se consolida, se afianzará la agricultura corporativa y se profundizará la dependencia de los agricultores a los insumos tóxicos.

95 Esvelt *et al.*, “Concerning RNA-guided conductores genéticos for the alteration of wild populations,” *eLife*, 3 eo3401, 2014: <http://elifesciences.org/content/3/e03401>, p. 15.

96 Omar S. Akbari, H. J. Bellen, E. Bier, et. al., “Safeguarding gene drive experiments in the laboratory,” *Science*, Vol. 349, Issue 6251, 28 August 2015.

97 *Ibid.*

Relación entre las Seis Grandes, la biología sintética y la agricultura climáticamente inteligente

Las Seis Grandes (BASF, Bayer, Dow, DuPont, Monsanto, Syngenta) son los motores de la agricultura industrial. Con más de \$65 mil millones de dólares en ingresos por agroquímicos, semillas y rasgos biotecnológicos, esas empresas ya controlan tres cuartas partes del mercado global de agroquímicos y el 63% del mercado de semillas comerciales (según cifras de 2013).

Conducen directamente más de las tres cuartas partes de la investigación y desarrollo (I&D) del sector privado en semillas y plaguicidas; determinando así las prioridades actuales y la dirección futura de la investigación agrícola en todo el mundo. La tabla ofrece ejemplos de la investigación y desarrollo en biología sintética relacionados con la agricultura y la mitigación de los impactos del cambio climático, pero no es una muestra exhaustiva de toda la investigación en biología sintética que esas compañías patrocinan.

La relación de las Seis Grandes con la biología sintética y la agricultura climáticamente inteligente

Las Seis Grandes	Descripción / Socios	Conexión con la ACI
Monsanto	5 años de sociedad en I&D con Synthetic Genomics; alianza entre BioAg y Novozymes para comercializar microbianos para agricultura	Co-Presidencia del programa de ACI para la Iniciativa para las Tecnologías Bajas en Carbono del Consejo Mundial de Negocios (WBCSD)
DuPont	Adquirió Taxon Biosciences para la producción industrial de microbianos	Miembro del programa “Climate-Smart”, de la Iniciativa para las Tecnologías Bajas en Carbono del Consejo Mundial de Negocios
Syngenta	I&D sobre la tolerancia a la sequía inducida por agroquímicos con la Universidad de California - Riverside	Miembro del WBCSD. Iniciativa de la Fundación Syngenta en Kenia y Ruanda: “Índice de Seguros para Cultivos Climáticamente Inteligentes”; los agricultores asegurados pueden comprar semillas certificadas e invertir en fertilizantes.
Dow AgroSciences	Synthace, Ltd. para desarrollo de microbianos, soya tolerante al estrés de Arcadia Biosciences y Bioceres	Miembro del programa “Climate-Smart” en la Iniciativa para las Tecnologías Bajas en Carbono del Consejo Mundial de Negocios (WBCSD) (WBCSD).
Bayer Crop Science	Acuerdo en I&D con KeyGene (Wageningen, Holanda) para desarrollo de rasgos mediante la mutagénesis molecular	Socio en la iniciativa “Asian-German Better Rice Initiative,” una iniciativa explícita de ACI mediante CropLife, parte de la Alianza Norteamericana para la Agricultura Climáticamente Inteligente.
BASF	Tiene sociedad para I&D con Evolva, Genomatica y Amyris; También con Monsanto para diseñar rutas genéticas para el maíz y otros cultivos para la tolerancia al estrés.	Miembro de WBCSD. Socio en la iniciativa “Asian-German Better Rice Initiative,” una iniciativa explícita de ACI.

Conclusión

La investigación y desarrollo en biología sintética se enfoca actualmente en numerosas aplicaciones descritas como estrategias sostenibles para adaptar plantas y microorganismos para que contribuyan al aumento de los rendimientos de los cultivos y sobrevivan al cambio climático.

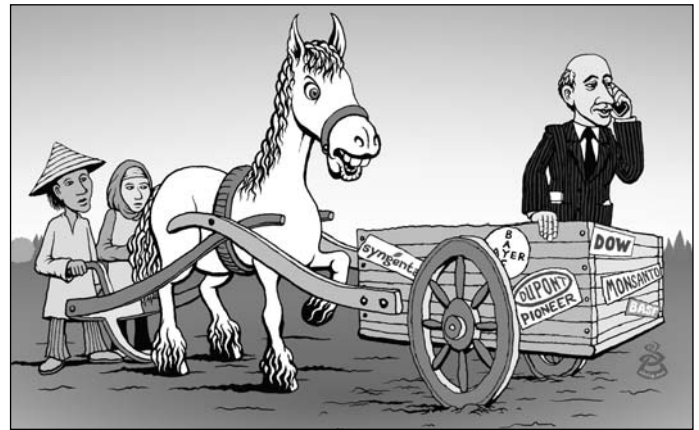
Los ejemplos en este informe ilustran cómo la biología sintética apuntala la estrategia de “negocios como siempre”: el sistema corporativo de alimentación y agricultura que genera una porción enorme de gases con efecto de invernadero.⁹⁸ Los remiendos tecnológicos de la biología sintética buscan afianzar el modelo de agricultura intensiva y con alto uso de químicos y profundizar la dependencia de los agricultores a los insumos tóxicos. El mundo no puede confiar en arreglos tecnológicos para resolver problemas de pobreza, hambre y crisis climática. Los gobiernos que se reunirán en París para la COP 21 de la CMNUCC, deben rechazar la “agricultura climáticamente inteligente”, dominada por las corporaciones, y promover las estrategias agroecológicas.⁹⁹

La agroecología se refiere a una diversidad de técnicas agrícolas (asociación de cultivos, producción local de abonos a partir de compostas) que reducen la necesidad de insumos externos y maximizan la eficiencia de recursos en una forma sustentable.

Las técnicas agroecológicas mejoran la resiliencia y la sostenibilidad de los sistemas alimentarios. Sus objetivos no se limitan al aumento del rendimientos, aunque asumir las prácticas agroecológicas puede resultar en mayor productividad.

98 GRAIN, “Comida y cambio climático, el eslabón olvidado” 2011: <https://www.grain.org/article/entries/4357-food-and-climate-change-the-forgotten-link>.

99 Miguel A. Altieri, Clara I. Nicholls, Alejandro Henao and Marcos A. Lana, “Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems,” *Agronomy For Sustainable Development*, May 2015.



El carro delante del caballo - Cubierta de un informe de 2013 del Grupo ETC- un buen resumen de un problema recurrente: las Seis Grandes favorecen las ganancias y los trucos de alta tecnología en vez de las prácticas agrícolas tradicionales y efectivas

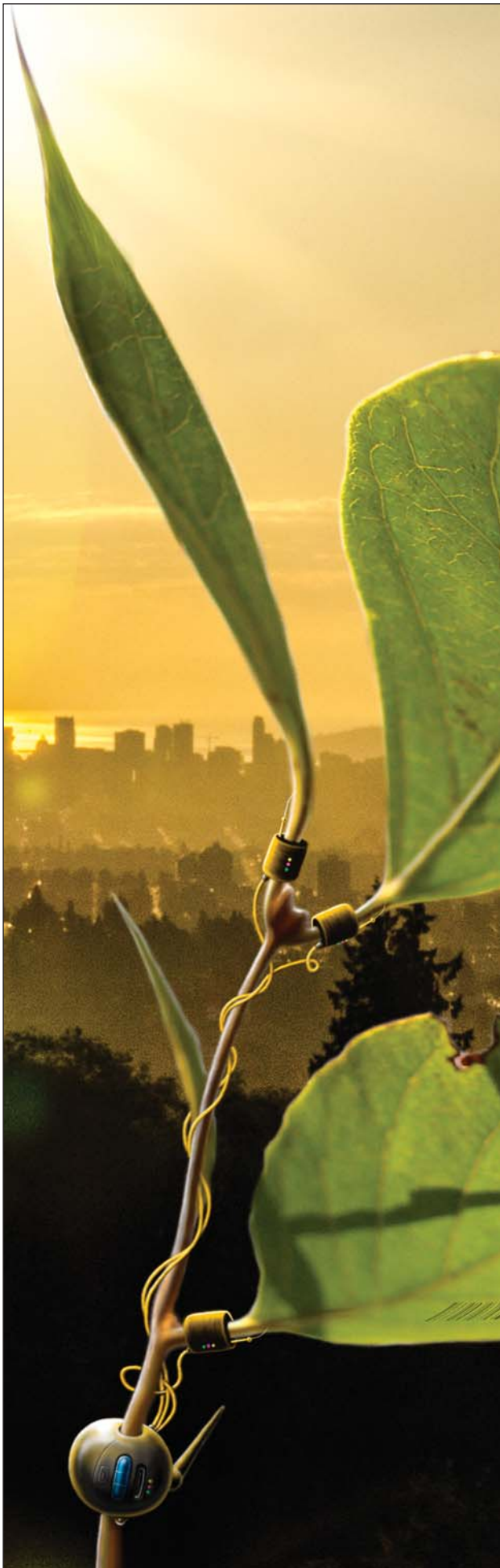
La agroecología tiene cada vez mayor aceptación de la comunidad científica, por ejemplo, en las recomendaciones de la Evaluación

Internacional del Conocimiento la Ciencia y la Tecnología Agrícola para el Desarrollo (IAASTD, por sus siglas en inglés), el Programa de Naciones Unidas para el Ambiente, y más recientemente, la FAO.¹⁰⁰

La resiliencia climática, a fin de cuentas, depende de los sistemas locales de alimentación y agricultura y los procesos agroecológicos que realizan las comunidades agrarias campesinas. En vez de obligarlas a asumir la lógica de las tecnologías de alto riesgo, promovidas por las corporaciones, las comunidades agrarias deben involucrarse directamente en el establecimiento de prioridades y estrategias para la adaptación y la mitigación al cambio climático.

El mundo no puede confiar en arreglos tecnológicos para resolver problemas de pobreza, hambre y crisis climática. Los gobiernos que se reunirán en París para la COP 21 de la CMNUCC, deben rechazar la “agricultura climáticamente inteligente”, dominada por las corporaciones, y promover las estrategias agroecológicas.

100 Ver Evaluación Internacional para el conocimiento agrícola, la ciencia y la tecnología para el desarrollo, (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development), “Summary for decision-makers of the global report,” 2009, Key Finding 7, p. 6; UNEP (PNUMA), *The Environmental Food Crisis*, Nairobi, 2009; <http://www.fao.org/about/meetings/afns/en/>



Muchas de las corporaciones agroindustriales más grandes del planeta están promoviendo la idea de una agricultura “climáticamente inteligente” como técnica de mercado para decir que la agricultura industrial es “a prueba del clima”.

Este informe revela cómo los promotores de esa agricultura adoptan herramientas de la biología sintética para desarrollar un conjunto de falsas “soluciones” a la crisis del clima.

