



3. La biología sintética: desafíos éticos, políticos y socioeconómicos

Biología sintética, bioeconomía y justicia global

Silvia Ribeiro

A fines del milenio y facilitada por la manifestación de múltiples crisis globales, comenzó a tomar forma la visión de una economía pospetrolera, supuestamente más amigable con el ambiente, basada en el uso industrial de biomasa como materia prima. Sin un análisis cuidadoso, esto parecería ser una opción sensata para salir de la dependencia de combustibles fósiles como petróleo, carbón y gas. ¿Pero lo es realmente?

Al igual que las demás propuestas englobadas en la llamada “bioeconomía” o “economía verde”^{1/}, la economía industrial de la biomasa no plantea ningún cuestionamiento a los patrones dominantes de consumo y producción, ni a las injusticias sociales, económicas y ecológicas globales que estos han provocado, sino solamente otras rutas para poder continuar con el mismo modelo, en este caso cambiando la fuente de materias primas y las tecnologías usadas.

Un elemento central para esta nueva economía de la biomasa, es el uso de la biología sintética: la construcción en laboratorio de secuencias genéticas sintéticas, para construir, por ejemplo, rutas metabólicas que alteren funciones específicas en microorganismos o para crear microbios sintéticos enteros con nuevas funciones, para que estos produzcan sustancias industriales.

Con microbios manipulados (o creados) con biología sintética, sería posible procesar cualquier fuente de carbohidratos, como base para construir polímeros que se procesen como combustibles, farmacéuticos, plásticos u otras sustan-

^{1/} Uso el término como se deriva de instituciones oficiales, por ejemplo tal como lo plantea el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). En esa definición, la economía verde o bioeconomía implica mucho más que el uso de biomasa, se refiere también a otras fuentes de energía, a la financiarización de la naturaleza a través de someter a la lógica de mercados financieros los sistemas vivos y funciones de la naturaleza, así como al uso de diversas nuevas tecnologías.

cias industriales. Actualmente esto es en gran parte teórico o está apenas en fase experimental, pero en algunos sectores ya funciona a nivel de producción industrial.

En este horizonte, toda la naturaleza, los ecosistemas, todo lo que esté vivo o lo haya estado, sea natural o cultivado, sean residuos de cosecha o plantaciones forestales, alimentos, algas, fibras vegetales, pasan a ser categorizados como “biomasa”, una materia prima universal que se puede procesar con biología sintética. Por ello, esta perspectiva implica un aumento exponencial de explotación de la biomasa planetaria.

Un primer problema de esta industria creciente, es que el 23.8 % de la biomasa planetaria ya ha sido apropiado para actividades humanas, principalmente industriales y empresariales (Haberl *et. al.*, 2010). Las industrias que invierten en biología sintética van ahora por el restante 76.2%, que hasta ahora no han podido procesar en forma eficiente para ser económicamente rentable.

Según los cálculos de sustentabilidad del uso de biomasa del *Global Ecological Footprint Network (GFN)*, ya desde la década de 1990 se están explotando los recursos renovables del planeta a un ritmo mayor que su capacidad de renovación, por lo que desde antes de esta nueva revolución tecnológica y su carrera por apropiarse industrialmente de la biomasa, existía un serio problema. Según la GFN, en 1993, se llegó al límite de consumo de recursos naturales planetarios para no exceder la capacidad de renovación anual el 21 de octubre. En 2003, esto ocurrió el 22 de septiembre. Y en 2013, el 20 de agosto/2. Aunque el GFN reconoce un margen de variación en sus estimaciones, es evidente que el uso industrial de biomasa supera la capacidad natural de recuperación más temprano cada año.

Aunque el cálculo global ya es motivo de preocupación, es más grave si agregamos que la distribución de la biomasa no es igual en el planeta, sino que se encuentra mayoritariamente en los países del Sur. Por ello, las industrias de la biología sintética avanzan en los trópicos, donde crece y se reproduce el 86% de la biomasa del planeta y donde la energía solar, el agua y el suelo fértil son abundantes y baratos. Aunque la tecnología de la biología sintética y las empresas que invierten provienen de países del Norte, las instalaciones para extraer y procesar la biomasa avanzan en países del Sur.

Brasil es actualmente la fuente de biomasa preferida por las industrias para alimentar microbios sintéticos, pero África y muchos otros países del Sur del planeta están en la mira. La nueva ola de acaparamientos de tierra, denunciada por la organización Grain desde 2008, adquiere una nueva dimensión al desarrollar una tecnología que permite procesar la biomasa que crezca sobre ella,

2/ Global Footprint Network (2013) “Earth over shoot day”. Disponible en http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/earth_overshoot_day/

tanto natural como cultivada, sin tener que decidir *a priori* sobre el uso que se le dará. Si bien la mayor parte de acaparamientos de tierra hasta ahora parecen ser para el cultivo de alimentos, la biología sintética introduce un elemento de flexibilidad de uso que antes no existía. Por ejemplo, un cultivo de caña de azúcar, de maíz, de soja u otros cultivos y hasta plantaciones de árboles, puede ser vendido al momento de la cosecha para su uso como alimento, o para forraje, o para combustibles, o para plásticos, o para principios farmacéuticos u otras sustancias industriales, según el precio y mercado que convenga a la empresa que controle la tecnología. Esta situación exagera *de facto* la incertidumbre tanto de reservas de alimentos como de precios futuros, y por tanto la especulación financiera.

Esta nueva ola de apropiación de biomasa amenaza también ecosistemas y áreas naturales frágiles, tierras y territorios que en su gran mayoría son habitadas por indígenas y campesinos o que se dedican a la recolección y producción de alimentos en pequeña escala, y que ahora son invadidas para otros usos. Se profundiza la disputa por tierra, agua y nutrientes que ya llevó a la crisis alimentaria que se manifestó con la irrupción de los agrocombustibles en el cultivo mundial de granos. Según reveló un informe del Banco Mundial, este fue el principal factor de aumento de precios de los alimentos en 2007 (Mitchell, 2008), con impactos muy desiguales en el mundo, perjudicando fundamentalmente a los más pobres.

Aunque las industrias que demandan grandes cantidades de biomasa (sobre todo para producción de combustibles y plásticos) siguen creciendo, han encontrado dificultades para escalar su producción. Por ello, el sector industrial de biología sintética que crece más rápidamente es la producción con biología sintética de fármacos, saborizantes y fragancias de origen botánico, que a diferencia de la producción de combustibles, se enfoca en productos de poco volumen y alto valor agregado. Este sector de esa industria amenaza directamente a millones de campesinos que viven de este tipo de producciones como su fuente de sustento.

¿Quiénes invierten en biología sintética?

Según BCC Research, analista de la industria, las ventas de productos fabricados con biología sintética tuvieron un valor de 1.600 millones de dólares en 2011 y se espera que crezcan a 10.800 millones de dólares para 2016 (BBC Research, 2011). Un estudio reciente identificó casi tres mil investigadores activos dedicados a la biología sintética en 40 países, financiados por 530 entidades diferentes —principalmente en Estados Unidos, Europa, China y Japón (Oldham *et. al.*, 2012).

Algunos pioneros de la biología sintética, como Craig Venter, magnate de la genómica y dueño de la empresa SyntheticGenomics, que tiene acuerdos con BP y Exxon Mobile para desarrollar combustibles y aceites a partir de algas y

otros sustratos, se refieren a esta tecnología como el pilar de la próxima revolución industrial.

En los próximos 20 años, la genómica sintética será el estándar para producir cualquier cosa. La industria química dependerá de ella y esperamos que también una gran parte de la industria de la energía (Aldous, 2007).

Entre los grandes inversionistas en biología sintética se encuentran seis de las diez mayores empresas petroleras y de energía, seis de las diez mayores empresas químicas, seis de las diez mayores empresas de agronegocios y las siete mayores farmacéuticas a nivel global (ver tablas a continuación, Grupo ETC, 2012)³, con investigación propia o como socios de empresas nuevas de biología sintética. Estas últimas crecieron en muchos casos a partir de investigadores de universidades y laboratorios públicos, que patentaron sus investigaciones y formaron emprendimientos comerciales. Se sostienen a su vez con inversiones de grandes transnacionales petroleras, químicas, farmacéuticas y otras, y con recursos de filantro-capitalistas como la Fundación Bill & Melinda Gates, así como fondos de universidades e instituciones gubernamentales. Entre estas últimas, se encuentran, por ejemplo, los Departamentos de Energía y Defensa de Estados Unidos.

Ejemplos de mega-empresas y sus socios en biología sintética/4

Empresa energética	Empresa socia de biología sintética
Royal Dutch Shell	Amyris, Codexis, logen (LS9)
Exxon Mobil	SyntheticGenomics
British Petroleum	SyntheticGenomics, Verenum, DuPon
Chevron Corporation	Amyris, Qteros, Verdezyne
Total S.A.	Solazyme, LS9, Catchlight
Petrobras	Amyris, Gevo
	KL Energy, Amyris, Novozymes

Empresa química	Empresa socia de biología sintética
BASF (Alemania)	Evolva, Verenum
Dow (USA)	Solazyme, Algenol
Exxon Mobil (USA)	SyntheticGenomics, Verenum, DuPon
DuPont (USA)	BioArchitectureLab, Butamax
Royal Dutch Shell (UK)	Amyris, Codexis, logen
Total	Amyris, Gevo

^{3/} Actualización del Grupo ETC 2012, a partir de cuadros de International Civil Society Working Group on Synthetic Biology "Contribución al Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico (OSACTT) del Convenio sobre Diversidad Biológica", octubre de 2011. Disponible en <http://www.etcgroup.org/es/content/impactos-potenciales-de-la-biología-sintética-en-la-conservación-y-uso-sostenible-de-la>

^{4/} Grupo ETC, 2012.

Empresas de agronegocios	Empresa socia de biología sintética
Cargill	Virent, ZeaChem, Verenum, Gevo, Calysta, Evolva
Archer Daniel Midland	MetaboliX, Solazyme
Bunge	Verenum, Solazyme, Amyris
Louis Dreyfus/Santelisa Vale	Amyris
Wilmar International	Amyris
Associated British Foods	DuPont Biofuels

Empresas farmacéuticas	Empresa socia de biología sintética
Pfizer	Codexis, Biotica, MorphoSys, Sangamo
Sanofi-Aventis	Amyris
GlaxoSmithKline	Investigación propia y acuerdo con Biotica y con el instituto SynBiCITE de Reino Unido.
Novartis	Chiron Corporation, SyntheticGenomics
Roche	Investigación propia y acuerdo con Evolva
AstraZeneca	Investigación propia
Merck&Co	Codexis, Glycofi, Abmaxis, SirnaTherapeutics

La biología sintética en los mercados

El grupo ETC identificó más de 20 diferentes productos que ya se comercializan o que serán lanzados al mercado en 2013 (Grupo ETC, 2013). Ejemplos de productos de biología sintética ya en el mercado incluyen dos bioplásticos derivados del maíz, que venden las transnacionales DuPont y Archer Daniels Midland; el sabor a toronja “natural” que vende Allylix Inc de Estados Unidos; el ácido shikímico derivado sintéticamente, que es el ingrediente clave del fármaco Tamiflu, y un hidratante cosmético de alto valor usado por varias empresas, el escualeno; así como un biodiesel derivado de azúcar de caña, a partir de la producción de Amyris en Brasil.

Los primeros cinco años en que comienzan a establecerse la industria de la biología sintética, tres cuartas partes de las actividades se enfocaron en el desarrollo de microbios artificiales para producir nuevas generaciones de biocombustibles, bioplásticos y compuestos químicos, donde los inversionistas son grandes empresas de energía y químicas.

Por ejemplo, DuPont (transnacional de químicos, agrotóxicos y semillas) y la petrolera BP tienen una empresa conjunta de capital de riesgo –Butamax–, que busca comercializar combustibles derivados de algas. En una dirección similar, pero más amplia, son los acuerdos de Synthetic Genomics con Exxon Mobile y BP. También Monsanto hizo en 2012 una fuerte inversión en la compañía Sapphire Energy, para desarrollar combustibles a partir de algas.

El caso más avanzado en combustibles derivados con biología sintética es el producido por Amyris, compañía líder del sector, que incluso instaló una

subsidiaria en Brasil. A partir de contratos con grandes compañías de granos y caña de azúcar en Brasil (Cosan, Açúcar Guarani y la transnacional Bunge), comenzó a producir farneseno, a partir de una levadura modificada con biología sintética, que es usado como combustible en ómnibus en Sao Paulo, Brasil. Amyris a su vez hizo otros acuerdos para producción de combustibles con petroleras (Total, Chevron, Shell) y otras del sector automotriz como Mercedes Benz y Michelin Tire. Sin embargo, en abril del 2012, Amyris anunció su retirada de la producción de este tipo combustible, alegando problemas financieros. Escalar la producción no ha sido tan sencillo como vaticinaba Craig Venter, un problema que ha afectado la producción de combustibles también de otras empresas de biología sintética. Esto no significa, sin embargo, que hayan renunciado a ello.

Sin abandonar la producción de plásticos y combustibles, la industria de la biología sintética está ahora mucho más activa en la producción con biología sintética de sustancias originalmente derivadas de productos botánicos naturales —caucho, saborizantes, fragancias y aceites esenciales, así como principios farmacéuticos que se obtenían de plantas.

En esta nueva tendencia encontramos como inversionistas a compañías farmacéuticas, junto a compañías líderes en cosméticos, aditivos y fragancias, así como especias y condimentos alimentarios (por ejemplo, Novartis, GlaxoSmithKline, Givaudan, International Flavours&Fragrances Inc., Roquette-Frères).

La lógica de estas, muy diferente de la producción y venta de combustibles, es generar productos de alto valor agregado, pero de poco volumen y fácil transporte, como por ejemplo azafrán, cúrcuma, vainilla o principios activos farmacéuticos.

Otra vuelta a la biopiratería y el despojo de conocimientos indígenas

Muchos de los principios activos farmacéuticos, fragancias y saborizantes, son producidos naturalmente en plantas, como resultado de su metabolismo, por lo que se denominan metabolitos secundarios. A partir de químicos que existen en las plantas, ocurre en estas una cadena de reacciones metabólicas que finalmente producen esas sustancias. Esas rutas metabólicas son similares en muchos vegetales, aunque a partir de diferentes precursores y con diferentes sustancias químicas y enzimas que intervienen en cada proceso. Hoy en día, muchas de esas rutas metabólicas pueden construirse artificialmente en laboratorio, para programar a microbios naturales o sintéticos para producir el compuesto “natural” de interés.

Puesto que muchos de estos productos tienen un alto valor comercial y se necesitan cantidades relativamente pequeñas para suplir la demanda comercial, la industria de la biología sintética ya está usurpando esos mercados, que

“Puesto que muchos de estos productos tienen un alto valor comercial y se necesitan cantidades relativamente pequeñas para suplir la demanda comercial, la industria de la biología sintética ya está usurpando esos mercados, que actualmente en la mayor parte del mundo son fuente de trabajo y producción de campesinas y campesinos en los países del Sur”

actualmente en la mayor parte del mundo son fuente de trabajo y producción de campesinas y campesinos en los países del Sur. Aunque son entradas modestas, son ingresos muy importantes para los campesinos. En conjunto, el mercado mundial de productos naturales botánicos se estima en 6.500 millones de dólares, incluyendo desde productos como seda y caucho a ingredientes tropicales de saborizantes, fragancias y productos medicinales (Grupo ETC, 2012b).

Amyris, Evolva y Allylix, entre otras, se han asociado con empresas de cosméticos y especias, para fermentar en tanques los compuestos que actualmente obtienen indígenas y campesinos de los bosques tropicales, compitiendo con ellos por su producción, por su capacidad de producir en un solo lugar, lo cual elimina transportes y recolección, y con ellos están bajando los precios, al menos inicialmente.

A su vez, las mismas empresas han patentado –o están en trámite- varias de las “rutas metabólicas” para esos compuestos. Como estas rutas son “homólogas” a las de muchos otros compuestos finales, esas patentes cubren la producción de centenares de diferentes compuestos a la vez (Grupo

ETC, 2012b: ver lista de patentes). Algunos compuestos biosintetizados ya están en el mercado y muchos otros están en preparación. Entre los que ya se comercializan o están muy cerca de ello se encuentran (Grupo ETC, 2013):

- Isopreno de caucho: La producción de un “equivalente” mediante biología sintética podría afectar la cadena de suministro tanto para el caucho natural como sintético. La supervivencia de 20 millones de familias campesinas, mayormente en Asia depende del caucho natural (el mercado del isopreno tiene un valor de dos mil millones de dólares por año).
- Ácido láurico y mirístico: Derivado de los aceites de palma y coco, son el núcleo de la industria oleoquímica con valor de 3.900 millones de dólares y su reemplazo mediante biología sintética podría devastar economías a lo largo de Asia, África y Sudamérica.
- Artemisinina: Compuesto anti malaria que actualmente se obtiene de cultivos de miles de campesinos en Asia y África (mercado con valor de ~90 millones de dólares anual). En abril de 2013, la gigante farmacéutica Sanofi anunció que lanzaría una versión “semi-sintética” al mercado, producida mediante biología sintética.

- Azafrán: es la especial más costosa del planeta. Irán produce aproximadamente 90% del azafrán del mundo, tiene un mercado de exportación a más de 40 países, con valor de 660 millones de dólares por año.
- Escualeno: Humectante cosmético que se obtenía del hígado del tiburón y que actualmente se cosecha en las aceitunas del mediterráneo y en el amaranto de Sudamérica.
- Patchouli: Esta popular fragancia se cultiva en el Sureste de Asia. Indonesia es el productor más grande, cultiva 20 mil hectáreas de la planta y produce unas 500 toneladas por año.
- Vainillina: El mercado mundial de la vainilla tiene un valor de 240 millones de dólares por año. La cultivan más de 200 mil familias en Indonesia, China, México, Uganda, República Democrática del Congo, Tanzania, Polinesia Francesa, Malawi, Tonga, Turquía e India.
- Aceite de vetiver: Un ingrediente esencial de las fragancias, usado en muchos cosméticos. Solamente en Haití 60 mil familias dependen de la producción de vetiver con valor de unos 10 millones de dólares por año.

En todos los casos, se trata de miles a millones de familias campesinas e indígenas que verán su fuente de trabajo desplazada por productos de biología sintética.

Conclusiones

La biología sintética es otra nueva tecnología que llega a los mercados sin regulación –aunque ciertos aspectos que incluyen ingeniería genética pueden ser cubiertos parcialmente por las regulaciones de bioseguridad. Sin embargo, las construcciones genéticas son totalmente diferentes, tanto por la cantidad de secuencias genéticas insertas, como por el resultado en cuanto al cambio de funciones metabólicas esenciales. Sus impactos en el medioambiente, las consecuencias de escapes de este tipo de microbios semisintéticos, así como los posibles impactos en salud de consumir productos derivados, son un tema mayormente ignorado por los gobiernos, pese a que ya existen decenas de productos en el mercado. Existe no obstante, un debate abierto en el Convenio de Diversidad Biológica que requiere de atención desde la sociedad civil, por la defensa de los bienes comunes y el interés público, para impedir que el cabildeo de las corporaciones aplaste los llamados a aplicar el principio de precaución, que podría limitar sus ganancias.

Más ignorados aún son los impactos sociales, económicos y ambientales de la biología sintética por el aumento exponencial de uso de biomasa, así como los impactos en las comunidades y millones de personas que no pueden competir con esta nueva industria que reclama que sus productos de laboratorios son tan “naturales” como los que produce la selva tropical.

Ninguno de los productos de esta nueva “economía de la biomasa” basada en biología sintética son realmente necesarios, y al contrario de lo que afirma la industria, están sustituyendo formas de producción campesinas en el Sur global, que en la mayoría de los casos son sustentables y en manos de las industrias dejarán de serlo.

Silvia Ribeiro es la directora para América Latina del Grupo ETC (www.etcgroup.org), una organización de activistas e investigadoras/es que ha realizado un amplio y respetado trabajo crítico sobre biotecnologías, geoingeniería, economía verde, biología sintética y otras cuestiones socio-ecológicas. Vive en México. Pertenece al consejo de redacción de la revista *Biodiversidad, sustento y culturas*.

Bibliografía citada

- Aldhous, P. (2007) “Interview: DNA’s messengers”. *New Scientist* 57, (2626), octubre.
- BBC Research (2011) *Synthetic Biology: Emerging Global Markets*.
- Grupo ETC (2010) *Los nuevos amos de la biomasa y el próximo asalto a la biodiversidad*. <http://www.etcgroup.org/es/content/nueva-investigación-del-grupo-etc-los-nuevos-amos-de-la-biomasa> (última consulta: 9/09/2013)
- Grupo ETC (2012a) *Contribución al Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico (OSACTT) del Convenio sobre Diversidad Biológica*. Disponible en <http://www.etcgroup.org/es/content/impactos-potenciales-de-la-biología-sintética-en-la-conservación-y-uso-sostenible-de-la> (última consulta: 9/09/2013).
- Grupo ETC (2012b) *Synthetic Biology: Impacts on Livelihoods and Sustainable Use of Biodiversity*. Disponible en <http://www.etcgroup.org/es/content/pathways-disruption> (última consulta: 9/09/2013).
- Grupo ETC (2012c) *¿Quién controlará la economía verde?* Disponible en http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/ETC_wwctge_ESP_v4Enero19small.pdf (última consulta: 9/09/2013).
- Grupo ETC (2013) *Biología Sintética: la bioeconomía del despojo y del hambre* (contiene anexo con lista de productos en el mercado). Disponible en <http://www.etcgroup.org/es/content/biología-sintética-la-bioeconomía-del-despojo-y-el-hambre> (última consulta: 9/09/2013).
- Haberl et al. (2010) “Global human appropriation of net primary production (HANPP)”. *The Encyclopedia of the Earth*. Disponible en <http://www.eoearth.org/view/article/153031/>
- Mitchell D. (2008) *A Note on Rising Food Prices*. Washington D.C.: Banco Mundial.
- Oldham, P., Hall, S. y Burton, G. (2012) “Synthetic Biology: Mapping the Scientific Landscape”. *PLoS ONE*, 23 de abril.