



## ¿Una ética para la biología sintética?

Jordi Maiso

Dpto. de Filosofía Teórica y Filosofía Práctica  
 Instituto de Filosofía - Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
 C/Albasanz, 26-28. Madrid 28037  
[jordi.maiso@cchs.csic.es](mailto:jordi.maiso@cchs.csic.es)

“Es bien sabido que la convicción de encontrarse en el umbral de una nueva época puede ser muy beneficiosa para la gente. Su entorno se les presenta como algo aún por hacer, susceptible de las mejoras más satisfactorias, lleno posibilidades sospechadas e insospechadas, como un material infinitamente maleable en sus manos. Ellos mismos se sienten como si hicieran frente a un nuevo día, descansados, fuertes, llenos de fantasía [...] Dichosa es la sensación de los comienzos, de los pioneros, cuya actitud inspira entusiasmo. Dichosa la sensación de felicidad de quienes engrasan una máquina antes de exhibir su poderío, de quienes rellenan los espacios en blanco en un nuevo mapa, de los que ponen los fundamentos de una nueva casa, su casa”

(Brecht 1968, 117-118).

21

Estas frases de Bertolt Brecht, formuladas como presentación a su *Vida de Galileo*, encajan a la perfección con las posibilidades de intervención sobre la biología que se han abierto con la resolución de la estructura del ADN. Con los avances en las técnicas de secuenciación y de inserción de genomas sintéticos en células receptoras se están sentando las bases de una nueva disciplina preñada de promesas, la biología sintética. Su objetivo es el diseño y la fabricación de sistemas biológicos que no existen en la naturaleza o la modificación de sistemas biológicos ya existentes. Con ella la biología promete convertirse en materia de ingeniería, y los organismos vivos en un recurso tecnológico sumamente prometedor. Según esto estaríamos ante el “albor de una nueva era de creación biológica” (Venter 2013, 16); un horizonte “en el que la ciencia y la tecnología nos permiten reduplicar y mejorar lo que la naturaleza ha producido” (Church 2012, 12).<sup>1</sup> Sin duda, el discurso de los biólogos sintéticos adquiere a menudo el tono de los grandes pioneros que descubren *terra incognita*, pero si la expansión del horizonte de lo posible genera entusiasmo, también va acompañada de sombras de incerti-

dumbre. En primer lugar, se desconoce cuál puede ser el impacto de los organismos sintéticos en términos de bioseguridad, biodiversidad y salud; también existen dudas razonables sobre las posibles consecuencias de la pretensión de “tomar las riendas de la evolución”. En todo caso, existen pocas dudas de que la biología sintética supondrá una fuerte conmoción en el modo en que entendemos la vida y la naturaleza, e incluso de que transformará para siempre las relaciones entre ciencia, sociedad y naturaleza. Es mucho lo que está en juego, porque no estamos sólo ante una disciplina que cambiará nuestro modo de entender el mundo y la vida, sino ante una tecnología de producción cuyos efectos materiales no tardarían en sentirse. De ahí que, si hasta ahora la biología sintética ha usado como lema la afirmación de Richard Feynman *what I cannot create I do not understand* (aquello que no puedo crear no lo comprendo), se hace cada vez más necesario preguntar: *Do I understand what I can create?* (Schmidt 2005). ¿Estamos en grado de comprender las implicaciones y posibles consecuencias de aquello que somos técnicamente capaces de producir? ¿Podemos hacernos responsables de ello?

**Nota 1:** Craig Venter fue el primero en secuenciar el genoma humano y en introducir un genoma sintético en una célula, y es el empresario fundador de *Celera Genomics*; George Church, profesor de genética en la *Harvard Medical School* y responsable del *Personal Genome Project*, es co-fundador de nueve empresas biotecnológicas.

Teniendo en cuenta que la investigación se desarrolla deprisa y que el paso del laboratorio a la comercialización es cada vez más rápido, no hay duda de que el crecimiento de lo técnicamente posible exige políticas científicas responsables. De ahí la importancia de localizar los posibles riesgos éticos, ecológicos y sociales de la biología sintética, y de fijar protocolos y normativas que garanticen la seguridad de los experimentos y aplicaciones. Sin embargo, también es necesario plantear una reflexión de mayor alcance sobre las implicaciones ético-políticas de la ingeniería de sistemas biológicos. Lo que caracteriza la reflexión ético-filosófica es que no se contenta con gestionar los posibles riesgos de una determinada tecnología, sino que interroga las condiciones de posibilidad de esos riesgos y analiza qué hace que se les considere inaceptables o un mero "precio a pagar" a cambio de la consecución de determinados logros. En este sentido quizá la cuestión ética fundamental no sea tanto si el diseño de una "biología a la carta" contradice los principios fundamentales de la vida o bajo qué condiciones podría justificarse, sino de dónde viene la urgencia por producir esa vida a la carta, ya que eso es lo que marca la agenda de investigación. Las cuestiones éticas no empiezan allí donde los investigadores se ven confrontados con dilemas morales, sino en la propia práctica de investigación, en su definición de los problemas. De ahí la necesidad de analizar los fundamentos epistemológicos de la biología sintética como técnica de producción material y el marco socio-económico que condiciona el desarrollo de la investigación –en este caso la hoja de ruta de la bioeconomía (OCDE 2009, EC 2010)–. Sólo teniendo todo esto en cuenta podremos hacer frente a las implicaciones que la biología sintética tendrá sobre el modo de relacionarnos con la naturaleza y con lo viviente.

\* \* \*

Lo que ha hecho posible los portentosos avances de la biología en las últimas décadas ha sido, ante todo, una nueva manera de considerar los procesos biológicos; se trata de lo que Nikolas Rose (2007) ha denominado la "*visión molecular de la vida*". Esto es lo que se ha denominado un proceso de "naturalización" de la vida que aspira eliminar todo resto de vitalismo de nuestra comprensión de la biología, mostrando que todo se juega en una serie de procesos a nivel molecular, sumamente complejos, pero inteligibles. La asunción de base es que los organismos pueden ser entendidos como un ensamblaje de distintas partes especificadas en secuencias genéticas, y que dichas partes pueden fabricarse y conectarse entre sí hasta dar

lugar a sistemas biológicos complejos. El modo más eficaz de lograrlo sería la aplicación de principios ingenieriles a la biología (Endy 2011). En último término, esto ha conducido a una comprensión de los procesos biológicos de carácter fuertemente mecanicista, basada en la metáfora de la programación: el ADN como *software* que instruye al *hardware* del organismo vivo, la maquinaria celular, el modo en que crecer, funcionar y desarrollarse; de ahí que se hable de los organismos como "máquinas controladas por su ADN", "máquinas vivas", "*protein robots*", etc. Esto amplía enormemente el campo de lo posible, porque, al conocer el modo en que "funciona" la materia viviente, podemos intervenir sobre ella y modificarla conforme a nuestros deseos. En principio, el ideal de la bioingeniería permite rebasar la normatividad de los órdenes biológicos "naturales", con lo que lo biológico parece perder su carácter de fatalidad para convertirse en "oportunidad", en una serie de procesos que es posible capitalizar, re-funcionalizar, optimizar, etc. La pregunta es: ¿desde qué criterios?

A día de hoy, el objetivo fundamental de la biología sintética parece ser una "reprogramación" de células vegetales y animales para convertirlas en una tecnología de producción: "Un organismo vivo, después de todo, es un sistema de producción prefabricado que, al igual que un ordenador, está controlado por un programa, su genoma. La biología sintética y la genómica sintética, la intervención a gran escala en el genoma, intentan capitalizar el hecho de que los organismos biológicos son sistemas de manufactura programables, y que, si se introducen pequeños cambios en su software genético, el bioingeniero puede lograr grandes cambios en su rendimiento" (Church 2012, 4). Se trataría, en definitiva, de aprovechar el potencial productivo de ciertos procesos biológicos de organismos para convertirlos en "fábricas vivas" a nivel molecular. Esto permitiría toda una "revolución industrial" de base biológica de la que se esperan una nueva generación de productos químicos, biomateriales, alimentos y cultivos mejorados, medicamentos, biocombustibles ricos en energía o agentes descontaminantes.

No hay duda de que esta perspectiva armoniza perfectamente con los objetivos de la bioeconomía, cuyo objetivo es "extraer el valor latente en los productos y procesos biológicos" (OCDE, 2006) para fomentar un modelo de desarrollo que promete lograr un feliz matrimonio entre crecimiento económico y sostenibilidad ambiental. El problema es que estas promesas se basan en expectativas de desarrollo que para muchos están en tela de juicio. A

día de hoy, no existe un consenso sobre que la bioingeniería pueda lograr un control tan perfecto de los procesos biológicos como para convertirlos en base de una producción industrial. A pesar de los portentosos avances en las técnicas de secuenciación y síntesis de ADN, y pese a los recientes logros tecnológicos en la implementación de genomas sintéticos en células eucariotas, existen dudas razonables de que el objetivo de una “ingeniería robusta” de sistemas biológicos sea viable a corto y medio plazo. A la luz de los avances en epigenética y biología evolutiva del desarrollo, la asunción de que las células serían una especie de “autómata molecular” programado por su ADN resulta cuanto menos problemática. Los logros recientes de estas disciplinas parecen revelar que la complejidad de los procesos biológicos no puede reducirse al genoma como “motor inmóvil” o “causa incausada” de la vida – y que nos queda mucho por conocer sobre el funcionamiento de los organismos. Por ello se ha señalado que el modelo bioingenieril supone un regreso a modelos mecanicistas, basados en el dominio del espíritu sobre la materia y de la información sobre la estructura, que hoy resultan sumamente problemáticos (Schummer 2011).

El hecho de que, con todo, la tentativa de convertir a la biología en material de ingeniería siga siendo la prioridad incuestionada en las agendas de investigación revela que lo que está aquí en juego no es tanto una “desacralización de lo viviente” ni una *hybris* de científicos jugando a ser Dios, sino una determinada *actitud ante la materia biológica* que viene determinada por criterios externos a la práctica científica. “Para responder a objetivos sociales o humanos, las máquinas moleculares deben ser abstraídas de su entorno natural y ser consideradas únicamente como dispositivos funcionales susceptibles de realizar una serie de operaciones. Una vez que han sido arrancados a su medio [...] pasan a ser una fuerza productiva entre otras. Su funcionamiento debe responder al modelo de la fabricación industrial: producción homogénea, estandarizada, si es posible automatizada” (Bensaude-Vincent 2011, 114). En último término, pese a la pretensión de eliminar todo residuo metafísico de nuestra comprensión de la biología, el resultado parece ser una visión ingenieril y tecnomórfica de la biología, determinada por el interés en las aplicaciones resultantes. Para poder analizarla es necesario, ante todo, explicitar la comprensión implícita de las relaciones entre ciencia, tecnología, naturaleza y sociedad que está en juego en esta propuesta.

\* \* \*

A menudo se afirma que la biología sintética, como otras nuevas tecnologías emergentes, ofrece herramientas fundamentales para hacer frente a los grandes desafíos de las sociedades actuales, tales como “el cambio climático, el suministro decreciente de energía, agua y comida, el envejecimiento de las poblaciones, salud pública, pandemias y seguridad” (LD 2009). Se afirma incluso que, sin el apoyo de estas nuevas tecnologías, sería imposible hacer frente a los niveles de complejidad socio-cultural y tecnocientífica de la civilización humana (Pustovrh 2014, 719). En concreto, la biología sintética promete ofrecer soluciones sostenibles a problemas como el cambio climático y la seguridad energética (OCDE 2014). De acuerdo con ello, sus implicaciones éticas y sociales sólo pueden analizarse teniendo en cuenta sus potenciales beneficios para hacer frente a estos riesgos epocales, sean de origen natural o humano (STAC 2014). En definitiva, se considera que los posibles beneficios son tan grandes que sería peligroso analizar los posibles riesgos de su implementación sin valorar los riesgos que implicaría no implementar sus avances, ya casi al alcance de la mano.

En lugar de analizar críticamente las consecuencias indeseadas del modelo de desarrollo tecnológico vigente, esta argumentación se limita a prometer “una imagen sin conflictos ni contrastes de un mundo de biotecnología totalmente automático, inofensivo para el clima y al que puede darse forma a voluntad. No se menciona quién se beneficiará del proceso y quién tendrá que sufrir sus consecuencias” (Gottwald 2014, 18). Esto revela que, pese al aparente intento de equilibrar riesgos y beneficios de la nueva disciplina, el proceso está decidido de antemano. La nueva capacidad de intervenir y modificar los procesos biológicos debe servir para desarrollar soluciones “técnicas” y “sostenibles” a problemas de origen fundamentalmente social – pero lo social permanece incuestionado. Las “soluciones” que se proponen son respuestas biotecnológicas que ignoran todas las mediaciones. Sin duda, la biología sintética abre numerosos campos de posible aplicación, muchos de ellos útiles y deseables (Schmidt 2012). Sin embargo, sus promesas de “solución” se mantienen a un nivel vago e impreciso, y los “desafíos” a los que pretenden hacer frente adquieren dimensiones abrumadoras. Si uno toma un problema como el agotamiento de los combustibles fósiles, parece difícil que los organismos sintéticos puedan ofrecer soluciones a la altura de una crisis energética marcada por el volumen del consumo global de energía (en constante aumento), la dificultad

para encontrar sustancias con una densidad energética similar a la del petróleo y el descenso de la tasa de retorno energético (ERoEI). Por otra parte, más allá de esto, la tentativa de presentar la biología sintética como respuesta a problemas como el cambio climático o la crisis energética, supondría (en el caso de que sus aplicaciones fueran realmente eficaces, algo que aún está por demostrar) un modelo ingenieril y tecnocrático de gobierno de lo social: una imposición sin alternativas de determinados desarrollos en nombre de la sostenibilidad.

Finalmente, parece olvidarse que la implementación de un avance tecnológico está sometida tanto en su producción como en su distribución a las condiciones económicas que la median –la producción de beneficios–, y eso no depende de los avances tecnológicos o de su capacidad de resolver problemas. Esto puede hacer que sus efectos sean los contrarios a los previstos. Desde luego, ya hay voces que advierten de los problemas socio-económicos que podría implicar la implementación de la biología sintética: desde la creación de monopolios y la concentración de poder derivado de los derechos de propiedad intelectual hasta los problemas de justicia global. Por ejemplo, si se verifica la promesa de que la bio-ingeniería permitirá que todo lo que hoy producen las plantas pueda ser producido por microbios en el laboratorio, las consecuencias para las economías que viven de la agricultura –por lo general las de los países más pobres– serían devastadoras. Por otra parte, como los organismos sintéticos reconvertidos en “fábricas vivas” solo pueden trabajar descomponiendo biomasa (algas, maderas

o azúcares), su inserción en la producción industrial podría significar también la expropiación de grandes cantidades de biomasa a los países tropicales y sub-tropicales, privando a su población de los recursos necesarios para la subsistencia (ETC Group, 2011).

En definitiva: el reto contemporáneo de la sustentabilidad no puede resolverse sólo con aplicaciones tecnocientíficas. Estas pueden aportar contribuciones valiosas, pero es necesario algo más, algo que supone un desafío aún mayor: no sólo se trata de dominar la naturaleza, sino también de dominar nuestro dominio de la naturaleza. Esto exige cuestionar un modelo de innovación que moviliza todos los medios de la investigación científica y tecnológica para someterlos al único imperativo del incremento de la productividad y la generación de beneficios a corto plazo.

\* \* \*

Los retos ético-políticos de la biología sintética nos sitúan ante una situación en la que nuestra capacidad de intervención técnica incrementa notablemente, mientras que los recursos para una actuación responsable parecen cada vez más exiguos. Pero no será inyectando ética en la biología sintética como se resolverán los problemas. El diseño de una “biología a la carta” requiere un diseñador, y eso introduce una intencionalidad que no se puede justificar con criterios científicos o ingenieriles. El mínimo sería dar cuenta de quién diseña, con qué objetivos y con qué pretensiones de legitimidad. De lo contrario, el entusiasmo de los pioneros se topará con buenas razones para la desconfianza.

#### Bibliografía citada:

- Bensaude-Vincent, B. y Benoit Browaeys, D. (2011): *Fabriquer la vie. Où va la biologie de synthèse?*, París.
- Brecht, Bertolt (1968): *Leben des Galilei*, Leipzig, 1968.
- Church, George y Regis, Ed (2012): *Regenesis. How Synthetic Biology Will Reinvent Nature and Ourselves*, Nueva York.
- EGE – European Group of Ethics in Sciences and New Technologies to the European Commission (2009): *Opinion No 25: Ethics of Synthetic Biology*, Bruselas.
- Endy, Drew (2011): “Engineering Biology”: <http://edge.org/conversation/engineering-biology>
- ETC-Group (2011): *The new biomassters: synthetic biology and the next assault on Biodiversity*: [http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/biomassters\\_27feb2011.pdf](http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/biomassters_27feb2011.pdf)
- European Commission (2010): *The Knowledge-Based-Bio-Economy (KBBE) in Europe: achievements and Challenges*, Bruselas.
- Gottwald, Frank y Krätzer, Anita (2014): *Irrweg Bioökonomie*, Berlin.
- Lund Declaration (2009): <http://www.vr.se/download/18.7dac901212646d84fd38000336/>
- OCDE (2009): *The Bioeconomy to 2030. Designing a Policy Agenda*, París.
- OCDE (2014): *Emerging Policy Issues in Synthetic Biology*, París.
- Pustovr, Toni y Mali, Franc (2014): “The Social and Ethical Aspects of Progress in the New and Emerging Sciences and Technologies”, *Teorija in Praksa*, let 51, 5/14, 717-725.
- Rose, Nikolas (2007): *The Politics of Life Itself*, Nueva York.
- Schmidt, Markus (2009): “Do I Understand what I Can Create?”, [http://www.markusschmidt.eu/pdf/chapter\\_06.pdf](http://www.markusschmidt.eu/pdf/chapter_06.pdf)
- Schmidt, Markus, ed. (2012): *Synthetic biology: industrial and environmental applications*, Weinheim.
- Schummer, Joachim (2011): *Das Gotteshandwerk. Die künstliche Herstellung vom Leben im Labor*, Frankfurt am Main.
- STAC (2014): *The Future of Europe is Science. A Report of the President’s Science and Technology Advisory Council*, Bruselas.
- Venter, J. Craig (2013): *Life at the Speed of Light. From the Double Helix to the Dawn of Digital Life*, Nueva York.

