


FUNDACIÓ  
VÍCTOR  
GRÍFOLS  
i LUCAS

## La ética y la biología sintética: cuatro corrientes, tres informes

Thomas H. Murray

Conferencias  
**Josep Egozcue**



Informes de la Fundació Víctor Grífols i Lucas  
La ética y la biología sintética: cuatro corrientes, tres informes  
Edita: Fundació Víctor Grífols i Lucas. c/ Jesús i Maria, 6 - 08022 Barcelona  
fundacio.grifols@grifols.com www.fundaciogrifols.org  
ISBN 978-84-695-4225-5

## Sumario

- Presentación  
*Victoria Camps* ..... 3
- La ética y la biología sintética:  
cuatro corrientes, tres informes  
*Thomas Murray* ..... 5
- Sobre el autor ..... 21
- Títulos publicados ..... 22

## Presentación

Hace un par de años, Craig Venter y su equipo consiguieron sintetizar el ADN de un organismo creando lo que ellos mismos llamaron “la primera célula sintética”. La noticia dio la vuelta al mundo y los titulares de los diarios no dudaron en anunciar que por primera vez se había creado vida artificialmente. A pesar de que el enunciado de la noticia fue inmediatamente desmentido por los primeros científicos que fueron consultados, el asunto no era banal y planteaba una serie de problemas éticos. El primero y más general, el descubrimiento en cuestión era una de las posibilidades de la biología sintética, un concepto nuevo que hace falta descubrir qué es, qué beneficios puede aportar y qué riesgos se pueden derivar. A la biología sintética se la define como “la ingeniería de la biología”, una denominación que comprende técnicas diversas con objetivos diferentes, que van desde las nuevas terapias para curar enfermedades de momento incurables, a nuevos sistemas biológicos o a técnicas de ingeniería genética. El segundo problema ético que plantean las innovaciones como las que caen bajo el paraguas de la biología sintética, es la difusión que se hace y cómo se informa a la gente de los nuevos descubrimientos y de los posibles beneficios y riesgos que se pueden derivar. La información sobre el descubrimiento de Venter no fue afortunada, alarmó a la población y parece que uno de los primeros alarmados fue el presidente de Estados Unidos, Barack Obama, que inmediatamente reaccionó pidiendo a la *Presidential’s Commission* (el comité nacional de bioética) la redacción de un informe sobre la biología sintética y los conflictos de todo tipo – éticos, políticos, jurídicos, sociales – que eran previsibles. La Comisión se puso a trabajar y un año más tarde, el 2011, presentó un excelente informe que aclaraba el concepto, analizaba las posibles aplicaciones de las diferentes técnicas y las contrastaba con los valores éticos fundamentales. Desde entonces, podemos decir que casi todos los comités nacionales de bioética se han interesado por la cuestión y han aportado alguna observación sobre la biología sintética. Por ejemplo, el

Comité de Bioética de España, conjuntamente con el *Conselho Nacional de Ética para as Ciências da Vida* (el comité de bioética portugués) ha elaborado recientemente un informe con el mismo propósito de clarificar y enriquecer el debate sobre el futuro de la biología sintética.

La Fundació Víctor Grífols i Lucas ha aprovechado el marco de las Conferencias Josep Egozcue que se celebran cada año para introducir también este tema e iniciar una discusión sobre posibles problemas. El ponente escogido para abrir las conferencias fue Thomas Murray, presidente hasta hace unos meses de la prestigiosa institución *The Hastings Center*, de Nueva York. Murray es una de las personas que compareció ante la Comisión de Estados Unidos para debatir la cuestión y exponer los puntos de vista de la institución que dirigía. Como participante de primera mano en la elaboración del informe, Murray conocía mejor que nadie el contenido del documento, que expuso en su conferencia al tiempo que introducía su visión personal sobre la actitud ética que hace falta adoptar frente a la biología sintética.

Las Conferencias tuvieron lugar en la Facultad de Comunicación de la Universidad Pompeu Fabra, con la intención de poner un énfasis especial en la cuestión de la divulgación e información de los descubrimientos científicos. A la ponencia de Thomas Murray le siguió una mesa redonda en la que intervinieron los científicos Luis Serrano y Ricard Solé, el jurista Carlos Romeo Casabona, y la periodista Milagros Pérez Oliva. Los dos primeros analizaron la biología sintética desde cuestionamientos científicos y técnicos, Romeo Casabona abordó especialmente el problema de las patentes, y Pérez Oliva trató los inconvenientes y las dificultades de dar a conocer temas complejos a través de unos medios de comunicación que buscan por encima de todo la inmediatez, la simplicidad y el espectáculo.

La ética interpela las innovaciones científicas desde dos puntos de vista: el de las consecuencias y el de los principios. En lo que se refiere al primero, es necesario activar el principio de precaución y evitar que los riesgos de las nuevas técnicas sean más grandes que los beneficios. Hace falta considerar también cuales serán los principales beneficiarios de las posibles aplicaciones de la biología sintética teniendo en cuenta los requerimientos del principio de justicia que exige beneficiar en primer lugar a los menos favorecidos y a los que más lo necesitan. En lo que se refiere a los principios, se ha de considerar y ponderar cuáles han de ser los límites en el control de la naturaleza y en la creación de nuevos organismos vivos. En los dos puntos de vista todo el mundo tiene una parte de responsabilidad en la configuración del futuro de la humanidad. Es evidente que la biomedicina trabaja con el objetivo final de que la vida de las personas mejore y tenga más calidad. Pero determinar qué quiere decir “mejorar” y “tener más calidad” no siempre es fácil, como no lo es dirigir los avances científicos a resolver problemas sociales más graves.

“La buena ética empieza con buenos hechos” dice una máxima del *The Hastings Center* con la cual Murray empezó su intervención. Sin conocer los hechos, sin analizar qué es la biología sintética, la reflexión ética es una especulación sobre conceptos que no toca la realidad ni ayuda a nadie. Es por eso que la Fundació Víctor Grífols i Lucas procura fomentar el debate interdisciplinar a la hora de tratar temas que son éticamente conflictivos. Es lo que pretende esta nueva publicación de las Conferencias Josep Egozcue.

**Victòria Camps**

Catedrática de Filosofía Moral de la Universitat Autònoma de Barcelona y  
Presidenta de la Fundació Víctor Grífols i Lucas.

An abstract graphic composed of several thick, overlapping, light purple lines that swirl and loop across the page, creating a sense of movement and depth. The lines vary in thickness and direction, some forming partial circles or elongated shapes.

## **La ética y la biología sintética: cuatro corrientes, tres informes**

**Thomas H. Murray**

*Investigador senior y presidente emérito en The Hastings Center*

Para comprender qué exige la biología sintética de los ciudadanos, las instituciones y los gobiernos, antes debemos dar respuesta a tres preguntas. En primer lugar, y de conformidad con el principio que promueve el *The Hastings Center*, según el cual la buena ética debe comenzar con buenos datos, estamos obligados a preguntarnos qué es la biología sintética. ¿Nos encontramos ante algo definitivamente nuevo, como mantienen sus partidarios, o se trata más bien de un paso más en los avances científicos y tecnológicos en el campo de la biología, que en un sentido amplio comprendería la biología molecular, la ingeniería genética, la genómica y otras fronteras del conocimiento dentro del campo de las ciencias de la vida? ¿Es algo concreto o una variedad de cosas agrupadas bajo un término que las abarca todas?

En segundo lugar, ¿qué beneficios promete rendir la biología sintética, como la describen sus defensores; qué posibilidades tienen de hacerse realidad, y cuáles son los riesgos principales que provocan cierta preocupación entre los expertos? Las innovaciones científicas y tecnológicas suelen acarrear posibles riesgos y beneficios. Las políticas públicas sensatas pretenden apoyar el rápido desarrollo de aplicaciones beneficiosas y, a la vez, controlar o reducir al mínimo los riesgos.

En tercer lugar, ¿cómo se puede ofrecer una evaluación de los riesgos científica y detallada, y qué medidas en materia de gobernanza se pueden y deben aplicar para alcanzar el equilibrio óptimo entre el fomento del desarrollo positivo de la biología sintética y el control de los riesgos que implique?

Tras una descripción de los principales variantes aglutinados bajo el término «biología sintética» y sus supuestos riesgos y beneficios, estudiaremos tres prestigiosos informes que ilustran la variedad de reacciones al respecto. Dos de los informes han sido elaborados por organismos nacionales de bioética: uno en Estados Unidos, y el otro, mediante una colaboración entre España y Portugal. El tercer informe se atribuye a tres grupos de

la sociedad civil con más de un centenar de organizaciones signatarias. En conjunto, estos tres informes definen las principales dimensiones a lo largo de las cuales se disponen actualmente los análisis éticos y políticos relativos a la biología sintética.

## Cuatro corrientes de biología sintética

El informe de la Comisión Europea sobre biología sintética describía este término como «la ingeniería de la biología: la síntesis de sistemas complejos de base (o inspiración) biológica que desempeñan funciones que no existen en la naturaleza. Este enfoque de la ingeniería se puede aplicar en todos los niveles de la jerarquía de estructuras biológicas... En definitiva, la biología sintética hará posible el diseño de “sistemas biológicos” de un modo racional y sistemático».<sup>1</sup>

Otros organismos han adoptado versiones similares del concepto, en las cuales se hace hincapié en un planteamiento de los sistemas biológicos basado en modelos de ingeniería, acompañado de un diseño racional y sistemático. Los observadores más perspicaces señalarán que los científicos llevan décadas practicando la llamada «ingeniería genética». Sin embargo, el intercambio de genes entre organismos consiste en una actividad mucho más específica que lo que el término «ingeniería» pudiera insinuar. Los científicos suelen trabajar con organismos existentes, en vez de diseñarlos desde cero. Incluso los organismos «sencillos» pueden ser lo suficientemente complejos como para que la usurpación de su metabolismo para provecho humano sea más una cuestión de experimentar y unas veces acertar y otras errar, que el resultado del diseño racional y sistemático asociado a la ingeniería. La primera de las cuatro corrientes comprendidas en el amplio término de la biología sintética es la que menos se parece al modelo de la ingeniería electrónica o de software. Efectivamente, se trata más directamente de una continuación de los avances en biología molecular experimentados a lo largo de las décadas.

Gran parte de la investigación más avanzada que se realiza actualmente en biología molecular no se coloca bajo la etiqueta de «biología sintética», aunque algunas líneas de investigación se han presentado como tales. Esta corriente se podría llamar «ingeniería genética contemporánea entendida como biología sintética».

**La ingeniería genética contemporánea como biología sintética:** Aproximadamente 243 millones de personas presentan síntomas de paludismo cada año y alrededor de 863.000 mueren a causa de la enfermedad. Más del 80% de los fallecidos son niños del África subsahariana<sup>2</sup>. Las terapias más potentes para el tratamiento de la malaria combinan fármacos derivados de la artemisina con otros compuestos antimaláricos. La denominada «terapia combinada con artemisina» (TCA) es una estrategia destinada a retrasar o evitar el desarrollo de cepas del parásito de la malaria resistentes a la artemisina.<sup>3,4</sup>

Desde junio de 2012, la artemisina solo es viable comercialmente mediante la recolección de la planta china del ajeno dulce, que se cultiva en el mundo en vías de desarrollo. Su suministro, sin embargo, está sometido a variaciones estacionales y a las condiciones climáticas. Bajo la dirección de Jay Keasling, un equipo de científicos empleó las herramientas de la ingeniería genética, cada vez más refinadas, en células de levadura para provocar la producción de ácido artemisinico, precursor que se convierte fácilmente en artemisina mediante tres procesos químicos.<sup>4,5</sup> Amyris Biotechnologies, la empresa que ha desarrollado la vía metabólica de la artemisina sintética, afirma que su producción comercial comenzará este mismo año o en 2013, con un coste por dosis de entre 25 y 50 centavos de dólar, un precio muy inferior al de la artemisina de origen botánico.<sup>6</sup>

La artemisina biosintética se presenta como firme candidata a convertirse en la primera aplicación terapéutica destacada atribuida a la biología sintética; efectivamente, sería el primer producto útil de la biología sintética elaborado a gran escala. (Conviene señalar la dificultad de

distinguir entre la actividad de los biólogos moleculares contemporáneos que no se consideran practicantes de la «biología sintética» y la labor realizada con la artemisina que se describe como biología sintética). El mismo equipo de científicos se propone crear microbios con técnicas parecidas para la producción de biocombustibles comercialmente viables.<sup>7</sup> Estos programas de investigación y desarrollo, que se suman a la labor de otros equipos de la competencia, son herederos de la tradición de experimentación biológica que tiene sus raíces en la labor pionera de Cohen y Boyer sobre el ADN recombinante a principios de la década de 1970. Si esto fuera todo lo que ahora llamamos biología sintética, sería complicado defender que representa un cambio radical en lugar de una evolución progresiva. Sin embargo, existen otras ramas de la biología sintética, como la construcción de dispositivos con ADN, que percibe los sistemas biológicos desde una perspectiva muy próxima a la del modelo de la ingeniería.

**La construcción de dispositivos basados en el ADN:** Los ingenieros electrónicos disponen de catálogos de piezas con las que pueden diseñar un sinnúmero de dispositivos. Se pueden ensamblar transistores, condensadores, resistencias y demás componentes para realizar aquellas funciones que el ingeniero desea. Los primeros promotores y desarrolladores de la biología sintética plantearon la posibilidad de imaginar los sistemas biológicos de un modo análogo, de concebir la dinámica de la expresión genética valiéndose de términos como *sensores*, *accionadores*, *motores e interruptores*. El movimiento BioBricks, por ejemplo, consiste en una iniciativa de cooperación para la identificación, la caracterización, la catalogación y el intercambio de «piezas» biológicas. El Instituto Tecnológico de Massachusetts creó un registro de piezas biológicas normalizadas en 2003.<sup>8</sup> El registro fomenta la colaboración de los propios usuarios conforme a un principio de reciprocidad. El movimiento BioBricks adopta asimismo el modelo de código abierto de la propiedad intelectual que han promovido los proyectos de software libre como Linux y Firefox.



La idea que motiva el movimiento BioBricks y la construcción de dispositivos con ADN es ciertamente atrevida: la creación de piezas biológicas simplificadas y normalizadas que se puedan ensamblar para formar sistemas con un comportamiento predecible y conforme a las intenciones del ingeniero. Sin embargo, aún está por ver si esta aspiración se verá realizada o no. Las entidades biológicas son complejas, incluso cuando se trata de supuestos organismos «simples» e intactos. Si bien es cierto que en los sistemas electrónicos se producen bucles de retroalimentación, los organismos biológicos se caracterizan por la adaptación y la evolución, las cuales podrían plantear grandes desafíos para quienes aspiran a rediseñar sistemas biológicos conforme a un modelo de ingeniería.

Drew Endy, una de las figuras destacadas del movimiento BioBricks, alegaba lo siguiente: «Si entiendes la naturaleza como una máquina, es obvio que no es perfecta y que se puede revisar y mejorar».<sup>9</sup> Pero muchos biólogos rechazan la premisa de que la naturaleza se asemeje a una máquina. Además, la idea de que la naturaleza se pueda «perfeccionar» parece ajena a la biología. Las poblaciones de organismos se adaptan a sus entornos o se extinguen. Los entornos cambian. Las especies prosperan más o menos en sus nichos ecológicos, pero resulta difícil imaginar en qué consistiría la «perfección», excepto como metáfora de una adaptación óptima a un entorno específico en un momento determinado. Lo más probable es que Endy se refiera a la remodelación de un sistema ecológico para la óptima satisfacción de una finalidad humana específica, como podría ser la producción de fármacos o biocombustibles, o bien para su actuación como sensor para la detección precoz de enfermedades como el cáncer. La visión de futuro de la construcción de dispositivos con ADN conlleva una forma de ver las entidades biológicas que presenta similitudes con el modo en que los biólogos han comprendido y manipulado históricamente estas entidades; sin embargo, el énfasis en aspectos como la normalización, el carácter intercambiable y la perfectibilidad de las mismas también sugiere diferencias importantes tanto en sus modelos conceptuales como en sus aspiraciones.

**La creación de una célula mínima:** Una tercera corriente de la biología sintética se encamina a la creación o reproducción de organismos completos. El éxito más aclamado recientemente ha sido la labor de Craig Venter y sus compañeros, que han producido la primera «célula sintética»<sup>10</sup>, según afirman. Tras comprobar la secuencia de ADN de un microbio con un genoma relativamente reducido (1,08 millones de pares de bases), encargaron a una empresa que sintetiza ADN la producción de 1.078 segmentos relativamente cortos de ADN (cada uno con 1.080 pares de bases de longitud), los cuales reproducían en su conjunto el genoma bacteriano completo. A continuación, los científicos emplearon células de levadura para ligar los segmentos de ADN en cadenas más largas hasta finalmente obtener un cromosoma completo con todo el complemento de la secuencia de ADN de la bacteria *Mycoplasma mycoides*, al cual añadieron unos «textos»: los nombres de los autores, unas cuentas citas y una dirección de correo electrónico. Podríamos calificarlos de «tatuajes» genómicos: señales decorativas de identificación sin ningún efecto en las capacidades funcionales del organismo. Por último, implantaron este genoma sintético en una bacteria de una especie afín, *Mycoplasma capricolum*, aunque antes tuvieron que desactivar una enzima de la *M. capricolum* que la protege de la invasión de ADN ajeno. Finalmente, el nuevo cromosoma pudo procurar las instrucciones genómicas necesarias para que el organismo siguiera funcionando.<sup>11</sup>

Venter y sus colegas describen la entidad resultante como «célula sintética»<sup>10</sup> alegando que, con el tiempo, todas las estructuras de la bacteria fueron sustituidas por aquellas especificadas por el genoma sintético implantado. Otros científicos prominentes han aportado alternativas a esta explicación, las cuales consideran más acertadas.<sup>12</sup> El genoma funcional era el de un organismo ya existente. Para funcionar, se tuvo que implantar en otra célula bacteriana muy similar y hasta entonces intacta. Se podría igualmente afirmar que la célula «adoptó» a este nuevo genoma.

Una de las posibles aplicaciones de las células mínimas sería la de actuar como chasis, del mismo modo que el chasis de un automóvil; es decir,



como estructura básica a la que se pueden añadir otros componentes para construir el vehículo que se desee. A partir del mismo chasis se puede construir lo mismo un turismo que una camioneta o un todoterreno. En el campo de la biología sintética, un chasis de estas características se podría emplear como base para la construcción de organismos que realizaran una amplia variedad de funciones diferentes. Cabe señalar que la metáfora del chasis se podría aplicar igualmente a organismos como la bacteria *E. coli* o la levadura, que los biólogos moleculares llevan usando desde hace mucho tiempo para la transferencia de nuevos genes y de combinaciones de genes.

**Las protocélulas:** Ed Regis, uno de los máximos exponentes del movimiento para la creación de una nueva biología completamente sintética, declara que su objetivo consiste en la creación de «una entidad viva verdaderamente nueva, aunque no se base en la biología y no se componga de los ingredientes biológicos habituales: ni DNA, ni biomoléculas convencionales, ni membrana celular ordinaria, ni núcleo, ni mitocondrias, ni retículo endoplasmático ni ninguno de los demás elementos vitales de las células biológicas normales y corrientes».<sup>13</sup>

Los precursores de las protocélulas aspiran a cambiar el diseño, a sintetizar y a ensamblar los componentes básicos de una célula, comprendidas las funciones fundamentales que se identifican con la vida, como los mecanismos responsables del metabolismo, el control, la organización y la reproducción. Paradójicamente, tal vez sea posible crear una biología «inorgánica». El éxito de este movimiento, sin embargo, es muy incierto.

De las cuatro corrientes, la ingeniería genética contemporánea entendida como biología sintética es la que se encuentra más próxima a alcanzar logros prácticos. La introducción de la artemisina biosintética, cuando se pueda producir en cantidades suficientemente grandes a un precio por dosis reducido, marcará la llegada de esta corriente de la biología sintética como posible gran contribuyente al bienestar humano. Cabe

observar, sin embargo, que esta corriente es la que resulta más difícil de distinguir de una gran variedad de avances en la biología molecular que no se autodefinen en el marco de la biología «sintética». Las otras tres corrientes —la construcción de dispositivos con ADN, la creación de células mínimas como chasis y el movimiento de las protocélulas— hablan de maravillas que apuntan a su posible importancia. Sin embargo, los logros alcanzados hasta la fecha no arrojan luz alguna sobre cuáles de estas maravillas tendrían repercusiones en nuestras vidas o en nuestro planeta, en caso de que alguna se hiciera realidad.

## Argumentos enfrentados: la continuidad frente a la novedad radical

Las cuatro corrientes que comprenden la biología sintética divergen en distintos grados de las principales escuelas de la biología molecular. La ingeniería genética avanzada que ha permitido la creación de una levadura capaz de sintetizar ácido artemisinico se deriva directamente de estas escuelas de fuerte arraigo. El trabajo que se realiza sobre células mínimas y chasis orgánicos que emplean la síntesis y el ensamblado de ADN a gran escala podría considerarse la consecuencia natural de esas técnicas tan bien implantadas; sin embargo, sus ambiciones tienen algo decididamente novedoso. La construcción de dispositivos con ADN se distancia aún más de lo convencional, y el movimiento de las protocélulas sobrepasa las fronteras convencionales de la biología con su búsqueda de nuevas categorías de vida.

Sean cuales sean sus diferencias, las cuatro corrientes de la biología sintética parecen compartir dos características que apuntan a su distinción de la biología molecular tradicional. En primer lugar, reúnen a nuevas comunidades de investigadores y diseñadores empeñados en que los sistemas biológicos obedezcan sus deseos, entre quienes se encuentran también ingenieros, así como los seguidores del incipiente movimiento

DIYBio (biología «hazlo tú mismo», o «de garaje»). Con el abaratamiento y la amplia disponibilidad de tecnologías como la secuenciación y la síntesis del ADN han surgido diversos colectivos de biólogos independientes, los llamados «DIY».

La segunda característica común consiste en lo que podría denominarse un tipo determinado de mentalidad ingeniera, una forma de ver los sistemas biológicos que hace hincapié en el control y la normalización. Todo intento de establecer una distinción clara y rotunda entre los objetivos y las mentalidades de los científicos e ingenieros que trabajan en biología sintética corre el riesgo de caer en la exageración y en una simplificación excesiva. Quizá sea más práctico plantearlo como un continuo entre cuyos extremos se encuentra la mayoría de los investigadores en el campo de la biología sintética. No obstante, podría ser de utilidad identificar esos extremos y continuos que ayudan a definir las dimensiones dentro de las cuales opera la biología sintética.

Por un lado, el principal objetivo de los científicos consiste en *comprender*, mientras que el de los ingenieros es *construir, predecir y controlar*. Los biólogos moleculares procuran descubrir, mientras que el empeño de los ingenieros moleculares se centra en diseñar. Los científicos se esfuerzan por comprender complejidades y propiedades emergentes incluso cuando esa comprensión implique crear abstracciones simplificadas o construir entidades biológicas nuevas; el objetivo de los ingenieros radica en normalizar al servicio de la eficiencia. Tom Knight, una de las máximas figuras del movimiento BioBricks, ha definido escuetamente esta mentalidad ingeniera: «Una alternativa a comprender la complejidad consiste en deshacerte de ella»<sup>14</sup>

Existen otras diferencias entre los colectivos que podrían ser importantes para la evolución y la gobernanza de la biología sintética. Con la llegada del ADN recombinante, los biólogos reconocieron que su disciplina científica estaba adquiriendo nuevos poderes para hacer el bien —o el mal—. Y con

esos poderes vino la obligación moral de usarlos de un modo responsable y de formar a las próximas generaciones científicas en un uso igualmente sensato. Los ingenieros también han admitido que tienen obligaciones éticas; sin embargo, no cuentan con décadas de experiencia con sistemas biológicos para saber en qué se traducen concretamente esas obligaciones cuando se trata de organismos con capacidad de mutación, adaptación y reproducción.

La biología sintética deriva su carácter novedoso principalmente de los colectivos que participan en la misma y de la mentalidad que estos cultivan. Por tanto, existen razones de peso en favor del argumento de la continuidad y en contra de aquellos que desean presentar la biología sintética como algo radicalmente nuevo.

Los partidarios de la biología sintética tienen muchos motivos para recalcar su novedad. Las nuevas fronteras en el mundo de la ciencia y la tecnología suscitan un gran interés. El concurso anual del iGEM, durante el cual universitarios y estudiantes de secundaria crean nuevos BioBricks y los ensamblan para realizar funciones novedosas, goza de gran popularidad y atrae a equipos de jóvenes entusiastas.<sup>15</sup> La novedad también puede ayudar en la captación de fondos, ya sea en forma de becas gubernamentales o de inversión en compañías nuevas. Las promesas incumplidas de los avances revolucionarios en ingeniería genética causan una merma menor en la opinión pública cuando los científicos declaran que lo que hacen es nuevo y diferente.

Sin duda, la novedad también puede suponer desventajas. El miedo a los peligros de la ingeniería genética, que provocó la declaración de una moratoria en la investigación hasta que se pudieran evaluar los riesgos con mayor precisión y diseñar estrategias para reducirlos al mínimo, es cosa del pasado.<sup>16,17</sup> En la medida en que la biología sintética sea algo novedoso, distinto de los métodos y los objetivos que durante décadas ha cultivado la ingeniería genética, las garantías que pudiera encontrar en su historial

no le son aplicables. La novedad trae consigo el miedo a lo desconocido. En efecto, las críticas más severas a la biología sintética suelen comenzar con referencias a su novedad, como en el reciente informe publicado por varios grupos de la sociedad civil. La Comisión Presidencial de Estados Unidos para el estudio de asuntos bioéticos (PCSBI, por sus siglas inglesas), por otro lado, hizo hincapié en la continuidad de la biología sintética con la biología molecular y la ingeniería genética. No sorprende, por tanto, que encontraran menos motivos para temerla o para someterla a una normativa severa.<sup>18</sup> Analizaré estos informes, junto con el publicado conjuntamente por los organismos nacionales de bioética de España y Portugal,<sup>19</sup> tras una breve descripción de los riesgos y los beneficios que más se mencionan.

## Biología sintética: riesgos y beneficios

Los defensores de la biología sintética imaginan una sorprendente variedad de posibles beneficios. Junto a la artemisina sintética podrían llegar suministros baratos y abundantes de muchos otros fármacos que ahora resultan muy caros, o escasean, o aún no se han inventado. Los organismos sintéticos podrían transformar los residuos agrícolas u otras materias vegetales en biocombustibles. Otros imaginan estanques repletos de organismos que, mediante la fotosíntesis, fabricarían alternativas a los carburantes derivados del petróleo y a otros productos. Se acabaron las extracciones de petróleo de arenas bituminosas o las zonas ecológicamente sensibles bajo la amenaza permanente de vertidos tóxicos: los defensores de la biología sintética imaginan fuentes de energía mucho más ecológicas y nuevas materias primas también más ecológicas para la industria.

Sin embargo, también existen riesgos. Entre los primeros que suscitan el interés de las autoridades legislativas se encuentra la posibilidad de la creación deliberada de patógenos con objeto de causar graves perjuicios a la población, la agricultura o el medio ambiente. Los Estados nacionales

podrían emplear la biología sintética con fines bélicos. Las naciones pueden reunir los conocimientos necesarios para crear dichos patógenos, así como concebir métodos para transformarlos en armas biológicas. La aplicación rigurosa de tratados internacionales efectivos y vinculantes, así como de otros acuerdos, cobra importancia en la medida en que la biología sintética pudiera facilitar a una nación belicosa la creación de armas biológicas.

Con la creciente facilidad con la que se pueden manipular los organismos hoy en día, una realidad que confirma el reciente auge de la biología «DIY» (también denominada biología «de garaje»), la alarma ante el posible uso de la biología sintética por parte de agentes no estatales con fines terroristas (bioterrorismo) es mayor. Los expertos en seguridad buscan métodos para impedir que el equipo, los reactivos o la información necesarios para crear patógenos llegue a manos de terroristas. Pero es bastante probable que estos materiales sean cada vez más accesibles y los científicos son muy reacios a censurar la información, como ha demostrado el reciente interés en la investigación que produjo una mutación del virus de la gripe aviar (H5N1) mucho más contagiosa entre hurones (el modelo animal preferido en los experimentos para investigar la gripe en humanos).<sup>20</sup> Los expertos en guerra biológica proporcionan un dato tranquilizador: por muy fácil que sea crear un patógeno, su transformación en un arma eficaz es muchísimo más difícil, por lo que muy probablemente requiera el empleo de recursos solo disponibles a una nación.<sup>21</sup>

La creación de un patógeno nuevo que se pudiera emplear en una guerra biológica se considera extremadamente difícil. El Consejo Consultivo de Ciencias en materia de Bioseguridad de Estados Unidos (NSABB, por sus siglas inglesas) comunicó en 2006 que: «Los conocimientos científicos actuales demuestran que, a menudo, lo que suele subyacer a estas propiedades es la combinación o la interacción de elementos genéticos, en vez de una secuencia de genes específica. Asimismo, las repercusiones nocivas de los agentes biológicos dependen de la coordinación de

diversos factores, comprendidos la susceptibilidad de los hospedadores, la infecciosidad del agente, la transmisibilidad y la virulencia y la disponibilidad de intervenciones profilácticas o terapéuticas». <sup>22</sup> Los últimos estudios del H5N1 han obligado, como mínimo, a reconsiderar la opinión acerca del grado de dificultad que supone la modificación de un patógeno para aumentar su transmisibilidad.

Sin embargo, la guerra y el terrorismo biológicos no son las últimas fuentes de preocupación; la biología sintética también plantea la posibilidad del «bioerror» o «error biológico»: la creación y liberación involuntaria de algo nocivo. Sin duda, el error biológico no representa un riesgo completamente nuevo; los biólogos pueden causar perjuicios involuntarios de muy diversas maneras. La investigación sobre la gripe aviar que acabo de citar, sin ir más lejos, no hizo uso de la biología sintética. Los técnicos de laboratorios que manejan organismos peligrosos pueden infectarse con un pinchazo accidental y contagiar después a sus familiares y amigos. Los organismos peligrosos pueden infiltrarse en el medio ambiente debido a accidentes en su contención por descuidos, fallos de sistemas o catástrofes naturales, como un terremoto o una inundación.

Si se usan organismos creados con la ayuda de la biología sintética en recuperaciones ambientales o en la limpieza de vertidos de petróleo u otros accidentes industriales, o si unos organismos que se supone deben contenerse en estanques o cubas industriales se escapan al medio ambiente, ¿cuáles son los riesgos? En una de sus recomendaciones, la PCSBI hace mención de unos «genes suicidas» que en teoría eliminarían dichos organismos. Sin embargo, aún queda mucho por investigar antes de que podamos tener la seguridad de que estas salvaguardas fueran a funcionar según lo planeado, o de que los organismos de la biología sintética fueran a comportarse del mismo modo que el resto de los seres vivos, mutándose, adaptándose e intercambiando material genético con otros microbios (un fenómeno muy conocido en la biología que podríamos denominar «besos microbianos de tornillo») <sup>18</sup>

Además de estas dudas con respecto a la salud y al medio ambiente, ciertos grupos de la sociedad civil han planteado otros motivos de preocupación relacionados con la desarticulación y la injusticia en el campo de la cultura y la economía. <sup>17</sup> Señalan, por ejemplo, que es probable que la producción de artemisina biosintética tenga efectos negativos en el precio de la planta china del ajenjo dulce para sus productores de países en desarrollo, lo cual repercutiría en su capacidad para ganarse el sustento. Me ocuparé de estos temas cuando comente este informe.

## Las políticas públicas y la gobernanza

Los organismos nacionales de bioética y los grupos de la sociedad civil han ofrecido una amplia variedad de opiniones sobre la biología sintética. Tres de estas opiniones delimitan un espectro que va desde favorable en general hasta frontalmente opuesta: *New Directions: The Ethics of Synthetic Biology and Emerging Technologies* (Nuevas direcciones: la ética de la biología sintética y de las tecnologías emergentes), de la Comisión Presidencial de Estados Unidos para el estudio de asuntos bioéticos; *La biología sintética*, un informe conjunto del Comité de Bioética de España y del Consejo Nacional de Ética para las Ciencias de la Vida de Portugal; y *The Principles for the Oversight of Synthetic Biology* (Principios para la supervisión de la biología sintética), un informe distribuido por Amigos de la Tierra Estados Unidos (*Friends of the Earth US*), el Centro Internacional para la Evaluación de las Tecnologías (*International Center for Technology Assessment*) y el Grupo ETC, y suscrito por más de un centenar de organizaciones de la sociedad civil. <sup>18</sup>, <sup>19</sup>, <sup>17</sup> En el siguiente análisis me referiré a estos informes como *Nuevas direcciones*, *Biología sintética* y *Principios para la supervisión*, respectivamente.

Los informes hacen hincapié en temas diferentes y asumen formas distintas de organizar y presentar sus conclusiones y recomendaciones. Pero lo que dicen, o dejan de decir, sobre ocho cuestiones concretas resulta revelador.



Las cuestiones son las siguientes: los beneficios, los riesgos, la normativa o gobernanza, las patentes, el papel de la sociedad civil, la justicia, los asuntos éticos y, subyacente a muchos de sus juicios particulares, la posición que ocupan en la cuestión continuidad/ruptura radical.

**Los beneficios:** El informe *Nuevas direcciones* en general muestra bastante optimismo acerca de los posibles beneficios de la biología sintética. En sus tres primeras recomendaciones, urge al Gobierno a coordinar y evaluar la financiación pública de la biología sintética, comprendidos los estudios de evaluación de riesgos y en torno a cuestiones éticas y sociales; a valerse de la evaluación por homólogos para identificar cuáles son las líneas de investigación más prometedoras; y a fomentar la innovación mediante la concesión de licencias y el intercambio. La primera recomendación del informe *Biología sintética* afirma que esta rama «ofrece un potencial desarrollo beneficioso para el ser humano en sectores productivos muy variados, especialmente en el ámbito de la salud, por lo que ha de apoyarse su impulso, sin perjuicio de que se observen las cautelas oportunas». <sup>19</sup> El informe *Principios para la supervisión*, por el contrario, califica la biología sintética de «forma extrema de la ingeniería genética» <sup>17</sup> y no hace mención de posible beneficio alguno. Se centra en los riesgos, la justicia y la gobernanza.

**Los riesgos:** El informe *Principios para la supervisión* afirma que la biología sintética «plantea riesgos sanitarios, ambientales y de seguridad muy significativos, así como complejos desafíos sociales, económicos y éticos». <sup>17</sup> El texto no dedica un gran esfuerzo a defender sus afirmaciones sobre estos riesgos significativos más allá de recitar alegaciones bastante repetidas ya sobre la biología sintética y citando casos como la sintetización del virus de la gripe de 1918 y del poliovirus y el anuncio del equipo de Venter acerca de la creación de una célula sintética. Los autores presentan la biología sintética como algo novedoso y, por tanto, amenazante, por lo que instan a que se le aplique el principio de la precaución. El informe exige explícitamente la creación de estructuras nuevas de supervisión

y regulación, así como la implementación de una moratoria «sobre la liberación y uso comercial de organismos sintéticos». <sup>17</sup>

El informe hispano-luso también adopta el que denomina «principio de la precaución», pero también señala expresamente unos «criterios de flexibilidad» <sup>19</sup> que se inspiran en el principio. El tono aquí empleado contrasta radicalmente con el del informe *Principios para la supervisión*, lo cual no resulta sorprendente, ya que este último documento ofrece un pronóstico mucho más desalentador sobre los posibles riesgos. En *Biología sintética*, se reconocen riesgos como el uso dual, pero se considera que se pueden afrontar debidamente mediante la gestión de riesgos y los mecanismos de control y seguimiento. Para determinadas aplicaciones, el informe propone su sujeción a autorizaciones previas, así como a controles e inspecciones periódicas. No se exige la creación de nuevos organismos reglamentarios ni se recomienda el establecimiento de una moratoria.

La cuarta recomendación de las *Nuevas direcciones* recoge una opinión explícita sobre estos nuevos organismos: «La Comisión no considera necesaria actualmente la creación de nuevos organismos reglamentarios ni entidades supervisoras que se ocupen específicamente de la biología sintética». <sup>18</sup> El informe reconoce el desafío que presentan la novedad y la incertidumbre en un campo de investigación emergente para comprender los riesgos, especialmente los riesgos de sucesos que describe como catástrofes «de baja probabilidad y repercusiones potencialmente importantes». Exige una mayor coordinación entre los distintos organismos públicos a la hora de evaluar los riesgos, así como de analizar las lagunas que puedan existir acerca de la respuesta que el Gobierno debiera dar ante las propuestas de liberación al entorno de organismos sintéticos. El informe solicita que se impongan salvaguardas y controles dirigidos a evitar liberaciones involuntarias de organismos sintéticos, así como que se investigue sobre la incorporación de barreras técnicas en los organismos sintéticos con objeto de limitar o evitar su supervivencia en caso de fuga. En la séptima recomendación, las *Nuevas*

*direcciones* piden que se realicen evaluaciones de riesgos antes de las liberaciones intencionales al entorno; si bien abre la puerta a excepciones «en situaciones de emergencia o tras el hallazgo de una equivalencia importante con productos ya aprobados».<sup>18</sup> Nos encontramos ante una laguna considerable que se presenta en un marco de disyuntiva: si hay una emergencia o si el organismo sintético se considera esencialmente equivalente a otro ya existente, se podría permitir la liberación al entorno sin una evaluación previa. Los autores y signatarios del informe *Principios para la supervisión* probablemente quedarán horrorizados ante esta excepción; el informe hispano-luso no ofrece recomendaciones expresas acerca de la liberación al entorno de organismos sintéticos, pero su propuesta de una interpretación moderada del principio de la precaución y el énfasis puesto en las autorizaciones previas apuntan a que los autores probablemente adoptarían una postura más precavida que la de sus homólogos estadounidenses.

**La gobernanza:** Con respecto a la gobernanza y la supervisión, el informe hispano-luso recuerda que «los poderes públicos y los científicos, los empresarios y emprendedores, y los profesionales de los medios de comunicación deben asumir las responsabilidades que les corresponden de acuerdo con sus respectivas tareas y competencias, de forma que orienten sus acciones a favor de la comunidad y del interés general».<sup>19</sup> El informe concluye que «la autorregulación y la transparencia, en cuanto sirven al interés general, son adecuadas para lograr una prevención eficaz y eficiente de los riesgos vinculados con la utilización de la biología sintética y para la protección de los intereses de los consumidores a través de los mecanismos de participación ciudadana».<sup>19</sup>

El documento *Nuevas direcciones* deposita también una gran confianza en «una cultura continua de responsabilidad y de autorregulación individual y empresarial...»<sup>18</sup> Este informe, sin embargo, presta gran atención a la biología «DIY» y reconoce que las restricciones institucionales y culturales que forman parte de la investigación y el desarrollo académico e industrial

podrían no aplicarse con la misma intensidad al colectivo, cada vez mayor, de practicantes de la biología sintética «de garaje». El documento no aprecia un peligro inminente, pero alienta a que se siga examinando al colectivo y dialogando con el mismo, a través de, entre otros, organismos públicos como el FBI y el Ministerio del Interior de Estados Unidos. También insta al Gobierno a estudiar la posibilidad de exigir ciertos mecanismos de supervisión y presentación de informes independientemente de la situación jurídica: ya se trate de una institución pública o privada, de una gran organización o un particular.

Por su parte, el informe *Principios para la supervisión* exige la adopción de medidas restrictivas, como la prohibición de la «liberación intencionada de organismos sintéticos al medio ambiente para fines tales como la biorremediación u otras aplicaciones»<sup>17</sup> El documento también declara: «Hasta que los principios descritos en esta declaración sean incorporados en la legislación internacional, nacional y local, así como en las prácticas de investigación e industriales, debe implementarse una moratoria sobre la liberación y uso comercial de organismos sintéticos».<sup>17</sup> Los principios a los que se refiere constituyen la parte principal del informe y abarcan una gran variedad de cuestiones. Entre otros se encuentran los siguientes: La aplicación del principio de la precaución; la necesidad de una regulación obligatoria y específica de la biología sintética; la protección de la salud pública y la seguridad en el trabajo; la protección del medio ambiente; la garantía de participación democrática y acceso público a la información; la necesidad de responsabilidad por parte de las empresas y fabricantes.

En términos prácticos, una moratoria sobre «la liberación y el uso comercial de organismos sintéticos»<sup>17</sup> hasta que estos seis principios se incorporen en la legislación internacional, nacional y local además de en la práctica probablemente implicaría que ningún producto de la biología sintética se encontraría disponible en muchísimos años, si es que llegara a estarlo en algún momento.

**Las patentes y la propiedad intelectual:** El documento *Principios para la supervisión* se muestra en desacuerdo con las patentes en la biología sintética: «Las patentes sobre procesos de biología sintética, organismos sintéticos o productos derivados de la biología sintética pueden ahondar en la privatización y control de los procesos y productos de la naturaleza. No se puede permitir a empresas e investigadores patentar versiones sintéticas de organismos naturales. Estas patentes podrían abrir nuevos caminos de biopiratería, y modos de sortear los acuerdos sobre acceso y participación en los beneficios. La transparencia, la seguridad pública y la protección del medio ambiente deben primar sobre cualquier protección de patentes o de propiedad intelectual». <sup>17</sup> El informe no ofrece una versión alternativa de cómo existirían la inversión y el desarrollo sin patentes u otras formas de propiedad intelectual.

El informe de España y Portugal insta a las «autoridades competentes» a evaluar los nuevos aspectos que podrían plantearse en relación con la patente de los procesos y productos derivados de la biología sintética. Lo que les preocupa es que el posible impacto económico de estas patentes «podría vulnerar el principio ético de justicia». <sup>19</sup>

La Comisión Presidencial de Estados Unidos, en sus *Nuevas direcciones*, ofrece un análisis sofisticado de las repercusiones de las patentes en la innovación, pero se preocupa expresamente de no ofrecer «una opción específica sobre la eficacia de las prácticas y políticas de la propiedad intelectual actuales en el campo de la biología sintética». <sup>18</sup> Lo que preocupa a la Comisión no es tanto la justicia, como es el caso de los otros dos informes, como el acceso a la investigación básica y el efecto favorecedor o moderador sobre la innovación. El informe observa con interés la filosofía de «código abierto» del movimiento BioBricks, pero evita pronunciarse a favor de un enfoque concreto citando el testimonio contradictorio ofrecido con respecto a la relación entre los regímenes de la propiedad intelectual y la innovación.

**El papel de la sociedad civil:** Los tres informes reclaman la participación ciudadana. En *Nuevas direcciones* se fomenta el «debate democrático» animando a «científicos, legisladores y grupos religiosos, seculares y de la sociedad civil (...) a mantener un intercambio constante» sobre la biología sintética con los responsables de las políticas públicas y el público. Se recuerda a científicos y legisladores que «contemplen con respeto todas las perspectivas pertinentes a la biología sintética». <sup>18</sup> La Comisión procede de un modo inusual en un organismo bioético al instar a todos a «emplear un lenguaje claro y preciso» y a evitar «términos de moda y frases del tipo “crear vida” o “jugar a ser Dios”...», pues entiende que dichas expresiones dificultan una verdadera comprensión. Incluso llega a sugerir la creación de un mecanismo para que, bajo la supervisión de una organización privada, compruebe las diversas alegaciones en torno a la biología sintética. Por último, el informe recomienda la ampliación de las actividades educativas dirigidas a «estudiantes de todos los niveles, organizaciones de la sociedad civil, comunidades y demás grupos», a cargo de organismos públicos, fundaciones privadas y organizaciones de base. <sup>18</sup>

El documento *Biología sintética* recomienda la creación de comisiones nacionales, autonómicas y locales con la misión de controlar y supervisar las actividades relacionadas con la biología sintética y otras tecnologías emergentes. En función de sus competencias legales, dichas comisiones podrían desempeñar funciones ejecutivas o bien asumir tareas de mero asesoramiento. <sup>19</sup>

La participación ciudadana ocupa un lugar fundamental en *Principios para la supervisión*: «Los Gobiernos deben facilitar que la ciudadanía y los trabajadores y trabajadoras estén incluidos durante todo el proceso de decisión en relación al desarrollo de la biología sintética y los productos de la biología sintética, incluyendo a la hora de establecer la agenda de investigación, así como el contexto y foco de las evaluaciones ambientales. Esto incluye garantizar que las comunidades tengan acceso a opiniones científicas y legales independientes sobre los proyectos propuestos». <sup>17</sup>



Además de esta exigencia de asesoramiento científico independiente, el informe reclama expresamente un lugar para los «conocimientos tradicionales»: «Las oportunidades de participación en las decisiones sobre biología sintética no deben ser reducidas a aportaciones científicas. Otras formas de conocimiento, incluyendo conocimientos tradicionales, así como el análisis de consideraciones culturales, legales, sociales y económicas debe tener un peso importante en el proceso de toma de decisiones». <sup>17</sup> El informe insiste en que se preste especial atención a tres categorías de población: las comunidades, especialmente las más desfavorecidas, donde puede que se localicen instalaciones comerciales; los sindicatos de trabajadores y las organizaciones de seguridad laboral que trabajen con este tipo de exposición; las comunidades preocupadas por las implicaciones sociales, culturales y económicas relacionadas con el uso de la tierra u otras cuestiones pertinentes.

**La justicia:** Como evidencia su énfasis en la participación de las comunidades más desfavorecidas y de los trabajadores, los *Principios para la supervisión* muestran una gran preocupación por el tema de la justicia. Los principales ejes de la justicia, desde su punto de vista, se encuentran entre ricos y pobres y entre el Norte y el Sur. El mensaje de apoyo recogido en la contraportada del informe, de Vandana Shiva, una activista del medio ambiente, muestra claramente la visión del mundo que alienta el informe: «La biología sintética, la próxima oleada de la ingeniería genética, permite a las industrias de semillas, de insumos agrícolas y petróleo rediseñar la vida para seguir lucrando con ella. Esas compañías quieren ahora adueñarse de los bosques y los territorios en el Sur Global para fabricar los llamados biocombustibles para aviones y barcos de los ejércitos o para fabricar nuevos cosméticos para los ricos. Usando biología sintética, la dictadura de los agrocombustibles se une a la dictadura de la alimentación, resultado del primer tipo de ingeniería genética. Estos *Principios para la supervisión* de la *biología sintética* son una herramienta importante para ayudar a la gente a gobernar estas nuevas tecnologías». <sup>17</sup>

Como observamos anteriormente, la preocupación del informe *Biología sintética* en torno a esta cuestión se centra en las injusticias que pudieran ocasionar las patentes. La propuesta de creación de comisiones en diversos ámbitos territoriales parece dirigirse fundamentalmente a la prevención de riesgos y al beneficio de la comunidad, pero igualmente podría reforzar las garantías procesales contra la injusticia.

El último de los cinco principios enunciados por la Comisión Presidencial de Estados Unidos consiste en «promocionar la justicia y la equidad». Aplicando este principio a la biología sintética, en sus últimas dos recomendaciones, las *Nuevas direcciones* instan a que los riesgos de la investigación y de la producción comercial «no se repartan de manera injusta». El informe aborda también el tema de la justicia y la equidad en los beneficios: «Los fabricantes y demás organizaciones interesadas en el uso de la biología sintética con fines comerciales deben garantizar que los riesgos y los posibles beneficios a las comunidades y al medio ambiente se sometan a evaluación y gestión de modo que los riesgos más graves, comprendidas las repercusiones a largo plazo, no sean asumidos injusta o innecesariamente por determinados individuos, subgrupos o poblaciones. Estos esfuerzos también deben dirigirse a garantizar que los avances importantes que pudieran resultar de la investigación lleguen a aquellos individuos y poblaciones a quien más pudieran beneficiar». <sup>18</sup>

La Comisión también es consciente de los ejes entre ricos y pobres, por un lado, y entre el Norte y el Sur, por otro, tan importantes en los *Principios para la supervisión*, pero al prever posibles beneficios además de riesgos, el contraste en el tono empleado no podría ser mayor: «(...) gran parte del optimismo que se ha generado en torno a la biología sintética se deriva directamente de su potencial para abordar varios de los problemas más graves y persistentes asociados a estas disparidades. La biología sintética ofrece posibles aplicaciones que podrían beneficiar especialmente a poblaciones más desfavorecidas, como una mejor calidad y un mayor acceso a vacunas contra enfermedades infecciosas, a medicamentos y a fuentes energéticas». <sup>18</sup>

**Consideraciones éticas más allá de las consecuencias:** Entre las características más interesantes de la biología sintética destaca su capacidad para plantear cuestiones éticas más allá del terreno acostumbrado de las consecuencias, como son los riesgos y los beneficios, o la justicia. Los especialistas han estudiado cuestiones relacionadas con los límites apropiados al control de la humanidad sobre la naturaleza y sobre la creación o recreación de vida.<sup>23</sup> En un proyecto de investigación del *The Hastings Center*<sup>24</sup> se exploraron varias de estas cuestiones, tras lo cual se concluyó (1) que eran poderosas y se debían tomar en serio, y (2) que mientras que la biología sintética se limitara a trabajar con formas de vida no más complejas que microbios unicelulares, dichas consideraciones no representaban un verdadero obstáculo ético. Esta situación podría cambiar en el momento en que la biología sintética adoptara formas de vida más complejas, especialmente de vida humana.

De los tres informes, tanto los *Principios para la supervisión* como la *Biología sintética* centran su interés en las cuestiones éticas relacionadas con consecuencias como los riesgos y los beneficios, así como la justicia. En ninguna de las recomendaciones de ambos informes se abordan expresamente otras preocupaciones al margen de las consecuencias, si bien el documento *Biología sintética* las expone con motivo de las reivindicaciones del equipo de Venter de haber creado una célula sintética. El informe observa que las afirmaciones de esta naturaleza «invitan a reflexiones de gran calado»<sup>19</sup> Pero sus autores no están convencidos de que en este caso se creara vida, ni una célula viva, de modo que pasan rápidamente a cuestiones que estiman más inmediatamente pertinentes; es decir, a cuestiones relacionadas con las consecuencias y la justicia. Los *Principios para la supervisión* siguen centrándose en los riesgos y en la justicia, sin mencionar otras categorías de interés ético.

Las *Nuevas direcciones*, por el contrario, recomiendan la revisión de las objeciones morales a la biología sintética a medida que la disciplina se desarrolle. Exigen la creación de un «proceso iterativo y deliberativo (...)»

especialmente si se producen cambios fundamentales en las capacidades de esta ciencia y sus aplicaciones». En las observaciones que preceden a la décima recomendación, los autores mencionan expresamente unas «objeciones intrínsecas», diferenciadas de las consecuencias como tales o de las cuestiones de justicia.

**La continuidad frente a la ruptura radical:** Dos de los informes aquí analizados hacen hincapié, en términos generales, en la continuidad que existe entre la biología sintética y otras formas anteriores de biociencia y tecnología. El documento *Nuevas direcciones* reconoce que puede que en el horizonte se perfilen «avances revolucionarios», pero también concluye que «las investigaciones del Instituto Venter y la biología sintética se encuentra en las primeras etapas de una nueva dirección en *un proceso continuo y prolongado de investigación en biología y genética*».<sup>18</sup> [cursiva propia]. El informe es consciente de que existen nuevas incorporaciones, como ingenieros y biólogos «de garaje»; pero en su análisis y sus recomendaciones impera la versión de la continuidad.

El documento de España y Portugal estima igualmente que la labor del equipo de Venter produjo una nueva «herramienta biotecnológica», pero que distó mucho de crear vida nueva. El informe declara «(...) en ciencia no existen descubrimientos que surjan de la nada, que no tengan antecedentes o que irruman de un cerebro privilegiado o tan originalmente inteligente que no tenga la necesidad de recorrer lo que otros ya descubrieron, describieron o intuyeron».<sup>19</sup> El informe observa además que las cuestiones éticas «no son, en esencia, distintas» de las que se han planteado en otras muchas tecnologías.<sup>19</sup> La versión de la continuidad triunfa nuevamente.

Los *Principios para la supervisión* son la excepción. Su descripción de la biología sintética como «forma extrema de la ingeniería genética» apunta a la continuidad, pero en su análisis y recomendaciones se subraya su carácter novedoso y su ruptura con respecto a lo anterior.

El informe exige la aplicación rigurosa del principio de la precaución y una «regulación específica para la biología sintética que sea ejecutable y perseguible judicialmente», además de «los niveles más estrictos de contención física, biológica y geográfica, así como una evaluación de impacto ambiental independiente para cada actividad o producto propuesto».<sup>17</sup>

Por un lado, parece que los *Principios para la supervisión* se adhieren al carácter excepcional de la biología sintética; es decir, a efectos de legislación y supervisión la considera algo muy distinto a las tecnologías anteriores, como la ingeniería genética, y por tanto necesitada de una forma nueva y diferente de controlar sus riesgos y de garantizar la justicia. Aunque también pudiera ser que los autores de este informe estén retomando viejas batallas con la esperanza de convencer a los lectores de que la biología sintética es lo suficientemente distinta de la ingeniería genética y de los alimentos transgénicos como para poder recuperar el campo perdido en esas contiendas. Aún queda por ver si sus llamamientos a la protección de los derechos y la salud de los trabajadores, así como a la justicia para las comunidades del Sur Global encontrarán resonancia en el contexto de la biología sintética.

## La malaria, la artemisina y la biología sintética

¿Tienen importancia las diferencias que se encuentran entre estos informes? Sería injusto reducir estos tres documentos tan complejos y polifacéticos a caricaturas o clasificaciones simples. Si bien muchas cuestiones se abordan en los tres, los informes difieren ampliamente en el grado de atención que prestan a cada una de las mismas, y mientras unas se subrayan en un informe, es posible que en los otros no reciban apenas mención. En lugar de centrarnos en generalidades, puede que resulte más esclarecedor analizar un caso concreto. Uno obvio sería el de la producción de artemisina sintética para complementar o suplantar a la

artemisina de extracción botánica, derivada de la planta china del ajeno dulce, que se cultiva en muchos países en vías de desarrollo.

Las *Nuevas direcciones* cuenta la historia de la biología sintética y la artemisina como una en la que reinan las buenas intenciones, las alianzas inteligentes y un enorme beneficio potencial para los cientos de millones de personas infectadas con el parásito de la malaria cada año. El informe describe el desarrollo de la capacidad de producción de artemisina sintética a escala industrial como «un ejemplo que demuestra como los intereses académicos, públicos, no-lucrativos e industriales han confluído para promocionar el bienestar mundial».<sup>18</sup> En alusión a la artemisina y la posible producción de biocombustibles, las *Nuevas direcciones* afirman: «Es muy conveniente que no cejen los esfuerzos por encontrar estas y otras aplicaciones y por garantizar, en caso de éxito, que lleguen a aquellos individuos y poblaciones a quienes más pudieran beneficiar»<sup>18</sup>

Por contraste, en el análisis de la artemisina sintética de los *Principios para la supervisión* se observa correctamente que la biología sintética podría «sustituir la producción botánica de materias primas basadas en plantas (caucho, aceites vegetales o artemisina, por ejemplo), por sistemas de producción en cubas usando organismos sintéticos, o dirigir la producción a plantas modificadas genéticamente».<sup>17</sup> El informe afirma más adelante que dichos sustitutos «podrían tener graves impactos económicos en la población que depende de la agricultura, pesca o silvicultura. Estos impactos y el impacto de la extracción de la biomasa y el acaparamiento de tierras asociado debe ser tenido en cuenta en cualquier evaluación de riesgos. Estas evaluaciones deben incluir una participación pública activa y completa por parte de las comunidades afectadas».<sup>17</sup>

A menos que se suspendan las leyes de la economía, cuando se produzca artemisina sintética en grandes cantidades y a menor precio (si esto llega a ocurrir), los productores de ajeno dulce percibirán una reducción en la demanda de su cultivo. Salvo que encuentren otros mercados para el

ajenjo dulce o que adopten otros cultivos igual de rentables, sus sustentos se verán afectados. ¿Qué opinarían estas comunidades, viendo que probablemente sufrirán grandes pérdidas económicas, si se les consultara sobre la producción de la artemisina sintética? Quizá se mostraran abnegadas y misericordiosas. Quizá dijeran que es más importante garantizar un suministro barato y abundante a los enfermos de malaria que para ellos ganar dinero. ¿Pero qué sucedería si siguieran el camino del interés propio? ¿Qué sucedería si estas comunidades, que podrían verse muy seriamente afectadas, se opusieran a la producción o a la distribución de la artemisina sintética? ¿Qué peso debería acarrear su opinión en la decisión de si se produce lo suficiente para satisfacer las necesidades del mundo a un precio muy inferior?

Los *Principios para la supervisión* intentan defender a los pobres y a los desvalidos, a los trabajadores, al Sur Global, a las personas cuyas voces se llevan ignorando desde hace mucho tiempo, lo cual merece nuestro reconocimiento. Sin embargo, al optar por no considerar siquiera los posibles beneficios que podrían derivarse de la biología sintética, el informe pierde utilidad. (La palabra «malaria» no aparece ni una sola vez en todo el informe). Tampoco cabe esperar que con su recomendación, perfectamente sopesada, de incluir una «participación pública activa y completa»<sup>17</sup> de las comunidades afectadas se fueran a resolver todas las cuestiones espinosas.

Partiendo de que sea igual de segura y eficaz que su equivalente botánica, la decisión de producir y distribuir artemisina derivada de la biología sintética o no es bien sencilla: por supuesto que deberíamos hacerlo. Beneficiaría a cientos de millones de personas tanto en el Sur Global como en otras regiones del planeta. Aunque se quejaren los productores de ajeno dulce. Sería mucho más beneficioso invertir en métodos para mejorar la salud y el sustento de las comunidades de productores de ajeno dulce que aislarlos del cambio a costa de la salud de muchísimas más personas.

Es probable que otros productos de la biología sintética presenten balances de riesgos y beneficios mucho más complejos, así como problemas más arduos relacionados con la justicia. Existen destellos de lucidez en cada uno de los informes estudiados. Esperemos que el debate mundial en torno a la biología sintética beba de todos ellos.

## Bibliografía

1. Comisión Europea. *SynBiology: An Analysis of Synthetic Biology Research in Europe and North America*. 2005.
2. Whitehorn C, Breman J. «Epidemiology, prevention, and control of malaria in endemic areas». *UpToDate*. 2012. Disponible en: <http://www.uptodate.com/contents/epidemiology-prevention-and-control-of-malaria-in-endemic-areas>. Acceso a la página: 9 de abril de 2012.
3. Organización Mundial de la Salud. *Informe Mundial sobre el Paludismo*. 2010.
4. «Synthetic biology extends anti-malaria drug artemisinin's effectiveness». *News Medical*. 2009. Disponible en: <http://www.news-medical.net/news/2009/03/08/46650.aspx?page=2>.
5. Hale V, Keasling J D, Renninger N, Diagana T T. «Microbially derived artemisinin: a biotechnology solution to the global problem of access to affordable antimalarial drugs». *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2007, 77 (Suplemento 6), 198-202.
6. Comunicado de prensa de Amyris. «Artemisinin – Anti-malarial Therapeutic». Disponible en: <http://www.amyris.com/en/markets/artemisinin>.
7. Sample I. Jay Keasling: «We can use synthetic biology to make jet fuel». *The Guardian*. 2011. Disponible en: <http://www.guardian.co.uk/technology/2011/feb/27/jay-keasling-synthetic-biology-diesel>.
8. Registry of Standard Biological Parts. Disponible en: [http://partsregistry.org/Main\\_Page](http://partsregistry.org/Main_Page). Acceso a la página: 9 de abril de 2012.
9. Est R V, Vriend H D, Walhout B. *Constructing Life: The World of Synthetic Biology*. La Haya; 2007.
10. Hotz R. «Scientists Create Synthetic Organism». *The Wall Street Journal*. 2010.
11. Gibson D G, Glass J I, Lartigue C y cols. «Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome». *Science*. 2010, 329(5987), 52-6. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20488990>. Acceso a la página: 29 de febrero de 2012.
12. Bedau M, Church G, Rasmussen S y cols. «Life after the synthetic cell». *Nature*. 2010, 465(7297), 422-4. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20495545>. Acceso a la página: 16 de abril de 2012.
13. Regis E. *What Is Life?: Investigating the Nature of Life in the Age of Synthetic Biology*. Nueva York: Farrar, Straus and Giroux; 2008.
14. Ball P. «Synthetic biology: starting from scratch». *Nature*. 2004, 431(7009), 624-6. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15470399>. Acceso a la página: 16 de abril de 2012.
15. Smolke C D. «Building outside of the box: iGEM and the BioBricks Foundation». *Nature Biotechnology*. 2009;27(12):1099-102. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20010584>.
16. Rugnetta M. «The Promise and Dangers of Synthetic Biology». *Science Progress*. 2010. Disponible en: <http://scienceprogress.org/2010/07/the-promise-and-dangers-of-synthetic-biology/>.
17. Hoffman E, Hanson J, Thomas J. *Principios para la supervisión de la biología sintética*. 2012, 1-20.
18. Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues. *New Directions: The Ethics of Synthetic Biology and Emerging Technologies*. 2010.
19. Comité. *Biología Sintética: Informe conjunto del Comité de Bioética de España y del Conselho Nacional de Ética para as Ciências da Vida de Portugal*. Lisboa-Barcelona; 2011. Disponible en: [http://www.comitedeioetica.es/documentacion/docs/es/CBE-CNECV\\_Informe\\_Biologia\\_Sintetica\\_24112011.pdf](http://www.comitedeioetica.es/documentacion/docs/es/CBE-CNECV_Informe_Biologia_Sintetica_24112011.pdf)
20. Fouchier R A M, García-Sastre A, Kawaoka Y. «Pause on avian flu transmission studies». *Nature*. 2012, 481(7382), 443. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22266939>. Acceso a la página: 16 de abril de 2012.
21. King N. «Biological Terrorism». *Science, Technology, and Society: An Encyclopedia*. 2005:28-30.
22. The US National Science Advisory Board for Biosecurity (NSABB). *Addressing Biosecurity Concerns Related to the Synthesis of Select Agents*. 2006.
23. Kaebnick G. «Of Microbes and Men». *Hastings Center Report*. 2011, 41, 25-28.
24. Bedau M A, Carlson R, Gutmann A, Kaebnick G E, Murray T. *Synthetic Biology and the Ethics of Human Ingenuity*. 2011.



## Acerca del autor

Thomas H. Murray, doctor honoris causa en medicina por la Universidad de Uppsala, es presidente de *The Hastings Center* de Nueva York. El doctor Murray dirigió anteriormente el Centro de Ética Biomédica de la Universidad Case Western Reserve de Cleveland, Ohio, donde también ocupó la cátedra Susan E. Watson de bioética.

Murray ha ocupado importantes cargos relacionados con la bioética, entre los que destacan el de presidente de la *Society for Health and Human Values* y de la *American Society for Bioethics and Humanities*. Asimismo, es uno de los directores y fundadores de la revista *Medical Humanities Review*, y se encuentra en las juntas editoriales de las publicaciones *The Hastings Center Report*, *Human Gene Therapy*, *Politics and the Life Sciences*, *Cloning, Science, and Policy*, *Medscape General Medicine*, *Teaching Ethics*, *Journal of Bioethical Inquiry* y *Journal of Law, Medicine & Ethics*. El doctor Murray, que ha comparecido ante un gran número de comités del Congreso de Estados Unidos, es autor de más de doscientas publicaciones.

## Entre sus publicaciones destacan:

- Sports Enhancement. «From Birth to Death and Bench to Clinic», *The Hastings Center Bioethics Briefing Book for Journalists, Policymakers, and Campaigns 2009-2009*, The Hastings Center 2008.
- Murray, T. H., «Enhancement», *The Oxford Handbook of Bioethics*, Bonnie Steinbock (ed.), Oxford University Press, 2007.
- Loland, S., Murray, T. H., «The ethics of the use of technologically constructed high-altitude environments to enhance performances in sport», *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17, 193-195, 2007.
- Green, N. S., Dolan, S. M., Murray, T. H., «Newborn Screening: Complexities in Universal Genetic Testing», *American Journal of Public Health*, vol. 96, n. 11, Noviembre 2006.
- Botkin, J.R., Clayton, E. W., Fost, N., Burke, W., Murray, T. H., Baily, M.A., Wilfond, B., Berg, A. and Ross, L. F., «Newborn Screening Technology: Proceed with Caution», *Pediatrics*, vol. 117, n. 5, Mayo 2006.

## Títulos publicados

### Cuadernos de Bioética:

28. *La ética en las instituciones sanitarias: entre la lógica asistencial y la lógica gerencial*
27. *Ética y salud pública*
26. *Las tres edades de la medicina y la relación médico-paciente*
25. *La ética, esencia de la comunicación científica y médica*
24. *Maleficencia en los programas de prevención*
23. *Ética e investigación clínica*
22. *Consentimiento por representación*
21. *La ética en los servicios de atención a las personas con discapacidad intelectual severa*
20. *Retos éticos de la e-salud*
19. *La persona como sujeto de la medicina*
18. *Listas de espera: ¿lo podemos hacer mejor?*
17. *El bien individual y el bien común en bioética*
16. *Autonomía y dependencia en la vejez*
15. *Consentimiento informado y diversidad cultural*
14. *Aproximación al problema de la competencia del enfermo*
13. *La información sanitaria y la participación activa de los usuarios*
12. *La gestión del cuidado en enfermería*
11. *Los fines de la medicina*
10. *Corresponsabilidad empresarial en el desarrollo sostenible*
9. *Ética y sedación al final de la vida*
8. *Uso racional de los medicamentos. Aspectos éticos*
7. *La gestión de los errores médicos*

6. *Ética de la comunicación médica*
5. *Problemas prácticos del consentimiento informado*
4. *Medicina predictiva y discriminación*
3. *Industria farmacéutica y progreso médico*
2. *Estándares éticos y científicos en la investigación*
1. *Libertad y salud*

### Informes de la Fundación:

5. *La ética y la biología sintética: cuatro corrientes, tres informes*
4. *Las prestaciones privadas en las organizaciones sanitarias públicas*
3. *Clonación terapéutica: perspectivas científicas, legales y éticas*
2. *Un marco de referencia ético entre empresa y centro de investigación*
1. *Percepción social de la biotecnología*

### Interrogantes éticos:

3. *La subrogación uterina: análisis de la situación actual*
2. *Afectividad y sexualidad. ¿Son educables?*
1. *¿Qué hacer con los agresores sexuales reincidentes?*

Para más información: [www.fundaciongrifols.org](http://www.fundaciongrifols.org)