

Omnipotencia tecnocientífica y responsabilidad

La biología sintética en el horizonte de la bioeconomía

Jordi MAISO

Instituto de Filosofía - CSIC

En un horizonte temporal marcado por perspectivas de crisis y amenazas de catástrofe socio-ecológica, tan sólo el desarrollo tecno-científico parece estar en condiciones de relanzar la confianza en el progreso. En los últimos años, los avances en las ciencias de la vida han posibilitado un avance triunfal de las biotecnologías, que parecen estar en condiciones de atajar los principales males que asolan a las sociedades contemporáneas – en forma de hambre, enfermedades, catástrofes climáticas y crisis energéticas. El telos de la nueva tecnología parece dirigirse a despojar a la *physis* de toda fatalidad, prometiendo así un nuevo grado de poder sobre ella: de ahí las consignas de “re-fabricar el mundo átomo por átomo” (nanotecnología), “fabricar lo viviente” y construir formas de vida “a la carta” (biología sintética). “El único límite es la imaginación”, parece ser literalmente su divisa. Y de hecho en los últimos años se han lanzado promesas que van desde la “mejora” de la condición humana –en las distintas variantes del discurso transhumanista (More y Vita-More, 2013)– hasta la resurrección de especies extinguidas como los neandertales (Church y Regis, 2012). Este modelo de desarrollo tecnocientífico parece regirse por un sueño de omnipotencia que recuerda una de las divisas preferidas de Walt Disney: “*if you can dream it you can do it*”.

Sin embargo, estos dueños han surgido en un horizonte histórico cuya gravedad desmiente todo parecido con un mundo maleable por la fantasía. A nivel ecológico-ambiental, las últimas cuatro décadas han estado marcadas por la insoslayable toma de conciencia de los límites y

lagunas del conocimiento científico y sus capacidades de intervención, así como de nuestra propia condición vulnerable, en tanto que seres “interdependientes y ecodependientes” (Riechmann 2012). Hoy sabemos que los efectos de la actividad humana podrían amenazar, no solo la salud y la integridad física de muchos habitantes del planeta, sino la propia supervivencia de la especie. El discurso de sostenibilidad –aún allí donde es mera estrategia de negocio– revela el secreto que tácitamente todos conocemos: que el sistema social en el que vivimos es, a medio y largo plazo, insostenible. Lo que amenaza nuestra supervivencia en el planeta no son accidentes tecnológicos o catástrofes naturales, sino la lógica que guía el modelo social y económico, el *business as usual* que pretende un crecimiento ilimitado en un planeta de recursos limitados (Schmieder 2010). Si hay un aspecto desatendido a propósito de la globalización, es la globalización de los problemas ecológicos: el cambio climático, la escasez de energía, el crecimiento demográfico y el desequilibrio de recursos, la acumulación de residuos y la deforestación; que las generaciones venideras tendrán que hacer frente al agotamiento de los stocks de petróleo, de gas, de los yacimientos de uranio de cuyo pillaje ha dependido en gran medida el “bienestar” de algunas regiones del mundo en las últimas décadas (cfr. Fernández Durán y González Reyes, 2014); la escasez de tierra cultivable, agua y materiales para una población creciente; la extinción irreversible de especies animales como consecuencia de la acción humana llevada por lógicas sociales. De la promesa de un capitalismo que ofreciera paz y bienestar para todos en un mundo unificado hemos pasado a una situación con distintos callejones sin salida, ligados a la exigencia compulsiva de crecimiento que guía el sistema económico y su depredación de recursos. Ya Gorz había notado: “Podemos imaginar toda clase de paliativos para uno u otro de los callejones sin salida resultantes de la crisis. Sin embargo, la novedad estriba en que la crisis se verá agravada en última instancia por cada una de las soluciones parciales y sucesivas mediante las cuales pretendamos superarla” (Gorz, 2008, 74).

De acuerdo con esta panorámica, parecería obvio que nos encontramos en una fase histórica clave: de un lado marcada nuevas capacidades tecnológico-productivas, pero también por el riesgo de una destrucción sin perspectivas del nivel de civilización alcanzado, que parece acercar la perspectiva de un escenario de catástrofe¹. El ritmo del desarrollo tecnocientífico se ha acelerado enormemente y, a la vez que se ha incrementado enormemente el margen de lo posible, la capacidad para comprender y regular las tecnologías emergentes parece haber disminuido. Nos encontramos en un escenario nuevo, marcado por “la inaudita potencia tecnocientífica, lo lejano en el espacio y el tiempo de los posibles impactos, la extensión de los efectos en un mundo crecientemente globalizado, los problemas de irreversibilidad, la magnitud de los posibles daños, el deterioro creciente de sistemas biosféricos fundamentales...” (Riechmann, 2002, 10). Ante esta situación, la ética científica no puede contentarse con continuar afirmando los principios científicos “sólidos” frente a los

¹ En su estudio sobre el fin del Imperio Romano Ward-Perkins ha mostrado que es posible que el declive de un modelo de civilización de lugar a una “edad oscura” que tenga como consecuencia una brutal caída de los niveles de vida (que en el caso de la Edad Media duró de 5 a 7 siglos): desaparecieron las redes comerciales y por tanto la economía misma, se produjo un notable empobrecimiento en las técnicas de construcción, en la calidad de los artilugios, en el nivel de alfabetización, etc. “El final del Occidente romano fue testigo de horrores y de una dislocación que espero no tener que vivir nunca; y destruyó una civilización compleja, arrojando a los habitantes de occidente a un nivel de vida típico de tiempos prehistóricos. Antes de la caída, los romanos estaban tan seguros como nosotros hoy de que su mundo continuaría existiendo fundamentalmente sin transformaciones. Se equivocaban. Haríamos bien en no repetir su complacencia” (Bryan Ward-Perkins: *The Fall of Rome and the End of Civilization*, Oxford: Oxford University Press, 2005, p. 183). Cfr. también Sacristán de Lama, 2008.

“casos extremos aislados”, entendidos como una especie de “accidentes en la autopista de la modernización”, sino que es necesario tomar conciencia de que es la propia lógica de la modernización nos ha llevado a una situación que exige nuevas cotas de responsabilidad. En este sentido, la creación de “comités de ética” y “grupos de expertos” con formación en ciencias humanas no ofrece una respuesta a la altura de los problemas en liza. Estas tentativas se limitan a proponer modelos para digerir transformaciones tecno-científicas con un gran potencial disruptivo cuya implementación –en la mayoría de los casos– está decidida de antemano (Türcke 1992). La incorporación de las ciencias humanas responde así a un déficit de legitimación de la investigación tecno-científica y su tarea queda circunscrita a cubrir las cuestiones de “gobernanza” y “gestión de riesgos” de las aplicaciones tecno-científicas. Sin embargo el verdadero problema de fondo persiste. Como ha señalado Jorge Riechmann, el quid es que no estamos en grado de dominar nuestro dominio de la naturaleza. Hacer frente al desafío que esto comporta exige una reflexión sobre las condiciones materiales, sociales y económicas que llevan a considerar “asumibles” los riesgos que pueden implicar las nuevas biotecnologías. Y eso implica cuestionar el propio modelo de investigación vigente.

La investigación científica: entre el reto epocal de la sustentabilidad y los imperativos sistémicos de la productividad

Lo que está en juego en el modelo actual de desarrollo tecnocientífico es el paso a un paradigma de “innovación” en el que la aplicación tecnológica impera sobre el trabajo científico. Es decir, en este modelo ya no son los métodos científicos los que garantizan la viabilidad de los fines, sino que el fin –las distintas aplicaciones “deseadas”– parecen justificar todos los medios que haya que movilizar para su consecución (Forman 2007, 72). El problema es que el sistema de I+D+i coloca a la investigación científica en un lugar ambiguo: su función ya no es tanto el conocimiento de la realidad y el descubrimiento de la verdad –que habían determinado su función desmitologizadora en la edad moderna–, sino el aumento productividad y competitividad en el régimen económico vigente. La investigación se encuentra por tanto cada vez más sometida a imperativos sociales heterónomos, y la amenaza que esto implica para la libertad de investigación se refleja en las propias condiciones para acceder a la financiación. También las condiciones de posibilidad de la investigación científica dependen de los omnipresentes imperativos económicos – y también sobre las ciencias pesa la amenaza (tan conocida en las humanidades) de ser declarados “poco rentables”.

A esto se añade la paulatina toma de conciencia de que el periodo de bienestar generalizado en los países occidentales en las décadas que siguieron a 1945, que dieron lugar a un gran optimismo en las posibilidades de expansión y crecimiento económico, se están topando ineluctablemente con sus límites bio-físicos – fundamentalmente el agotamiento de la energía barata basada en los combustibles fósiles, que fueron uno de los principales soportes de un periodo de prosperidad sin precedentes en una parte del planeta (Altvater 2012). Ya en 1972 André Gorz había anunciado: “Tomar en cuenta las externalidades se ha vuelto una cuestión de vida o muerte para la humanidad entera” (Gorz, 1973, 282). Desde entonces se ha hecho cada vez más evidente que nos encontramos en una fase histórica marcada, por un lado, por el aumento de lo técnicamente posible, y por otro por la persistencia de la incertidumbre ante un posible escenario de catástrofe y quiebra de la civilización. El futuro aparece, más que nunca, como algo que construimos a través de nuestras acciones presentes, pero sus efectos

permanecen por un plazo mayor de tiempo del que estamos en grado de predecir. Las repercusiones de decisiones erróneas pueden tener consecuencias fatales.

A partir de los años 70, organismos como el Banco Mundial, la OCDE o el FMI se preocupan también por cuestiones “ambientales”, pero hasta hoy su acción ha sido ineficaz: “La extracción de recursos y la emisión de residuos per cápita sigue aumentando a escala planetaria ofreciendo de hecho un horizonte de deterioro más sombrío del que se vislumbraba hace treinta años. Las más de tres décadas transcurridas desde que se planteó la incompatibilidad de las tendencias actuales con la salud del medio ambiente planetario parecen suficientes para dudar de si los planteamientos y los medios utilizados apuntan de verdad a cambiar dichas tendencias o, por el contrario, están ayudando a apuntalarlas” (Naredo, 2010, 19 s.). Sin duda, puede decirse que los discursos oficiales están cifrando las esperanzas en algo tan quimérico como contrarrestar los efectos de las amenazas socio-ecológicas mediante tecnologías “mágicas” que prometen sacarnos de los callejones sin salida sin cuestionar la lógica sistémica que nos ha traído hasta ellos (cfr. por ejemplo Lund Declaration, 2009). En este marco, se asume que la actividad tecno-científica sería neutral, imparcial y objetiva –afirmación que no resiste un examen de las condiciones de financiación de la investigación científica–, y se da por sentado que sólo su desarrollo podría ofrecer soluciones para problemas definidos en términos puramente “técnicos”.

En este sentido, en el horizonte de la crisis económica y socio-ecológica a la que nos enfrentamos, las grandes promesas se cifran en la hoha de ruta de la llamada “bioeconomía” (OCDE, 2006). Ésta, aprovechando los avances recientes en las ciencias de la vida, y particularmente en biología molecular, se propone “optimizar” los “productos y procesos biológicos” para extraer el “valor latente” en ellos (OCDE 2006). El objetivo es reconfigurar objetos, ciclos, principios químicos y patrimonios genéticos de lo viviente y cortarlos a la medida del incremento de la productividad y los criterios de eficiencia de la producción industrial. Se trata de un proyecto científico-económico, pero sobre todo político: una alianza de intereses de industria, grandes inversores, política e investigación científica que intenta abrir un nuevo ciclo económico más allá de la crisis (Pavone 2012). El resultado sería la promesa de un feliz matrimonio que uniría la vuelta al crecimiento económico con la sostenibilidad ambiental – una punta de lanza del “desarrollo sostenible”, oxímoron que ha permitido mantener el mito del crecimiento económico a la vez que ofrece la sensación de que los desafíos ecológico-ambientales están siendo atendidos.

El problema de la hoja de ruta de la bioeconomía es que pretende responder a las catástrofes que se ciernen sobre la sociedad global sin cuestionar en ningún momento su marco: promete ser una respuesta *lucrativa* a los desafíos de la sustentabilidad, y de hecho su modelo persiste obstinadamente en la persecución de beneficios a corto plazo en un régimen competitivo. Se trata de un nuevo ámbito en el que relanzar la carrera por la innovación, y ningún postor quiere quedarse fuera.

Las promesas de la biología sintética en el marco de la bioeconomía

La biología sintética, y en concreto la bioingeniería, es una pieza clave en la bioeconomía. Su objetivo es sentar las bases para convertir la biología en objeto de ingeniería. A través de la aplicación de principios de la ingeniería al material biológico, la biología sintética aspira a fabricar componentes biológicos que no existen en la naturaleza o para re-diseñar y modificar sistemas biológicos ya existentes. De este modo permitiría un nivel de intervención mucho

mayor del de la ingeniería genética “tradicional”: ya no se trata de recombinar la información genética de organismos existentes, sino de diseñar y crear formas de vida parcial o totalmente artificiales: estarían “hechas a medida” para desempeñar determinadas funciones. Su idea fundamental es que todo sistema biológico puede ser entendido como un conjunto de elementos funcionales relacionados entre sí (de modo análogo al de los artefactos tecnológicos), que por tanto pueden ser recombinados, posibilitando que la ingeniería deje de ser una pura metáfora para convertirse en una verdadera metodología con la que construir sistemas biológicos de forma intencional. De este modo la disciplina promete un salto cualitativo en las posibilidades de intervención en la naturaleza.

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 Lily Kay (1993) y Nikolas Rose (2007) ha denominado la “visión molecular de la vida”. Dicha visión 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. 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 deseos². En principio, el ideal de la bio-ingeniería 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, refuncionalizar, optimizar, etc. La pregunta es: ¿desde qué criterios?

En el entramado de intereses que marca hoy la agenda de investigación tecno-científica, la orientación está clara: “Se trata de engendrar descendientes de bacterias que se adapten a las necesidades de la industria y el medio ambiente” (Nau 2002). 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:

² “Por ejemplo, imaginemos que queremos producir un organismo que pueda vivir a una temperatura de 200 grados centígrados, que emita un brillo rojizo ante la presencia de un determinado agente contaminante y que pueda después digerir dicho agente y convertirlo en algo inofensivo. La estrategia consistiría en identificar la secuencia genética que permite a los organismos vivir bajo 200 grados centígrados, encontrar la secuencia genética que producirá una proteína de rojo fluorescente en cuanto algo la active, encontrar el modo en que dicho activador sea sensible al contaminante en cuestión, y finalmente encontrar la secuencia genética que permitirá a una bacteria digerir el contaminante. El paso siguiente sería mandar [...] la codificación de estas secuencias de bases del ADN a *Blue Heron* o *DNA 2.A* –dos ejemplos de lo que se conoce como ‘fundiciones de ADN’– y ellos se encargarían de convertir las secuencias de código en secuencias de ADN biológico y mandártelas por correo a cambio de unos pocos centenares de dólares. Este ADN puede entonces ser insertado en un ‘chasis’, por ejemplo, levadura, para producir un ‘bicho’ que vivirá a 200 grados centígrados, emitirá un brillo rojo ante la presencia de cierto contaminante y se lo comerá. Este es el sueño de la biología sintética: nada de misterios, nada de vitalismo, solamente mecanismo” (Rose, 2013, 24).

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 y Regis, 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. Por ejemplo, a corto plazo se aspira a re-diseñar microbios para que produzcan etanol o bioplástico a partir del maíz. También se espera que microbios o microalgas sintéticas logren descomponer celulosa y convertir los carbohidratos en combustibles de hidrocarburos más ricos en energía que el etanol, o levadura modificada capaz de fermentar los azúcares del maíz para producir propanediol, con el que se pueden construir fibras sintéticas como la sorona que podrían reemplazar el nylon. En efecto, el interés industrial por la biología sintética está creciendo rápidamente, y el paso del laboratorio a la aplicación es cada vez más rápido: importantes corporaciones energéticas, químicas, farmacéuticas y de producción de alimentos están ya invirtiendo en investigación³. De la nueva disciplina se esperan aplicaciones médicas, agronómicas, en la producción de biocarburantes, agentes descontaminantes, síntesis de productos naturales y química industrial “sostenible”. La biología se transformaría así en una tecnología de producción que aspira a dar lugar a una nueva “revolución industrial” de base biológica.

No hay duda de que esta perspectiva armoniza perfectamente con los objetivos de la bioeconomía (OCDE, 2006). 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. “Sigue habiendo un montón de biología que se entromete en el camino de la ingeniería”, como afirmaba hace unos años una estudiante de la Harvard Medical School (cfr. Kwok 2010.) 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,

³ Shell, Exxon, BP, Total o Petrobras, BASF, Dow o Cargill invierten en Amyris, Synthetic Genomics, DuPont, Iogen, Metabolix y otras compañías de BS (cfr. The International Civil Society Working Group in Synthetic Biology: “A Submission to the Convention on Biological Diversity’s SBSTTA on the Potential Impacts of Synthetic Biology on the Conservation and Sustainable Use of Biodiversity”, 2011, p. 13 s.).

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 y Benoit-Browaëys, 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.

Respuestas tecnológicas para problemas sociales

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” (Lund Declaration 2009). Se afirma incluso que, sin el apoyo de estas nuevas tecnologías, sería imposible hacer frente a los niveles de complejidad socio-cultural y tecno-científica 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, STOA 2012). 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 y Kratzer 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 los cuales pueden ser 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).

El reto de dominar nuestro dominio de la naturaleza

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 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. En este sentido no basta con demandar más ciencia, sino que hay que combatir los condicionantes socio-económicos que marcan las pautas de investigación: la coacción a aumento incesante de la productividad en un modelo basado en la compulsión al crecimiento en un régimen competitivo. Esta es la coacción que lleva a asumir todos los riesgos como un “precio necesario”. Los gestores de la “gobernanza” de la biología sintética se preguntan cómo “gestionar” esos riesgos, pero no quieren oír hablar del principio de precaución, que impone que toda implementación de nuevas tecnologías y toda liberación de organismos sintéticos en la biosfera debe ir precedida por la garantía de que dicha acción no va a producir daños irreversibles. El peligro es que, en la gestión de riesgos, los costes de la investigación sean también “externalizados”, mientras que sus eventuales beneficios quedan en manos de unos pocos. Y es que la hoja de ruta de la bioeconomía, marcada por la OCDE y asumida por la UE y los Estados Unidos, es un proyecto científico-político con enormes

consecuencias sociales, no un desarrollo tecnológico ineluctable. Su programa incluye “una visión articulada de lo que es y debería ser la buena sociedad, los bienes comunes y las formas más adecuadas de cómo deberíamos relacionarnos unos con otros, con la naturaleza y con la sociedad misma” (Pavone 2012, 149). Aquí es donde nos topamos con los límites de la regulación: ante un modelo productivo que ha cortado un sistema de i+D a su medida y del que depende la financiación de toda forma de producción de conocimiento, ¿hay una agencia real para implementar políticas de investigación distintas? ¿Qué entidades podrían regular la lógica desbordada de la innovación marcada por el incremento de los recursos y la puesta en valor de la naturaleza? ¿Quién financiará las actividades de seguimiento y control necesarias, o la investigación para buscar alternativas?, ¿quién podrá limitar o prohibir las prácticas nocivas? Hasta ahora la política se ha limitado a crear el marco de condiciones (legales y de investigación) que permitían el desarrollo global del proyecto de la bioeconomía: se han puesto de manifiesto sus posibles beneficios, pero se han silenciado sistemáticamente sus riesgos y peligros; los problemas socio-ecológicos se reconocen, pero sólo en la medida en que pueden ser un ulterior motivo a su favor.

Las promesas 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 exigüos. En este sentido resulta elocuente la frase de Richard Feynman que esta disciplina emergente ha convertido en su divisa: “Aquello que no puedo crear, no lo comprendo”. La pregunta que se plantea hoy sería más bien: ¿comprendemos realmente aquello que estamos en condiciones de crear? En su libro *La obsolescencia del hombre*, Günther Anders (2011) señalaba que el desarrollo tecnológico nos estaba llevando a una situación en la que somos capaces de producir cosas que exceden nuestra capacidad de concebir, de comprender, y desde luego también de asumir responsabilidad de sus posibles consecuencias. A la luz de estos avances, este diagnóstico sigue siendo inquietantemente actual. Si además tenemos en cuenta los enormes intereses en juego en la implementación de la bio-economía, el margen para un desarrollo responsable de la biología sintética parece inquietantemente escaso.

Bibliografía

- Altvater, Elmar (2012): *El fin del capitalismo tal y como lo conocemos*, Madrid: El viejo topo.
- Anders, Günther (2011): *La obsolescencia del hombre. Vol. 1*, Valencia: Pre-textos.
- Bensaude-Vincent, Bernadette y Benoit-Browaëys, Dorothee (2011): *Fabriquer la vie. Ou va la biologie de synthèse*, París: Seuil.
- More, Max y Vita-More, Natasha, eds. (2013): *The Transhumanist Reader: Classical and Contemporary Essays on the Science, Technology and Philosophy of the Human Future*, Chichester: Wiley.
- Church, George y Regis, Ed (2012): “Regenesis. How synthetic biology will reinvent nature and ourselves”, Nueva York: Basic Books.
- Endy, Drew (2012): “Diseñar la biología”, en J. Brockman (ed.): *Vida*, Barcelona: Crítica, pp. 253-274.
- ETC-Group (2011): *The new biomassers: synthetic biology and the next assault on*

Biodiversity:

http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/biomassters_27feb2011.pdf

Fernández Durán, Ramón y González Reyes, Luis (2014): *En la espiral de la energía* (2 vols.), Madrid: Libros en acción.

Forman, Paul: “The Primacy of Science in Modernity, of Technology in Postmodernity and of Ideology in the History of Technology”, *History and Technology*, 21: 1, 2007, pp. 1-152.

Gorz, André (1973): *Critique du capitalisme quotidien*, París: Galilée, 1973.

Gorz, André (2008): *Crítica de la razón productivista*, Madrid: Los libros de la Catarata.

Gottwald, Frank-Theo y Krätzer, Anita (2014): *Irrweg Bioökonomie. Kritik an einem totalitären Ansatz*, Berlin: Suhrkamp.

Kay, Lily (1993): *The Molecular Vision of Life*, Nueva York: Oxford University Press.

Kwok, Roberta (2010): Five hard truths for synthetic biology. *Nature*, No. 463: 288-290.

Lund Declaration (2009): <http://www.vr.se/download/18.7dac901212646d84fd38000336/>

Naredo, José Manuel (2010): *Las raíces económicas del deterioro ecológico y social*, siglo XXI: Madrid.

Nau, J-Y. (2002): “Les apprentis sorciers de l’ADN inventent une nouvelle genèse”, *Le Monde*, 2 de marzo de 2002.

OCDE (2006): *The Bioeconomy to 2030. Designing a Policy Agenda*, Paris.

OECD (2014): *Emerging Policy Issues in Synthetic Biology*, Paris.

Pavone, Vincenzo (2012): “Ciencia, neoliberalismo y bioeconomía”, *Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad*, nº 20, vol. 7, pp. 145-161.

Pustovr, T. y Mali, F. (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.

Riechmann, Jorge (2002): “Un principio para reorientar las relaciones de la humanidad con la biosfera”, en J. Riechmann y J. Tickner (coords.): *El principio de precaución*, Barcelona: Icaria.

Riechmann, Jorge (2012): *Interdependientes y ecodependientes. Ensayos desde la ética ecológica (y hacia ella)*, Barcelona: Proteus.

Rose, Nikolas (2007): *The Politics of Life Itself*, Nueva York: Princeton University Press.

Rose, Nikolas (2013): “Las políticas de la vida en el siglo XXI”, en: A. Quintanas (ed.): *El trasfondo biopolítico de la bioética*, Girona: Documenta Universitaria, pp. 19-34.

Sacristán de Lama, José David (2008): *La próxima Edad Media*, Barcelona: Bellaterra.

Schmidt, Markus, ed. (2012): *Synthetic biology: industrial and environmental applications*, Weinheim: VCH.

Schmieder, Falko, ed. (2010): *Die Krise der Nachhaltigkeit. Zur Kritik der politischen Ökologie*, Frankfurt am Main / Nueva York: Peter Lang, 2010.

Schummer, Joachim (2011): *Das Gotteshandwerk. Die künstliche Herstellung von Leben im Labor*, Berlin: Suhrkamp.

STAC (2014): *The Future of Europe is Science. A Report of the President’s Science and Technology Advisory Council*, Brussels.

STOA (2012): *Making Perfect Life. European Governance Challenges in 21st Century Bio-Engineering*, Brussels: European Commission.

Türcke, Christoph (1992): *Die neue Geschäftigkeit. Zur Ethik- und Geistesbetrieb*, Lüneburg: zu Klampen.

Ward-Perkins, Bryan (2005): *The Fall of Rome and the End of Civilization*, Oxford: Oxford University Press.