



BIOECONOMÍA Y SOCIEDAD

*Alfredo Aguilar Romanillos**

Director grupo de trabajo «Bioeconomía», Federación Europea de Biotecnología;
exjefe de Unidad Biotecnologías, Comisión Europea

Resumen

La bioeconomía tiene muchas facetas. Necesita una sólida base científico-técnica y un tejido agroindustrial dinámico e innovador para ser capaz de abordar rápida y eficazmente los nuevos retos que se le presenten. Además, la bioeconomía, al tener un abordaje interdisciplinario e intersectorial necesita interaccionar con un gran número de interlocutores sociales, tanto a escala local, regional, nacional y global. El éxito de la bioeconomía dependerá, en gran parte, de la repuesta que sepa dar a las numerosas cuestiones éticas, tales como destino del suelo, reparto de los recursos hídricos, sostenibilidad de la biomasa y de los ecosistemas y medida del impacto y beneficios de la bioeconomía.

Los retos a los que se enfrenta la humanidad son globales: seguridad alimentaria, superpoblación, cambio climático, nuevas fuentes de energía, entre otros, y la respuesta debe serlo también. Es necesario reforzar el diálogo bilateral y global con objeto de acordar una agenda común que conduzca a acciones concertadas de los numerosos países que han elaborado estrategias de bioeconomía. Con objeto de alcanzar el máximo impacto sería deseable que las iniciativas en bioeconomía se incorporen a los procesos multilaterales, tales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas y similares. Para ello, se necesita urgentemente el desarrollo de una «Biodiplomacia».

Abstract

The bioeconomy is multifaceted. It needs a solid scientific and technical base and a dynamic and innovative agroindustrial fabric in order to quickly and effectively address any new challenges that arise. In addition, the bioeconomy is interdisciplinary and intersectoral, meaning it must interact with great number of social partners, at the local, regional, national and global scale. The success of the bioeconomy will depend, to a great extent, on its responses to the numerous moral questions, such as land use, water resource allocation, and sustainability of the biomass and ecosystems, as well as its impact and benefits.

The challenges humanity faces are global, including food security, overpopulation, climate change, and new energy sources, and our response to these must be, too. It is necessary to reinforce bilateral and global dialogue to agree on a common agenda that will lead to coordinated action from the numerous countries which have developed bioeconomy strategies. To achieve the greatest possible impact, bioeconomy initiatives should be added to multilateral processes, such as the United Nations Sustainable Development Goals. To do this, we urgently need to promote a «Biodiplomacy».

1. Introducción

El lector, a lo largo de los capítulos que forman este volumen, podrá percibir la dimensión interdisciplinaria e intersectorial de la bioeconomía. El primer abordaje a la bioeconomía suele ser reduccionista. Incluso a veces es percibida con un cierto escepticismo, como si la bioeconomía no fuera más que un nombre nuevo para denominar una actividad conocida y familiar. Así, dependiendo de los distintos operadores, a la bioeconomía se le ha identificado

* Las opiniones expresadas en este artículo son las del autor y no pretenden representar las de ninguna institución, organismo o país mencionado en el mismo.

como una nueva versión de la biotecnología, o de la agricultura, o de la silvicultura o de muchos otros sectores que tocan la bioeconomía. Es cierto que la bioeconomía es parte y se nutre de los conocimientos y experiencias de muchas disciplinas científicas y tecnológicas, como también de diversos sectores industriales. Pero como se puede ver en numerosos ejemplos en otros capítulos de este libro, la bioeconomía trasciende las disciplinas científicas y tecnológicas, así como los sectores industriales, cuando adquiere un impacto socioeconómico y cobra una plena dimensión política con una decidida vocación transformadora de nuestras sociedades. No es pretencioso afirmar que la bioeconomía pretende ser, por una parte, una catarsis sobre la forma en que gestionamos los recursos naturales y la biosfera, y por otra intenta llamar la atención sobre la necesidad de un nuevo paradigma para gestionar los grandes desafíos que la humanidad tiene planteados en la actualidad, tales como cambio climático, seguridad alimentaria, incremento de la población, uso sostenible de los recursos naturales y preservación del medioambiente.

A partir de los datos que salen a la luz sobre aspectos aparentemente tan diferentes como el ritmo de crecimiento de la producción agrícola, uso de agua, aumento de la población, desperdicio de alimentos, etc., numerosos pensadores y líderes políticos indican que nuestro sistema lineal de producción y crecimiento económico no es sostenible a escala planetaria. Es necesario, por tanto, llevar a cabo una profunda reflexión sobre cómo gestionar y hacer compatible el uso racional y sostenible de los recursos biológicos con un incremento de la población mundial imparable, al menos en las próximas décadas, que permita, al mismo tiempo, un desarrollo económico lo más inclusivo posible. A esa reflexión la bioeconomía pretende dar respuestas que sean sólidas desde el punto de vista científico-técnico, económicamente viables, sostenibles medioambientalmente, socialmente aceptables y cuyos beneficios lleguen a la mayor parte de la población.

Este capítulo intenta resaltar la importancia de una sólida base científico-técnica y de un tejido industrial dinámico e innovador como prerequisites para que la bioeconomía tenga éxito. También se esbozan otros temas que trascienden los puramente académicos o técnicos, como pueden ser el establecimiento de una agenda común para la bioeconomía, lo que implica entre otras cosas un diálogo entre los poderes públicos, la industria, el mundo académico y la sociedad en su conjunto. También se trata la necesidad de una bioética para la bioeconomía, ya que sería un grave error tener un abordaje reduccionista. Hay numerosos temas en la toma de decisiones y en la aplicación de la bioeconomía en la sociedad, que requieren reflexiones y discusiones con contenidos éticos con el objeto de aunar consensos en la toma de decisiones. Otro tema que requerirá estudios y discusiones mucho más profundas que las que se esbozan en este artículo es el de la gobernanza de la bioeconomía. Por último, se hace una reflexión sobre lo que se ha venido en llamar *biodiplomacia*, de forma que los grandes retos del planeta sean discutidos y se tomen decisiones en los grandes foros internacionales. En resumen, este capítulo intenta modestamente esbozar, de una forma no exhaustiva y sin ninguna pretensión dogmática, algunos de los temas que aún no aparecen en los foros de discusión sobre bioeconomía con la importancia que merecen. El autor es plenamente consciente, que no están

todos los temas que merecerían ser abordados ni con la profundidad deseada. Si este artículo estimula esta discusión, habrá cumplido su función.

2. La bioeconomía necesita una sólida base científico-técnica

El concepto de bioeconomía surgió a principios del siglo XXI en la Unión Europea como la forma de proyectar a la sociedad los avances y los nuevos paradigmas generados en Biotecnología, agricultura y alimentación. El concepto pionero fue lo que en tiempos se llamó KBBE (*Knowledge-Based Bio-Economy*), o «bioeconomía basada en el conocimiento» en su versión española¹. Este nuevo concepto germinó en el seno de los programas de investigación de la Unión Europea. La novedad era que incorporaban elementos que no eran frecuentes hasta entonces, tales como impacto socioeconómico, implicación y compromiso industrial, plan de explotación de los resultados, etc. De estos ejemplos, poco a poco fue surgiendo un esbozo de estrategia política que cobró cuerpo en 2012 con la Estrategia Europea de Bioeconomía². Se establecieron como prioridades más importantes el asegurar una sólida base científico-técnica, la promoción de la innovación, la colaboración entre el mundo académico e industrial y el desarrollo de nuevas capacitaciones que favorecieran la incorporación de nuevas ideas, procesos y productos. Estas prioridades implicaban invertir más en innovación, desarrollo y actividades de demostración, pero con un abordaje nuevo, que consistía en incidir en los grandes retos que tienen nuestras sociedades: garantizar la seguridad alimentaria, gestionar los recursos naturales de una forma sostenible, reducir la dependencia de los recursos no renovables, y en particular de los recursos fósiles, mitigar y en la medida de lo posible adaptarse al cambio climático. Un aspecto igualmente crítico era que la bioeconomía fuera una fuente de nuevos puestos de trabajo y de competitividad europea.

El proceso evolutivo que ha seguido la Unión Europea desde los primeros programas de investigación, que coincidieron en el tiempo con la incorporación de España a la Unión Europea en 1986, hasta el desarrollo de una estrategia de bioeconomía con los consiguientes medios financieros y políticos para su apoyo, ha durado casi tres décadas. A lo largo de estos años se ha desarrollado un amplio consenso entre todos los sectores implicados: científicos, industriales, políticos y, por supuesto, la sociedad civil sobre los elementos claves a desarrollar en esa estrategia. Este amplio consenso ha ayudado a reforzar la estabilidad del proceso decisonal, alejando el peligro de políticas erráticas, dependiendo del color político que esté en los puestos decisionales. Aguilar *et al.* (2013) han publicado un análisis crítico de la evolución y de los cambios de estrategias y prioridades a lo largo de los primeros 30 años de los programas de investigación en Biotecnología y en Ciencias de la Vida en la Unión Europea³. El lector también puede consultar otra publicación sobre la génesis de la bioeconomía en la Unión Europea, y de una forma particular sobre el papel que jugaron los programas de investigación dirigidos

¹ COMISIÓN EUROPEA (2007).

² COMISIÓN EUROPEA (2012).

³ PATERMANN y AGUILAR (2018).

a optimizar el impacto socioeconómico de la investigación y la consiguiente movilización de los líderes políticos para diseñar una verdadera estrategia de bioeconomía en Europa⁴.

Las políticas y estrategias, si no van acompañadas de iniciativas presupuestarias y acciones concretas que catalicen las expectativas científico-técnicas y sociales, se convierten a menudo en papel mojado. Para evitar esto, en el programa Horizonte 2020 de I+D+i de la UE, que tiene una duración desde el 2013 al 2020, se han dedicado cerca de 4.000 millones de euros a promover la bioeconomía. Una gran parte de ese presupuesto está destinado al establecimiento de la Empresa Común para las Bioindustrias⁵ y el resto a la promoción de políticas y actividades de I+D+i en el área de la bioeconomía. Bell *et al.* (2018) han publicado recientemente un artículo sobre el desarrollo de la Estrategia Europea de Bioeconomía desde su creación en 2012 hasta ahora en el marco de la UE⁶. Estrechamente ligada al desarrollo de la Estrategia de bioeconomía, ha sido creación de la Empresa Común de Bioindustrias, que es la iniciativa público-privada de mayor envergadura en el mundo en el área de las bioindustrias⁷.

3. ...y de un sector agrícola e industrial dinámico e innovador

El sector industrial, junto con el sector agrícola son elementos claves para el florecimiento de la bioeconomía. La relación entre el mundo académico e industrial y agrícola es de interdependencia. Ninguno de ellos puede desarrollar una bioeconomía exitosa sin el otro. Es necesario desterrar la visión periclitada de un desarrollo lineal y en un solo sentido de la investigación: de la investigación básica a la aplicada y por último a la industria o a la agricultura. Es necesario también abandonar la idea reduccionista de que el sector académico es el único que genera nuevas fuentes de conocimiento y la industria actúa solamente como receptor y explotador de ese conocimiento. La innovación, entendida en sus dos acepciones: la de desarrollar nuevas ideas y conceptos, como la que tiene por objetivo la creación o modificación de un producto, y su introducción en un mercado, no es patrimonio exclusivo del mundo académico o de la industria.

Hoy en día la innovación, en un sentido amplio, es un concepto que deben interiorizar y practicar todos los sectores relacionados con la bioeconomía. La función de los poderes públicos es estimular iniciativas financieras que promuevan la innovación, tanto en el sector público como en el privado, así como el desarrollo de políticas coherentes que fomenten una colaboración sinérgica entre el mundo académico y los sectores productivos. No hay que olvidar, sin embargo, que es necesario seguir apoyando la investigación básica o fundamental de excelencia y al mismo tiempo promover activamente lo que se viene denominando *mission oriented research*, o investigación orientada hacia objetivos. Los países más avanzados científica y económicamente de nuestro entorno lo vienen ya aplicando desde hace tiempo con resultados muy positivos.

⁴ REGLAMENTO UE (2014).

⁵ BELL *et al.* (2018).

⁶ MENGAL *et al.* (2018).

⁷ ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE BIOECONOMÍA (2015) y COMISIÓN EUROPEA (2013).

4. Políticas coherentes

Casi todas las estrategias sobre bioeconomía, incluidas la de la UE y la española⁸, han mencionado explícitamente la necesidad de desarrollar unas políticas coherentes con la bioeconomía o adaptar las ya existentes. Este tema, aparentemente sencillo, se ha visto en la práctica que es uno de los escollos más importantes a la hora de maximizar el impacto de la bioeconomía. El advenimiento tardío, en comparación con otras políticas de largo recorrido, como energía, transporte, medioambiente, agrícola y otras, ha puesto en evidencia algunas fricciones entre esas políticas y las que resultan de aplicar las estrategias de bioeconomía. No es posible abordar en este capítulo los complejos aspectos de la aplicación de políticas intersectoriales, por lo que solo se darán unas pinceladas a algunos ejemplos concretos. Uno de los temas más controvertidos es el dilema con respecto a la utilización del suelo agrícola: por un lado, dedicarlo prioritariamente para la alimentación humana y animales de granja, o seguir exclusivamente las tendencias del mercado y producir plantas con la finalidad de obtener biocombustibles (principalmente, remolacha azucarera para la obtención de bioetanol o colza para biodiésel), en el caso de que estos últimos tuvieran precios superiores a los de los alimentos. En este sentido es reconfortante que, tanto en las estrategias de la UE como en la de España, así como en las de numerosos otros países, se ha dejado muy claro y de una forma inequívoca que no puede haber una dicotomía entre la producción de alimentos y la de biocombustibles. Sin duda, la que debe prevalecer, independientemente del precio del producto final en el mercado, es el uso agrícola destinado a la alimentación humana y animal. La alimentación, no puede considerarse solo como una *commodity* más, es decir como una mercancía, desprovista de cualquier valor social o ético más allá de su valor de mercado. Prescindir de la ética sería lanzar un torpedo a la línea de flotación de la bioeconomía, ya que decisiones de ese tipo serían inaceptables para amplios sectores de la sociedad. Hay que evitar a toda costa que se repitan los errores que se cometieron con la introducción de los OGM (organismos genéticamente modificados o transgénicos) en el mercado, en particular ignorar las objeciones o los intereses de los consumidores y centrarse, casi exclusivamente en los beneficios para los productores de semillas y para los agricultores.

Con el objetivo de evitar aspectos conflictivos o fricciones entre diferentes sectores, sería necesario revisar lo antes posible las normativas existentes en temas de política agrícola, medioambiental, energética, industrial, transporte y otras y confrontarlas con las aplicaciones en el terreno de la bioeconomía. En este sentido, la UE ha creado en 2013 un Observatorio de la Bioeconomía⁹. El Centro Común de Investigación (CCI), el servicio científico interno de la Comisión Europea, es el encargado de coordinar el nuevo observatorio con el fin de evaluar el progreso y medir el impacto de la bioeconomía en la Unión Europea. Así, según la Comisión, se ofrecerá apoyo a las estrategias de bioeconomía regionales y nacionales que los Estados miembros están desarrollando en la actualidad. Desde el lanzamiento de la Estrategia de Bioeconomía y del Observatorio, tanto la Comisión Europea como el CCI han publicado

⁸ COMISIÓN EUROPEA (2013).

⁹ Bioeconomy. Véase las entradas 'Bioeconomy' en la web de Horizonte 2020: <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/bioeconomy>.

informes, datos estadísticos, resúmenes de proyectos, etc., que pueden ser de una gran utilidad para aquellas regiones y comunidades autónomas que están desarrollando iniciativas convergentes con la bioeconomía, así como para aquellas instituciones y organismos que estuvieran interesados en participar en proyectos comunitarios¹⁰. Por su parte, España también ha creado un Observatorio de la bioeconomía con objeto de reforzar el entorno social, político y administrativo de la bioeconomía¹¹. Un abordaje más detallado aparece en el capítulo de Lainez y colaboradores en este mismo volumen.

5. ¿Una ética de la bioeconomía o una bioeconomía ética?

Es muy posible que la bioeconomía evolucione en los próximos años hacia una integración gradual de distintas disciplinas científicas, tecnológicas y sectores industriales, junto con una sociedad comprometida y beneficiaria de esa iniciativa. Esto sería ya de por sí un modelo de éxito, ya que habría sido capaz de generar estímulos concretos en la sociedad en su conjunto para abordar de una forma estructurada y racional los grandes retos a los que se enfrenta la humanidad. No hay que olvidar, sin embargo, que el desarrollo de nuevas iniciativas en el ámbito de la bioeconomía, como en casi todas las actividades de la vida, obliga a elegir entre distintas opciones y, por tanto, a conseguir consensos y, en muchos a dilucidar sobre dilemas éticos nuevos. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) ha sido la primera en señalar que la bioeconomía lleva implícita numerosas cuestiones éticas, sobre las cuales la sociedad en su conjunto deberá manifestarse¹². Es bien sabido que la ética no es ni pretende ser objetiva, se ocupa de lo que un individuo o la sociedad en su conjunto asumen como una buena o mala acción. La perspectiva ética sobre un determinado asunto puede variar considerablemente en el tiempo, tanto a escala individual, como social. El aspecto ético de una acción, planteado a la misma persona en distintos momentos de su vida puede variar considerablemente; de ser considerada aceptable o reprobable éticamente. Igualmente, distintos grupos sociales pueden tener valoraciones éticas distintas sobre un mismo tema y la mayoría de ellas son respetables en las sociedades democráticas siempre que no afecten los derechos fundamentales ni a la dignidad de los otros. Es necesario, por tanto, considerar que los aspectos éticos en bioeconomía son tan importantes como los científicos o tecnológicos. Se presentan a continuación algunos ejemplos donde, además del debate y discusión técnica, hay fuertes implicaciones éticas:

- Destino del suelo agrícola existente y del que está destinado a otras funciones (recreativo, reservas naturales, barbecho, etc.).

¹⁰ COMISIÓN EUROPEA y ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE BIOECONOMÍA.

¹¹ LAINEZ, PERIAGO, ARRIBAS y MENESES (2018).

¹² AGUILAR, WOHLGEMUTH y TWARDOWSKI (2017).

- Reparto de los recursos hídricos para consumo humano y animal, uso agrícola con el objetivo de producción de alimentos para humanos y animales, uso industrial, biorrefinerías, etc.
- Sostenibilidad de la biomasa existente y de los ecosistemas.
- Determinación de los impactos de la bioeconomía (actores, usuarios, beneficiarios).

No hay otra forma de adoptar iniciativas y decisiones sobre temas con un alto contenido ético que mediante la discusión pública y abierta entre todos los actores implicados en el tema. La experiencia demuestra que cualquier otro abordaje en una sociedad democrática, está condenado al fracaso, independiente de la solidez de los aspectos técnicos o científicos en juego. Es necesario, por tanto, promover y articular, desde la independencia que proporcionan los sectores públicos, este tipo de debates, con objeto de conseguir acuerdos con un amplio consenso social.

6. Impacto social de la bioeconomía

Hay unanimidad en el hecho de que la bioeconomía se dirige a abordar o mitigar algunos de los retos globales a los que se enfrentan las sociedades de hoy en día. En consecuencia, es importante no perder de vista que el objetivo final de la bioeconomía es tener un impacto social positivo y medible sobre los retos a los que se enfrenta la humanidad. Los desarrollos técnicos y los avances científicos son ciertamente críticos y, como se ha mencionado anteriormente, se necesita una sólida base de conocimiento para abordar con realismo cualquier tarea en bioeconomía. Pero no es el fin en sí mismo, es un medio, imprescindible, pero, a fin de cuentas, un medio. La pregunta clave que cada iniciativa o estrategia de bioeconomía debería hacerse regularmente es: ¿en qué medida se está contribuyendo a mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos y a la sostenibilidad del planeta para las generaciones futuras?

La experiencia adquirida en las últimas décadas con la comercialización de los OGM es asegurarse que los beneficios económicos potenciales impacten en todos los actores sociales y no solo en los proveedores de tecnología. Las zonas rurales deberían ser las primeras beneficiadas de la bioeconomía y dejar de ser exclusivamente productores y exportadores de materias primas, en este caso biomasa. Este impacto debería ser capaz de contribuir a la revitalización de las zonas rurales y aliviar la disminución de la pérdida de población de las zonas rurales a las zonas urbanas. Uno de los elementos, entre otros, clave en este sentido sería el desarrollo en las zonas rurales de mini biorrefinerías diseñadas para crear valor añadido a la biomasa local generada de una forma sostenible. Este abordaje se está llevando a cabo en los países bálticos con mucho éxito.

La bioeconomía y la economía circular son en realidad las dos caras de la misma moneda¹³. De hecho, se trata de la misma realidad abordada desde dos perspectivas legítimas, pero diferentes. La bioeconomía ha hecho hasta ahora un mayor énfasis en los aspectos económicos, financieros y tecnológicos, mientras que en la economía circular el mayor hincapié tiene lugar sobre los aspectos de conservación del medioambiente. En estos últimos tiempos se observa, al menos en las iniciativas de la Unión Europea, una aproximación y convergencia de ambos conceptos^{14,15}. Se necesita un abordaje integrado y global de la utilización racional y sostenible de los recursos biológicos que se aleje del sistema lineal de producción y consumo predominante hoy en día.

Un tema crítico para el despegue de la bioeconomía es demostrar que, además de cumplir las expectativas de un uso más racional y sostenible de los recursos biológicos, es capaz de revitalizar y dinamizar el tejido agrícola e industrial. Contrariamente a la política de algunos gobiernos occidentales que, tras las crisis de las industrias pesadas, tales como las del carbón, acero y productos manufacturados entre otros, trataron de revitalizar sectores industriales agotados, esclerotizados y no competitivos, frente al entonces emergente mercado asiático, la bioeconomía necesitará la creación de nuevos perfiles de puestos de trabajo a distintos niveles de capacitación, desde operarios y obreros, hasta ingenieros y científicos, así como gestores de bioeconomía. Un ejemplo claro son las biorrefinerías, que se están creando por toda la Unión Europea¹⁶. Las nuevas plantas demandan en su mayoría nuevos perfiles profesionales. Es necesario que las universidades y los centros de formación profesional se anticipen a las nuevas demandas y desarrollen nuevos currículos para responder a las necesidades crecientes de nuevos empleos y nuevos perfiles profesionales. En resumen, es imprescindible desarrollar una alianza estrecha y duradera entre bioeconomía y sociedad. Solo de esta forma saldrán beneficiadas ambas.

7. Iniciativas en bioeconomía: objetivos comunes, abordajes diferentes

El Consejo de Bioeconomía alemán ha publicado una serie de documentos sobre diversos aspectos de la bioeconomía en Alemania y así como sobre el desarrollo de nuevas estrategias de bioeconomía en el mundo¹⁷. Es realmente sorprendente la explosión de estrategias de bioeconomía en numerosos países. En un poco más de cinco años, se ha pasado de no existir ninguna estrategia de bioeconomía a una situación en la que la mayoría de los países desarrollados, muchos con economías en transición, e incluso varios en vías de desarrollo han elaborado diversas iniciativas en relación con la bioeconomía. Se presenta a continuación una

¹³ AGUILAR, WOHLGEMUTH y TWARDOWSKI (2017).

¹⁴ EUROPEAN BIOECONOMY STAKEHOLDERS MANIFESTO (2017) y CIRCULAR ECONOMY (2018).

¹⁵ CIRCULAR ECONOMY (2018).

¹⁶ VAN REE (2017).

¹⁷ BIOECONOMY POLICY (2015).

lista de países con iniciativas en bioeconomía, que presumimos pueda ser incompleta debido a la continua incorporación nuevos países y regiones.

- *Instituciones supranacionales*: Unión Europea, OCDE y GFFA (*Global Forum for Food and Agriculture*).
- *Países del G7*: todos excepto Italia. Es decir: Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia, Japón y Reino Unido.
- *Países BRIC*: Brasil, Rusia, India y África del Sur.
- *Asia y Pacífico*: Australia, Corea del Sur, Filipinas, Indonesia, Malasia, Nueva Zelanda y Tailandia.
- *Europa*: Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Irlanda, Islandia, Noruega, Países Bajos y Suecia.
- *África*: Kenia, Mozambique, Mauricio, Gana y Malí.
- *América Latina*: Colombia, México y Uruguay.

Independientemente, muchos de los países mencionados han llevado, o están procediendo a desarrollar estrategias o iniciativas específicas para varias de sus regiones, como ocurre con España, donde varias de las comunidades autónomas (CCAA) se encuentran involucradas en este proceso¹⁸. Se escapa del objetivo de este capítulo abordar todas y cada una de estas iniciativas. El Observatorio de Bioeconomía, creado a raíz de la aparición de la Estrategia Española de Bioeconomía, tiene previsto hacer seguimientos regulares del avance y situación de la bioeconomía en las distintas CCAA¹⁹.

Una ojeada rápida a las distintas bioeconomías a través del mundo muestra la gran diversidad de abordajes, tantos como los diferentes ecosistemas y modelos socioeconómicos existentes²⁰. Se observa que cada país adapta su estrategia y abordaje a su realidad medioambiental, como no podía ser de otra manera. Lejos quedan ya los días en los que algunos pretendían imponer una visión reduccionista y encorsetada de la bioeconomía, y en particular de las biorrefinerías de *one size fits all*, de un modelo igual para todos. El desarrollo de la bioeconomía viene regido por el clima, la agricultura existente, la disponibilidad de recursos hídricos y otros factores medioambientales. Es evidente que las bioeconomías del norte de Europa, basadas en la silvicultura, serán diferentes de las del centro de Europa, basadas en el desarrollo de biorrefinerías mixtas de segunda generación, es decir, que usen como fuente principal de biomasa residuos agrícolas, ricos en celulosa y hemicelulosa y plantas para uso energético. Dentro de España, a nadie se le escapa que las diferencias climáticas entre las distintas regiones y las limitaciones hídricas determinan el tipo de específico de bioeconomía a desarrollar.

¹⁸ SUSCHEM (2017).

¹⁹ LAINEZ *et al.* (2018).

²⁰ AGUILAR *et al.* (2017).

Otro aspecto que ha quedado superado por la realidad es la creencia de que el objetivo primordial de la bioeconomía es producir más biomasa por encima de cualquier otra consideración. Es cierto, que el incremento de la población mundial demanda un incremento regular y constante de la producción de alimentos. Pero a menudo se olvida que el objetivo principal, concomitante con el incremento de la producción es reducir las pérdidas de alimentos, tanto en la cadena de producción alimentaria, como en los hogares. Esto incluye, además, reutilizar como biomasa para las biorrefinerías los residuos agrícolas no alimentarios. En resumen, se trata por una parte de producir más alimentos, pero de una forma más eficaz, y al mismo tiempo de evitar los desechos alimentarios y utilizar los residuos agrícolas para bioproductos, bioenergía, etc. De esta forma, se produce una convergencia entre bioeconomía y economía circular. Egea *et al.* (2018) han publicado recientemente un artículo en el que describen un nuevo modelo de bioeconomía que se está desarrollando en el complejo agroindustrial de Almería, consistente en hacer compatible el mantenimiento de la productividad agrícola y del impacto socioeconómico, con la utilización económica y sostenible medio ambientalmente de los residuos agrícolas generados.

En otras regiones del mundo, el objetivo primario de la bioeconomía no es producir más biomasa, sino la valorización de la biodiversidad biológica. Así, en Colombia el eje de la bioeconomía se establece alrededor de la biodiversidad. No primariamente como fuente de nuevas moléculas bioactivas, debido a la enorme dificultad e inversión necesarias para identificar posibles nuevas moléculas, sino promoviendo, tanto dentro de la población colombiana como a escala internacional el valor intrínseco de la biodiversidad y la gran riqueza existente en Colombia, en particular en las zonas que han estado estos últimos cincuenta años inalteradas debido al conflicto de la guerrilla de las FARC²¹.

A pesar de los diferentes abordajes y estrategias, todas estas iniciativas alrededor del mundo convergen en un mismo objetivo: un nuevo sistema económico basado en el uso sostenible de los recursos biológicos y medioambientales, la bioeconomía²².

8. Hacia una agenda global. ¿Una biodiplomacia para el siglo XXI?

Unas cuestiones obvias que emanan tanto de los retos globales a los que se enfrenta la humanidad como del hecho de compartir el mismo planeta, son las siguientes: ¿va a seguir abordando cada región, cada país por su cuenta el tema de la bioeconomía, sin percibir ni tomar conciencia de que todos los seres humanos compartimos la misma biosfera, y en definitiva los mismos retos? ¿Cómo se puede abordar de una forma coordinada, y sobre todo más eficaz los desafíos que son comunes a toda la humanidad?

El florecimiento de numerosas estrategias e iniciativas a lo largo y ancho del mundo hay que recibirlo como una magnífica noticia, ya que indica que la mayoría de los gobiernos han

²¹ BETANCUR GIRALDO (2017).

²² AGUILAR *et al.* (2017).

comprendido la necesidad de un uso más racional de los recursos biológicos. Sin embargo, la mayoría de estas iniciativas están desconectadas unas de otras, ignorando que los retos a los que se enfrenta la humanidad son globales, afectan a toda la humanidad. Afortunadamente, la mayoría de las iniciativas en curso sobre la bioeconomía, tienen en cuenta que el sistema de producción lineal es insostenible. Si la bioeconomía ha de ser sostenible para ser aceptada socialmente, la economía circular, necesita ser económica para ser viable. Solo de esta forma se podrán abordar de una forma eficaz los retos a los que nos enfrentamos. Es necesario, además, acordar entre los distintos actores a nivel global una agenda común que compagine e integre los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas²³ con los de la bioeconomía. El desarrollo de esa agenda común requiere el desarrollo de una nueva forma de diplomacia, lo que se ha venido en llamar «biodiplomacia»²⁴. Es necesario recordar a los líderes políticos y a la sociedad en general que la biosfera, que compartimos todos los seres vivos, es un sistema termodinámicamente cerrado, en el cual los recursos son finitos, aunque a la escala humana nos pueda parecer lo contrario. Lo único que viene del exterior es la luz solar, todo lo demás, es constante a lo largo del tiempo, solo que se transforma químicamente de una forma a otra. Tomemos el ejemplo del petróleo y del carbón. Es bien sabido que ambos se formaron por restos de organismos vivos hace más de 100 millones de años. Sin embargo, desde el comienzo de la revolución industrial, hace menos de 200 años, hemos consumido, principalmente mediante la combustión, una gran parte de esos recursos fósiles y liberado a la atmósfera una cantidad ingente de CO₂ que estuvo «atrapada» durante decenas de millones de años en el subsuelo. Hemos literalmente «quemado», en solo unas pocas generaciones, lo que la tierra tardó en generar más de 100 millones de años.

El espejismo de una producción y de un crecimiento ilimitado se han topado con la cruda realidad. En bastantes aspectos de nuestra vida cotidiana se ha alcanzado lo que se ha venido a llamar «crecimiento ineconómico» (*uneconomic growth*)²⁵, en el que la «desutilidad» de lo producido excede su «utilidad» y que, en consecuencia, amplios sectores sociales o países enteros pueden enfrentarse a graves problemas de índole ecológicos y económicos. Basten un par de ejemplos de nuestra vida cotidiana para ilustrar esto: uno es el uso de plásticos, que han revolucionado las sociedades modernas desde los años 70 del siglo pasado. Sin embargo, el abuso indiscriminado y sobre todo la carencia de una estrategia de reciclaje, reutilización, y degradación, están poniendo el peligro la salud de nuestros mares. No solo en las zonas próximas a las costas, sino también en alta mar, en el océano²⁶. Otro ejemplo es el de la industria de la confección. El desarrollo de nuevas fibras sintéticas y el aumento de la producción de fibras naturales, sobre todo el algodón, han inundado el mercado con ropa que en muchos casos se considera de «usar y tirar». Gran parte de la ropa que se produce se utiliza a menudo solo unas pocas veces con el consiguiente problema de desechos, desperdicio energético, y su implicación en el aumento de emisión de gases de efecto invernadero. El envío de parte de esa ropa a países en vías de desarrollo no hace sino trasladar el problema, ya que frecuentemente la demanda

²³ OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (2015).

²⁴ AGUILAR *et al.* (2018).

²⁵ WHITACRE (2012).

²⁶ COMISIÓN EUROPEA (2018).

y necesidades de esos países no se corresponde con las donaciones efectuadas. Además, los países receptores carecen, muy a menudo, de infraestructuras adecuadas para el tratamiento y reciclaje de esos tejidos, ocasionándoles más problemas que beneficios. Es necesario recordar en este contexto, una vez más, los principios de las «3R»: *reducir, reutilizar y reciclar*. Tanto la bioeconomía como la economía circular asumen estos principios básicos como un primer paso para contribuir a un desarrollo sostenible.

En estos tiempos de cambios se necesita una percepción de la realidad de una forma más holística y menos reduccionista, que integre las distintas variables de los retos a los que se enfrenta la humanidad en su conjunto y que vaya más allá de nuestros horizontes personales y realidades concretas. Es lógico que la teoría de juegos, y en particular el «juego de suma cero», inicialmente surgido del mundo de las matemáticas en las décadas de 1940 y 1950 por von Neumann²⁷ y Nash²⁸ y extraordinariamente útil en teoría económica, se hayan introducido recientemente en las discusiones sobre la dinámica de poblaciones y en el estudio de la evolución de los seres vivos. Lo que es profundamente inquietante, es que el juego de suma cero haya cobrado actualidad al analizar las interacciones de los humanos con la biosfera. Recordemos que, en el juego de suma cero, el beneficio total para todos los jugadores del juego en cada combinación de estrategias siempre suma cero. Dicho en otras palabras: lo que uno gana, el otro lo pierde.

El concepto de juego de suma cero aplicado a la biosfera está íntimamente relacionado con dos conceptos. El primero es el dilema sobre del límite de crecimiento y el segundo sobre la «huella ecológica».

El debate sobre el límite del crecimiento va más allá de la «utilidad» o «desutilidad» del sistema productivo mencionado anteriormente. Plantea el dilema si la humanidad puede seguir creciendo ilimitadamente en términos de población, desarrollo económico y productivo, etc., o si, por el contrario, nuestro crecimiento está limitado últimamente por nuestra biosfera. Meadows *et al.* (1972) ya postularon en su libro *Los límites del crecimiento*, comisionado por el MIT y por el Club de Roma, que en el caso de un crecimiento económico y de población ilimitados, pero con unos recursos finitos, el límite de crecimiento en la tierra se haría evidente en la segunda mitad del siglo XXI, dando lugar a «una disminución rápida e incontrolable de la población y de la capacidad industrial». No es de extrañar que el informe fuera recibido con desdén y escepticismo tras su publicación, ya que, en aquellos años, no se contemplaba otra situación que la de un crecimiento sin límites. Sin embargo, un estudio llevado a cabo treinta años más tarde, confirma, en términos generales, las predicciones de 1972²⁹. Los ligeros cambios positivos observados entre las predicciones de 1972 y 2004 se deben, muy posiblemente, a las iniciativas y medidas correctoras iniciadas en la última década del siglo XX, en particular la Cumbre de Río de 1992, en la que los países participantes acordaron adoptar un enfoque de desarrollo que protegiera el medioambiente, mientras se aseguraba el desarrollo económico

²⁷ NEUMAN y MORGENSTERN (1944).

²⁸ NASH (1951).

²⁹ MEADOWS *et al.* (2004).

y social. En cierta forma, la Cumbre de Río anticipaba el concepto de bioeconomía desde la perspectiva medioambiental.

Casi todos los estudios que han aparecido en la última década al respecto tienden a confirmar que el sistema económico actual, basado en un crecimiento sin límites, no es viable a medio y largo plazo. Son muchos los factores que intervienen en este aspecto. Señalemos aquí solamente el denominado «huella ecológica». La huella ecológica es un indicador del impacto ambiental generado por la demanda humana que se hace de los recursos existentes en los ecosistemas del planeta, relacionándola con la capacidad ecológica de la Tierra de regenerar sus recursos³⁰. La «huella ecológica» es un indicador clave para la sostenibilidad, ya que evalúa el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y lo compara con la biocapacidad del planeta, es decir con su capacidad de regenerarse. El cálculo de la huella ecológica es complejo y a veces incompleto, ya que no siempre se dispone de todos los datos para evaluar el impacto humano sobre la biosfera ni de todos los elementos que influyen en la capacidad de la regeneración del planeta. Sin embargo, los datos obtenidos, aun teniendo en cuenta su limitación intrínseca, son de un gran valor al proporcionar medidas comparables entre distintos países y zonas de la tierra. El *Global Footprint Network* señala que desde los años 1970 la humanidad ha estado sobreconsumiendo con respecto a la capacidad del planeta. En otras palabras, se están destruyendo los recursos a una velocidad superior a su ritmo de regeneración natural³¹. El aspecto más grave son las enormes diferencias entre los países y regiones. Los datos de 2013 señalan que la humanidad en su conjunto necesitaría 1,68 planetas para mantener su nivel de consumo actual. Sin embargo, África solo necesitaría 0,82; EEUU 5,05 y Europa Occidental 3,22. A nadie se le escapa que es necesaria una acción conjunta a escala mundial para atajar estos problemas. Afortunadamente, las sucesivas conferencias sobre el clima (COP 21 en París en 2015, COP 22 en Marrakech en 2016 y COP 23 a finales de 2017 en Bonn) han servido para crear una toma de conciencia en la mayoría de los países y promover iniciativas, que aunque a algunos se les antojen insuficientes, han supuesto un antes y un después en la lucha contra el cambio climático.

Por otro lado, desde la perspectiva de la bioeconomía, el *Comunicado* del Global Bioeconomy Summit 2015 en Berlín tuvo una gran resonancia y apreciado como un evento global al recomendar, entre otras iniciativas incluir aspectos de bioeconomía en las discusiones sobre cómo alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas³². Es la primera vez que se sugiere en foros internacionales converger las agendas de bioeconomía y de los ODS.

La diplomacia de los «países-imperio» del siglo XIX ha estado basada de una forma casi exclusiva y excluyente en la supremacía de un imperio sobre el resto del mundo. No es de extrañar que este abordaje diera lugar a conflictos y guerras continuas entre las grandes potencias, que se extendieron hasta bien entrada la segunda mitad del siglo XX. Frases que hoy son difíciles de escuchar sin estremecerse, como la de Karl von Clausewitz: «La guerra es la continuación de

³⁰ REES y WACKERNAGEL (1996).

³¹ GLOBAL FOOTPRINT NETWORK (2013).

³² COMMUNIQUÉ GLOBAL BIOECONOMY SUMMIT (2015).

la política por otros medios», aparecida en su libro *De la guerra* en 1832, no reflejaban sino el pensamiento de los dirigentes de esa época. Clausewitz pensaba que la guerra moderna es un «acto político». Esta obra influyó poderosamente en el pensamiento de Napoleón, Lenin, Hitler, así como muchas generaciones de oficiales militares por todo el mundo. Esta «diplomacia de la guerra» ha tenido también una influencia poderosísima en la diplomacia civil de casi todos los países, pudiendo considerarse Kissinger, como el último de los grandes diplomáticos con una teoría propia de «Orden Mundial» en la que la diplomacia se complementa con la guerra en lugar de permanecer como una alternativa a ella³³. Con anterioridad a la publicación de Clausewitz algunos países como Francia, con uno de los cuerpos diplomáticos más sólidos del mundo, venían defendiendo la utilidad de las negociaciones sutiles y la búsqueda de acuerdos como la mejor manera de conseguir mejores resultados para su país³⁴.

Es previsible y deseable que iniciativas globales como las de COP y el GBS provoquen una reflexión en algunos líderes políticos que permita el desarrollo de una diplomacia que tenga en cuenta, además de los intereses estrictamente nacionales, otros factores, tales como la «desutilidad» en las negociaciones comerciales y el «crecimiento ineconómico», si la resultante fuera un agravamiento de la «insostenibilidad» del planeta, aunque a corto plazo la balanza comercial fuera positiva. Sería necesario crear un espacio para las discusiones entre países y regiones, en los que se abordaran las «cuestiones comunes» que afectan a la biosfera y, en consecuencia, al género humano. En las discusiones globales sobre los retos del planeta, solo habría resultados *win-win*, es decir que las dos partes salieran ganando, si ambas emprenden una cooperación y actitud conjunta y coordinada frente a los retos a los que se enfrentan nuestras sociedades de una forma holística, que huya del reduccionismo identitario y nacionalista que es la norma hoy en día. En caso contrario, si se adopta un abordaje de confrontación, es muy probable que el resultado final, no será el de un ganador y un perdedor, sino el de dos perdedores. Al no haber otro remedio que compartir la biosfera, las supuestas ganancias de una de las partes, podría afectar a agravar aún más el déficit de la huella ecológica de la Tierra y, en consecuencia, el juego de suma cero, en el que lo que uno gana, lo pierde el otro. Sin embargo, a una escala más amplia, se convertiría en un juego de «suma negativa». En este supuesto, los dos jugadores perderían por el hecho de la depleción de recursos de una forma no sostenible del planeta al ser los recursos finitos, afectarían a ambos.

En la interfase entre ciencia y sociedad, las cosas no son completamente nítidas como en las ciencias exactas y naturales. Hay muchos claroscuros y matices. Por tanto, todo intelectual debería ser crítico con las ideas contrarias a las suyas, pero, también y sobre todo con las suyas propias. En otro sitio se ha dicho: «Predecir el futuro es fácil, lo difícil es conseguir que se cumpla»³⁵. No se pretende en este corto capítulo presentar una visión apocalíptica del futuro, ni tampoco irracionalmente optimista, a pesar de que sería lo esperable y políticamente correcto. Este texto pretende, simplemente esbozar, de una forma racional y crítica, las diferentes perspectivas que basadas en la evidencia científica disponible interpretan las interacciones

³³ BERRIDGE, KEENS-SOPER y OTTE (2001).

³⁴ DE CALLIÈRES (2002).

³⁵ AGUILAR *et al.* (2018).

del ser humano con la biosfera y sus posibles consecuencias. En este contexto, es necesario mencionar, aunque sea brevemente, la teoría de Gaia formulada por Lovelock y Margulis (1974), propone que todos los organismos vivos en la Tierra, así como la materia inorgánica que les rodea, forman un complejo sistema auto regulado, capaz de mantener la vida sobre el planeta. En cierta forma, *Gaia* (del griego, 'Tierra-Madre'), vendría a ser un súper organismo que se auto repararía de las alteraciones que los seres vivos y los humanos provocan sobre el medioambiente. La teoría de Gaia ha tenido bastante más aceptación fuera de los círculos científicos que dentro. La mayor parte de los escépticos de las consecuencias adversas para la humanidad del cambio climático se escudan en la teoría de Gaia para justificar su inacción. Sin embargo, Lovelock y Margulis enunciaron su teoría bastantes años antes del comienzo de los debates sobre el cambio climático. Curiosamente, los movimientos ecologistas han dado una interpretación romántica y antropocéntrica a la teoría de Gaia, representándola como la «Madre Tierra» que cuida de los seres vivos, y lamenta lo desagradecido que son los humanos al no cuidar ni agradecer a Gaia los desvelos que tiene con nosotros.

Por otra parte, ciertos sectores defensores del crecimiento económico sin límites y sin regulaciones de ningún tipo en cuanto a emisiones de gases, etc., tratan de utilizar a intelectuales muy respetados como Pinker³⁶, indicando que nunca en la historia de la humanidad el ser humano ha estado mejor que en la actualidad (mayor esperanza y nivel de vida, disminución drástica de la mortalidad materno-infantil y de la hambruna en el mundo, etc.). Argumentan que sería un freno a la innovación y al potencial creativo del ser humano, ponerle trabas y limitaciones. Pinker viene a decir que, contrariamente a lo que a menudo se tiende a creer, cualquier tiempo pasado fue peor. Respecto a los problemas a los que se enfrenta la humanidad, degradación del medioambiente, terrorismo, desigualdades sociales y, sobre todo, según él, el peligro de la amenaza nuclear, Pinker propone el ideal de la Ilustración: el progreso de las sociedades vendrá mediante la razón, la ciencia y el humanismo.

El lector habrá percibido que en los aspectos puramente científicos y técnicos es relativamente fácil formular unas bases para una eficiente bioeconomía. Sin embargo, cuando se avanza hacia aspectos regulatorios, de propiedad intelectual, financieros, de uso del suelo y del agua, las diferencias aparecen nítidamente. De todas maneras, varias de las estrategias que están ya en marcha han sido capaces de generar un amplio consenso sobre varios de esos aspectos. El próximo reto que se presenta es acordar una agenda global que sea capaz de aunar los elementos más importantes de la bioeconomía, de la economía circular y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ya que es imprescindible abordar estos tres conceptos de una forma conjunta y unitaria. En la Unión Europea se están dando pasos para desarrollar una bioeconomía circular sostenible, tanto en el conjunto de la propia UE, como en varios de los Estados miembros y regiones. Queda aún mucho trabajo por delante, pero hay un amplio consenso sobre el hecho de que se avanza en la buena dirección. A escala global la situación es todavía bastante difusa por lo que es necesario el desarrollo de una «biodiplomacia», tanto en las discusiones bilaterales entre países de diferentes regiones, como en las multilaterales en los grandes foros internacio-

³⁶ PINKER (2018).

nales. En este tema no se puede ser sino optimista, y si es posible proactivo, para cooperar y contribuir al éxito de una bioeconomía que contribuya a los objetivos de desarrollo sostenible. El-Chichakli, junto con varios colegas del Consejo de Bioeconomía de Alemania, y Jim Philp de la OCDE, han lanzado cinco ideas clave para avanzar en esos objetivos³⁷. Ellos confirman que, sin prioridades aceptadas globalmente ni métodos de verificación, no es posible evaluar los efectos indirectos y compromisos sobre las diversas facetas de la bioeconomía y sostenibilidad. Proponen cinco grandes iniciativas, derivadas en gran medida de las discusiones del *Global Bioeconomy Summit* de Berlín de 2015 y recogidas en el correspondiente *Comunicado*, que se resumen a continuación:

1. La colaboración entre gobiernos e investigadores es esencial para optimizar los recursos y compartir conocimientos.
2. Es necesario desarrollar un método para medir el desarrollo de la bioeconomía y su contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
3. Las iniciativas en bioeconomía necesitan estrechar más su relación con los procesos políticos multilaterales y con las discusiones intergubernamentales, especialmente con la agenda de los ODS 2030 y con el seguimiento de los procesos de los acuerdos de París sobre el clima y de Aichi sobre la biodiversidad.
4. Los educadores deben colaborar internacionalmente para definir los conceptos y competencias necesarias para desarrollar una bioeconomía que mejore el uso sostenible de los biomateriales en las industrias de manufactura y en los bienes de consumo.
5. Apoyo a los programas de I+D para promover colaboraciones internacionales sobre proyectos de gran impacto global.

Los diferentes actores de bioeconomía se enfrentan al reto de actuar localmente, con objetivos concretos, que sean medibles, visibles y que tengan un impacto claro y positivo en la sociedad en la que están incardinados. Al mismo tiempo, es necesario que cada acción concreta esté proyectada en una agenda más amplia, a escala regional o de país, y que, de una u otra forma, estas iniciativas interactúen recíprocamente, con las agendas globales que están empezando a esbozarse. Solo mediante la interacción en los dos sentidos, de lo local a lo global y viceversa, se podrá avanzar hacia la consolidación de una bioeconomía circular sostenible. En esta tarea deben implicarse todos los agentes implicados de una forma u otra en alguna de las diferentes facetas de los desafíos globales a los que se enfrenta la humanidad. La tarea es enorme y los retos gigantescos. Pero, no hay otra solución, no hay un plan b u otro planeta al que podamos ir. El destino de la humanidad está ligado a la Tierra. La historia analizará con la perspectiva que da el tiempo la acción del ser humano sobre la biosfera durante los siglos XX

³⁷ EL-CHICHAKLI *et al.* (2016).

y XXI. Esperemos que también describa cómo fuimos capaces de tomar medidas que impidieron a tiempo una situación irreversible. Es nuestra obligación con las generaciones futuras.

Agradecimientos

Agradezco a R. Peláez López, y a los doctores M. Cámara Hurtado, D. Ramón Vidal, F. J. Egea González y E. Aguilar Peláez sus valiosos consejos y la lectura crítica del manuscrito.

Referencias bibliográficas

- AGUILAR, A.; MAGNIEN, E. y THOMAS, D. (2013): «Thirty years of European biotechnology programmes: from biomolecular engineering to the bioeconomy»; en *New Biotechnology* (30); pp. 410-425.
- AGUILAR, A.; WOHLGEMUTH, R. y TWARDOWSKI, T. (2018): «Perspectives on Bioeconomy»; en *New Biotechnology* (40); pp: 181-184.
- BELL, J.; PAULA, L.; DODD, T.; NÉMETH, S.; NANOU, C.; MEGA, V. y CAMPOS, P. (2018): «EU ambition to build the world's leading bioeconomy-uncertain times demand innovative and sustainable solutions»; *New Biotechnology* 40; pp. 25-30.
- BERRIDGE, G. R.; KEENS-SOPER, M. y OTTE, T. G. (2001): *Diplomatic theory from Machiavelli to Kissinger*. Palgrave.
- BETANCUR GIRALDO, C. M. (2017): *Bioeconomía y sectores potenciales en Colombia*. Disponible en <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Bioeconomia/Presentaci%C3%B3n%20contexto%20Bioeconomia%20y%20sectores%2022112017.pdf>.
- BIOECONOMY KNOWLEDGE CENTRE: European Commission. Disponible en <https://biobs.jrc.ec.europa.eu/>.
- BIOECONOMY POLICY (PART I) (2015): «Synopsis and analysis of strategies in the G7»; *German Bioeconomy Council*. Berlín.
- BIOECONOMY POLICY (PART II) (2015): «Synopsis of National Strategies around the World»; *German Bioeconomy Council*. Berlín.
- CIRCULAR ECONOMY. CLOSING THE LOOP. AN AMBITIOUS EU CIRCULAR ECONOMY PACKAGE (2018): European Commission. Bruselas. Disponible en http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm.
- COMISIÓN EUROPEA (2013): «La Comisión creará un observatorio de bioeconomía»; comunicado de prensa. 14 de febrero de 2013. Disponible en http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-113_es.htm.

- COMMUNIQUÉ GLOBAL BIOECONOMY SUMMIT (2015): *Making Bioeconomy Work for Sustainable Development*. Berlin. Disponible en http://gbs2018.com/fileadmin/gbs2015/Downloads/Communique_final_neu.pdf.
- DE CALLIÈRES, F. (2002): *De la manière de négocier avec les souverains*; Original de 1716. Edición crítica de A. P. Lempereur. Droz.
- EGEA, F. J.; TORRENTE, R. G. y AGUILAR, A. (2018): «An efficient agro-industrial complex in Almería (Spain): Towards an integrated and sustainable bioeconomy model»; en *New Biotechnology* (40); pp: 103-112.
- EL-CHICHAKLI, B.; VON BRAUM, J.; LANG, C.; BARBEN, D. y PHILP, J. (2016): «Five cornerstones of a global bioeconomy»; en *Nature* (535); pp. 221-223.
- ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE BIOECONOMÍA (2015): *Horizonte 2030*. Disponible en <http://bioeconomia.agripa.org/download-doc/102163>.
- ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE BIOECONOMÍA (2016): «Plan De Actuación 2016»; *Horizonte 2030*. Disponible en: <http://bioeconomia.agripa.org/download-file/97081b0f-a181-451b-b111-371b524d2a9b/>.
- EUROPEAN BIOECONOMY STAKEHOLDERS MANIFESTO (2017): http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/european_bioeconomy_stakeholders_manifesto.pdf.
- EUROPEAN COMMISSION (2007): «Mid-term review of the strategy on life sciences and biotechnology»; COM(2007) 175 final. Bruselas.
- EUROPEAN COMMISSION (2012): *Innovating for sustainable growth. A bioeconomy for Europe*.
- GLOBAL FOOTPRINT NETWORK (2013): *Ecological footprint of countries*. Disponible en <http://data.footprintnetwork.org/#/compareCountries?cn=all&type=EFCtot&yr=2013>.
- LAINEZ, M.; PERIAGO, M. J.; ARRIBAS, N. y MENESES, C. (2018): «La bioeconomía como oportunidad para la economía española: la visión desde el Observatorio de Bioeconomía»; en AGUILAR, A.; EGEA, F. J. y RAMÓN, D., coords.: «Bioeconomía y desarrollo sostenible»; en *Mediterráneo Económico*. Almería, Cajamar Caja Rural.
- LOVELOCK, J. E. y MARGULIS, L. (1974): «Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the Gaia hypothesis»; en *Tellus* (26)1-2; pp. 2-10.
- MANUAL SOBRE LAS BIORREFINERÍAS EN ESPAÑA (2017): *BioPlat-SusChem*. Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Disponible en http://www.suschem-es.org/docum/pb/2017/publicaciones/Manual_de_Biorrefinerias_en_Espana_feb_2017.pdf.
- MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J. y BEHERNS III, W.W. (1972): *The limits of growth*. Universe Book.
- MEADOWS, D.; RANDERS, J. y MEADOWS, D. (2004): *Limits to Growth. The 30-Year Update*. Chelsea Green Publishing.

- MENGAL, P.; WUBBOLTS, M.; ZIKA, E.; RÚIZ, A.; BRIGITTA, D.; PIENIADZ, A. y BLACK, S. (2018): «Bio-based Industries Joint Undertaking: The catalyst for sustainable bio-based economic growth in Europe»; en *New Biotechnology* (40); pp. 31-39.
- NASH, J. (1951): *Non-Cooperative Games*, *Annals of Mathematics* 54; pp. 286-295.
- NEMETZ, P. N. (2013): *Business and the Sustainability Challenge: An Integrated Perspective*. Nueva York, Routledge.
- OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (2015): «Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo»; Disponible en <http://www.undp.org/content/undp/es/home/librarypage/corporate/sustainable-development-goals-booklet.html>.
- OECD (2009): *The Bioeconomy to 2030: designing a policy agenda*. París. Disponible en <http://www.oecd.org/futures/long-termtechnologicalsocietalchallenges/42837897.pdf>.
- PATERMANN, C. y AGUILAR, A. (2018): «The origins of the bioeconomy in the European Union»; en *New Biotechnology* (40); pp. 20-24.
- PINKER, S. (2018): *Enlightenment now: The case for reason, science, humanism and progress*. Penguin Random Home.
- REES, W. y WACKERNAGEL, M. (1996): *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers.
- REGLAMENTO (UE) N.º 560/2014 del Consejo (2014): «por el que se establece la Empresa Común para las Bioindustrias»; *Diario Oficial de la Unión Europea*. 7.6.2014. L 169/130.
- RUIZ, A.; ZIKA, E.; CAMPOS ITURRALDE, M.; MALLORQUÍN ESTEBAN, P.; LLORENTE RÚIZ DE AZÚA, P. y MENGAL, P. (2018): «Una oportunidad para las bioindustrias en Europa: La asociación público-privada de la Unión Europea»; en: AGUILAR, A.; EGEA, F. J. y RAMÓN, D., coords.: «Bioeconomía y desarrollo sostenible»; en *Mediterráneo Económico*. Almería, Cajamar Caja Rural.
- VAN REE, R. (2017): *Biorefinery Approach in the EU and Beyond*. Workshop on EU-AU R&I Partnership on Food and Nutrition Security and Sustainable Agriculture (FNSSA). Bruselas.
- VON CLAUSEWITZ, C. (1832): *Vom Kriege*. Berlín, Ferdinand Dümmler. De la guerra. Versión en español 2014. La esfera de los libros.
- Von Neumann, J. y MORGENSTERN, O. (1944): *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press.
- WHITACRE, D. M., ed. (2012): *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* (220). Nueva York, Springer.