realidad económica
Nº 374 AÑO 55
16 de agosto al 30 de septiembre de 2025
ISSN 0325-1926

Páginas 33 a 72

Economía ecológica y bioeconomía

Bioeconomía: narrativas, retos e implicaciones para América Latina y el Caribe

Gian Carlo Delgado Ramos*

* Investigador titular C adscrito al Departamento de Geografía Económica del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica (04510), Ciudad de México, CDMX, México, giandelgado@gmail.com. ORCID: 0000-0001-6851-9309.

Recepción del artículo: diciembre de 2024
Aceptación: mayo de 2025

Resumen

El presente artículo revisa el concepto de bioeconomía a partir de un metaanálisis bibliométrico y una revisión general de la literatura especializada. Se distinguen dos grandes interpretaciones del concepto, una relacionada con la escuela de pensamiento de la economía ecológica y otra, de uso más reciente, asociada con los bionegocios (de la biotecnología, bioenergía, bioinsumos, etcétera). Después de presentar las características de ambas narrativas y sus diferencias, se revisan algunas de las definiciones más conocidas de la segunda interpretación para identificar desde ahí las principales narrativas de promoción de la bioeconomía, sus alcances, retos, contradicciones e implicaciones, particularmente en América Latina y el Caribe. Se concluye que la apuesta por los bionegocios de la bioeconomía, tal y como se ha planteado, difícilmente podrá modificar las dependencias tecnológicas actuales y, más aún, los términos de intercambio ecológicamente desiguales que históricamente han caracterizado a la región. Por esas y otras razones, se devela la funcionalidad de la bioeconomía para reforzar los procesos de acumulación de capital socioespacialmente desiguales, pero también su incapacidad de propiciar cambios orientados al avance de escenarios de transición o transformación sistémica, esto muy a pesar de que su narrativa dominante valida una y otra vez la urgencia de actuar ante la cada vez más grave crisis planetaria.

Palabras clave: Bioeconomía – Retos – Implicaciones – Dependencia – Comercio ecológicamente desigual

Abstract

Bioeconomy: Narratives, Challenges, and Implications for Latin America and the Caribbean

This article examines the concept of the bioeconomy through a bibliometric meta-analysis and a general review of the specialized literature. Two main interpretations of the concept are identified: one associated with the school of ecological economics, and another, more recent, linked to bio-businesses (biotechnology, bioenergy, bio-inputs, etc.). After outlining the characteristics and differences of both narratives, the article reviews some of the most widely recognized definitions of the second interpretation to identify the main narratives promoting the bioeconomy, along with their scope, challenges, contradictions, and implications, particularly in Latin America and the Caribbean. The article concludes that the emphasis on bio-businesses within the bioeconomy, as currently framed, is unlikely to alter existing technological dependencies and, even less so, the ecologically unequal terms of trade that have historically characterized the region. For these and other reasons, the bioeconomy is revealed as functional to reinforcing uneven socio-spatial capital accumulation processes, while at the same time being unable to foster changes oriented toward advancing scenarios of systemic transition or transformation—despite its dominant narrative repeatedly stressing the urgency of action in the face of the worsening planetary crisis.

Keywords: Bioeconomy – Challenges – Implications – Dependency – Ecologically unequal trade

Introducción

El concepto de bioeconomía es diverso, no libre de debates y críticas. Fue usado por Hermann Reinheimer (1913) como una lectura de la economía general de la naturaleza para dialogar con el darwinismo y debatir con la teoría maltusiana de sobrepoblación y con el utilitarismo. Entre otras cuestiones, Reinheimer planteó que las funciones orgánicas y los hábitos en el consumo de recursos determinan buena parte del "balance metabólico" (entendido como el balance biofísico entre la producción y el consumo en el mundo orgánico), contexto en el que mediante el trabajo la energía se convierte en "utilidades biológicas" (o utilidad bioeconómica).[1] Tal proceso de transformación de la naturaleza, en el que se producen diversas relaciones y correlaciones (esquemas de cooperación, competencia y parasitismo), supone que en el sistema actual de producción el capital es en última instancia energía acumulada. Por ello, para Reinheimer, el modo en el que se usan los recursos es determinante para el futuro del planeta, contexto en el que el autor aboga por alejarse de formas parasitarias para apostar por esquemas de cooperación –humana y no humana– que permitan, entre otras cuestiones, apuntalar el uso eficiente de los recursos y la calidad de vida.

Alfred Lotka (1925) haría también aportes importantes desde una lectura similar o propia de la economía biofísica, advirtiendo la necesidad de una

[1] Desde una argumentación anclada en la biología, para Reinheimer (1913: 5) "la tarea bioeconómica de los organismos es obtener su sustento y, aún más, generar de valores bioeconómicos marginales [o una utilidad marginal de recursos] que puedan ser intercambiables y usados en la realización mutua de la evolución". Las utilidades biológicas, según el autor, son resultantes de la capacidad para "proveerse de materiales, así como para transformar y almacenar la energía solar, en cuyo proceso las fuerzas físicas son sistemáticamente elevadas a la categoría de fuerzas fisiológicas" (idem). Esta argumentación, podría decirse, es después introducida desde una lectura económica por Roegen quien distinguiría tales fuerzas fisiológicas (o instrumentos endosomáticos) de lo que calificó como instrumentos exosomáticos o todos aquellos medios externos al cuerpo humano que intervienen y de hecho potencian la capacidad humana de transformar la naturaleza.

consciencia diferente acerca de las condiciones biofísicas o metabólicas imperantes, de modo que se fortalezca la voluntad de avanzar hacia una evolución colaborativa con la naturaleza o, en otras palabras, para "garantizar un comportamiento adaptativo". En tal contexto, precisa Lotka, el papel de la función evolutiva no es análoga al potencial termodinámico, sino a una función propia de este. La lucha por la vida supone entonces ser dependiente de la obtención de energía disponible pues, para el autor, en la evolución orgánica una función que desencadena una acción –o un estímulo en la forma de una dosis muy pequeña de energía– juega un papel clave pues presupone la existencia de un fondo de energía disponible (*available energy fund*) y, más aún, porque puede desencadenar un uso de energía mucho mayor a la utilizada por el propio estímulo.[2] Para Lotka, la necesidad de contar con tal fondo de energía inherentemente habilita la oportunidad de la acción intencional y, en consecuencia, de establecer un cierto grado de voluntad o de acción orientada teleológicamente hacia efectos futuros en el que la racionalidad juega un papel central para orientarse hacia rutas evolutivas deseables; esto último con base en la habilidad de conocer y probar nuestras presuposiciones.

Poco después, Nicholas Georgescu-Roegen se sumaría a la discusión de las bases biológicas de la economía y su crítica a lo que calificó como "la ficción del *homo oeconomicus*" (1971: 45). Considerado el fundador de la economía ecológica, Georgescu-Roegen partiría de la noción de Lotka y su visión de la naturaleza orgánica como sistema de transformadores de energía agregados con ciertas capacidades o instrumentos para acceder a los mencionados fondos de energía (y materiales). Desde ahí tomaría de Lotka la concepción de la tecnología como instrumento exosomático, analizaría el papel de las leyes de la termodinámica en la economía –especialmente la de la entropía–,[3] y debatiría en torno a los patrones

[2] Un ejercicio contemporáneo que retoma la noción de fondos y flujos energético-materiales es el que articula el método de análisis integrado multiescala del metabolismo social y ecosistémico (MuSIASEM, por sus siglas en inglés), el cual, como su nombre lo indica, busca analizar múltiples escalas, los patrones del uso de recursos, incluyendo las presiones socioambientales asociadas y el grado de externalización de estas por medio del comercio exterior. Sirve también para modelar posibles estrategias y alternativas (Giampietro y Mayumi, 2000 y Giampietro, Mayumi y Ramos-Martin, 2009).

[3] La entropía para Roegen, entendida físicamente como la energía no útil para el trabajo o una forma de energía desordenada, es clave para dar cuenta de que existe un cambio cualitativo que es clave para comprender los procesos económicos, su alcance y su viabilidad en el tiempo (Georgescu-Roegen, 1971).

de consumo modernos de cara a los límites de la naturaleza como eje de su crítica al neomaltusianismo (o la idea de que el continuo crecimiento poblacional derivará eventualmente en una crisis ambiental y, consecuentemente, en la erosión de la calidad de vida futura). Para Georgescu-Roegen, los instrumentos exosomáticos son claves para dar cuenta de la intensidad del consumo de recursos, pero aún más de la naturaleza de dicho proceso, sus impactos y las posibles rutas para dar paso a una economía ecológica. Para el autor, la cuestión es clara: "el máximo de cantidad de vida exige una tasa mínima de agotamiento de los recursos naturales" (ibid.: 67).

La relevancia de los instrumentos exosomáticos en delinear el perfil metabólico de la sociedad moderna es palpable ya que están en el centro de la materialidad del proceso de acumulación de capital. Esto es evidente si consideramos cómo la tecnología moderna –propia del capitalismo–, más allá de ciertamente incrementar las capacidades productivas, ha favorecido la obsolescencia tecnológica, entre otras cuestiones asociadas al consumo rápido y de descarte (*on the go*), lo cual se ha traducido en un consumo (absoluto) lineal y creciente de recursos sin importar las pérdidas que ello supone para la sociedad en su conjunto y para la viabilidad futura de la vida en general. Por esto, ante los inminentes y cada vez más graves impactos ambientales y climáticos (Rockström *et al*., 2024; Schleussner *et al*., 2024), recientemente se ha comenzado a replantear la naturaleza o lógica misma de los instrumentos exosomáticos, por ejemplo, desde narrativas propias de la circularidad y la apuesta para empujar esquemas de economía circular (por ejemplo: UNEP, 2024).[4]

[4] La circularidad alude al retorno de flujos materiales degradados a la economía (sea en el mismo o hacia otros procesos productivos). Supone pasar de modelos metabólicos lineales (de entrada y descarte) a modelos circulares en los que los mencionados retornos se expresan como un "cierre de ciclo". La noción de economía circular, ampliamente popularizada por la Fundación Ellen MacArthur (ver en su página web), alude a un modelo puntual de circularidad que se acopla a las relaciones imperantes de producción, priorizando esquemas de circularidad económicamente rentables o que habiliten la creación de valor y descartando, aunque ciertamente no negando, esquemas de circularidad bajo esquemas de economía social que pueden considerar formas no económicas de rentabilidad. Contempla tres principios, la eliminación de los residuos y contaminantes, la circulación de productos y materiales por medio de procesos de producción-consumo más limpios y eficientes y la regeneración de la naturaleza al contribuir en la reducción de la huella ambiental (UNIDO, 2017).

Desde que Roegen hiciera sus primeros planteamientos, la economía ecológica se ha desarrollado y eventualmente consolidado como escuela de pensamiento, vinculándose con otras escuelas afines, desde las de la ecología social y la ecología política, hasta la del "decrecimiento" y "poscrecimiento". Todas ellas tienen como común denominador el reconocimiento de la incompatibilidad del crecimiento económico al infinito y las leyes que establecen los límites de la naturaleza.

La bioeconomía entendida en el sentido antes expuesto difiere con creces del uso más reciente de la misma palabra para invocar el avance de los bionegocios, especialmente por parte de la genética y la biotecnología, para referirse al uso del conocimiento sobre la biodiversidad, sus códigos y las posibilidades de manipularlos para dar paso a innovaciones en, por ejemplo, la agroindustria, la industria química o cosmético-farmacéutica y de generación de bioenergía (Befort, 2020; Dieken *et al*., 2021; Barañano *et al*., 2021). Definiciones más recientes –ver mayores detalles más adelante–, además de asociarla al uso de recursos naturales para el desarrollo de productos y servicios con mayor valor agregado, también lo hacen en términos de su potencial para mejorar la producción de alimentos y avanzar hacia esquemas de mayor seguridad alimentaria (IICA, 2024). De igual modo, se la vincula al uso secundario de biorrecursos al visualizarla como parte de las estrategias de circularidad y, en consecuencia, como una vía para habilitar el desarrollo resiliente al clima (FAO, 2022; Sharma y Malaviya, 2023).

La diferencia entre ambas interpretaciones de la bioeconomía, de naturaleza diametralmente opuesta, es para Giampietro (2019) un indicador de la falta de una discusión seria sobre los fundamentos teóricos de la bioeconomía (léase, de la economía biofísica) en la narrativa misma de la denominada bioeconomía circular o de aquella economía que se centra en los potenciales negocios vinculados al avance de esquemas de circularidad. En el fondo, para Giampietro, la bioeconomía circular está atrapada y persiste en la creencia de la economía neoclásica de que cualquier factor de la producción limitante puede ser sustituido por innovación tecnológica. Tal positivismo tecnológico fue nítidamente articulado por Solow (1974, citado en Giampietro, 2019) de manera extrema cuando afirmó que "el mundo puede, de hecho, arreglárselas sin recursos naturales". Se trata de una racionalidad que ha llevado a la consideración de que la economía puede desacoplarse del consumo de recursos y continuar creciendo, habilitando nuevos ciclos de acu-

mulación, en principio al infinito, tal y como se propone en la narrativa del desarrollo sostenible y la "economía verde", pero también en el grueso de la literatura que alude a la oportunidad emergente de los bionegocios.

Considerando que la literatura en inglés, en un esfuerzo por distinguir estas dos grandes interpretaciones, refiere a la primera como *bioeconomics* y a la segunda como *bioeconomy*, en adelante y para propósitos de claridad en el idioma español se hará referencia a la noción de bioeconomía descripta al inicio del presente texto como *economía ecológica* (debido al peso que tiene en ese cuerpo de literatura científica),[5] dejando así el concepto de *bioeconomía* para hacer alusión al empuje de los bionegocios.

Delineando los principales enfoques de la literatura científica

La literatura científica en economía ecológica indexada en The Web of Science ascendía al mes de noviembre de 2024 a 8912 publicaciones,[6] mientras que la de bioeconomía[7] a 12.875 publicaciones. De estas últimas, cabe subrayar, tres cuartas partes fueron publicadas entre 2018 y 2024, lo que confirma que se trata de un cuerpo de literatura fundamentalmente de naturaleza reciente.

La literatura de bioeconomía, como se puede observar en los gráficos 1, se ha articulado alrededor del uso de la biomasa, la biorrefinería, la generación de energía/bioenergía y la economía circular (bioeconomía circular), esto en su relación con el crecimiento económico, la sostenibilidad y la política pública. Denota una amplia discusión alrededor de los estudios de ciclo de vida y de diversos métodos y técnicas para la transformación de la biomasa, incluyendo los relacionados a la extracción de bioinsumos y la producción de biomateriales y sus

[5] La literatura que utiliza el concepto de "bioeconomics" es limitada con tan solo 649 publicaciones en Web of Science. Las palabras clave empleadas en la búsqueda fueron "bioeconomics" y "bio-economics". Se consideran únicamente artículos, artículos de revisión, artículos de conferencias y capítulos de libros.

[6] La búsqueda incluye "bioeconomics", "bio-economics", "biophysical economics" y "ecological economics".

[7] Las palabras clave empleadas fueron "bioeconomy", "bio-economy", "bio-based economy" y "biobased economy". Se consideran únicamente artículos, artículos de revisión, artículos de conferencias y capítulos de libros. Se han eliminado 15 repeticiones.

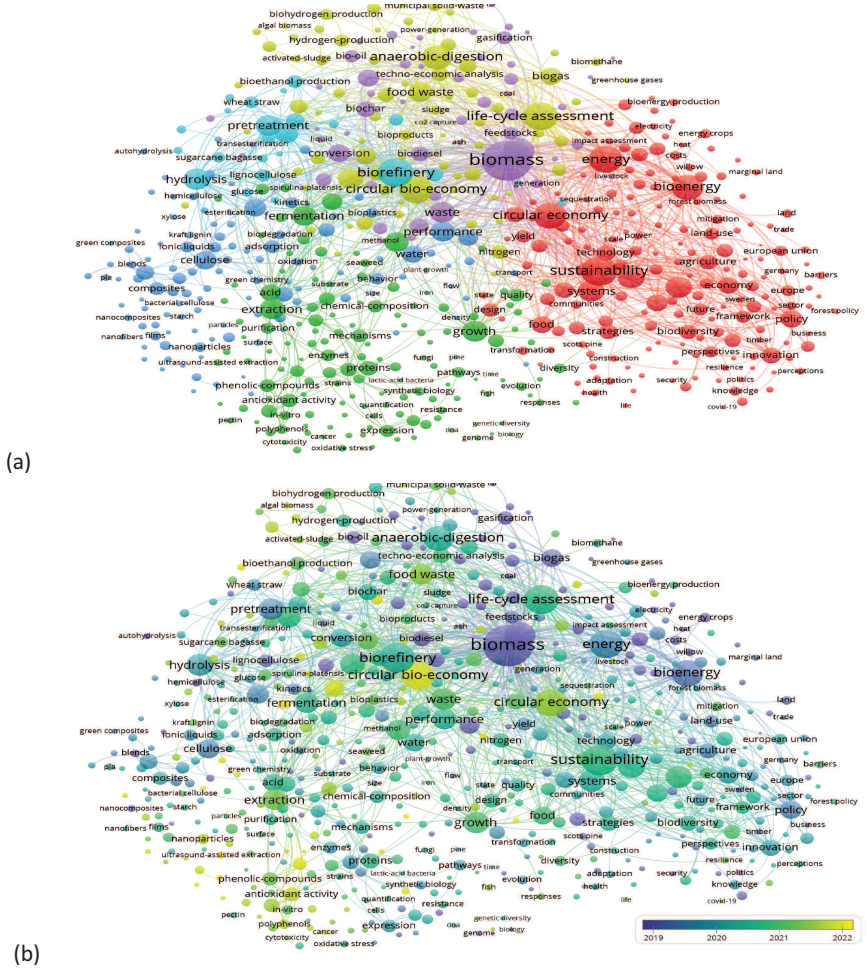
aplicaciones. La literatura más reciente, de 2022 a 2024, hace mayormente énfasis en la economía circular. Las categorías más dominantes en la base de datos de The Web of Science son la ciencia y tecnología sostenible y verde, las ciencias ambientales, la biotecnología y microbiología aplicadas, los combustibles, entre otras como la ingeniería ambiental, la química multidisciplinaria y la ingeniería química.

Estos resultados confirman los hallazgos de Wei *et al.* (2022) quienes consideran que el origen de la bioeconomía –en su calidad de "nueva solución técnica y de negocios"– se asocia al posicionamiento de la biotecnología en el ámbito industrial. Los autores articulan su metaanálisis alrededor de cuatro grandes categorías en la literatura, las que se vinculan a: 1) las bases científicas de la biotecnología, 2) la bioindustria (biomédica, bioquímica, de bioenergía, etcétera), 3) la regulación y la emergencia de estrategias y 4) el desarrollo sostenible (en que destaca, como ya se dijo, la relación con la economía circular).

En contraste con lo anterior, los gráficos 2 muestran que la literatura de la economía ecológica se articula en cuatro grandes nodos con fuertes asociaciones entre sí. Un nodo refiere a la sostenibilidad y el cambio climático en su relación con la discusión sobre la economía, el crecimiento económico, el desarrollo sostenible, la generación de indicadores, las emisiones de gases de efecto invernadero, las desigualdades imperantes y los patrones de consumo, aunque también con la literatura del poscrecimiento y el decrecimiento. Un segundo nodo está dominado por la literatura sobre servicios ecosistémicos, la gestión ambiental, la conservación, los procesos de valoración y las visiones encontradas de la disposición a pagar vis a vis la valoración contingente. Un tercer nodo se ocupa de la política pública, sus impactos, eficiencia y desempeño. Finalmente, un cuarto nodo se centra en la gobernanza, los procesos de toma de decisiones y las preferencias, actitudes y elecciones que imperan en actores diversos. Este cuerpo de literatura científica tiende desde 2017 a enfocarse en cuestiones de cambio climático con énfasis en adaptación, gobernanza, economía circular, percepciones y los mencionados poscrecimiento y decrecimiento. Las categorías más dominantes en la base de datos de The Web of Science son economía, estudios ambientales, ciencias ambientales y ecología.

Gráficos 1.

Análisis bibliométrico de la literatura científica en bioeconomía/bionegocios, indexada en The Web of Science. (A) visualización de la red y (b) visualización temporal de la red



(a)

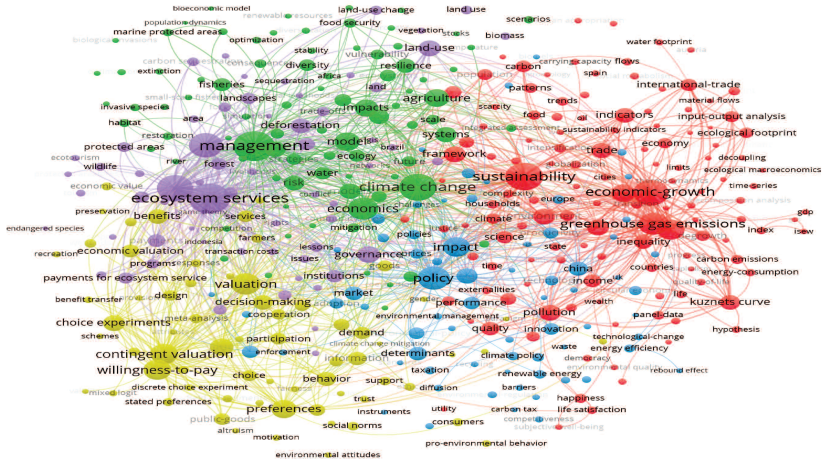
(b)

Nota: análisis de coocurrencias de palabras clave con conteo total, con al menos 25 repeticiones y mostrando la fortaleza de la relación de palabras. Total de palabras mapeadas (después de una limpieza de repeticiones de similitudes y excluyendo las palabras de búsqueda empleadas en The Web of Science): 595. El tamaño de las esferas representa el número o peso de las ocurrencias, la proximidad de las esferas y el grosor de las líneas representa el grado de cercanía y relación de las palabras clave mapeadas.

Fuente: elaboración propia con VOSviewer

Gráficos 2.

Análisis bibliométrico de la literatura científica en bioeconomics/economía ecológica, indexada en The Web of Science. (A) visualización de la red y (b) visualización temporal de la red



(a)

(b)

Nota: análisis de coocurrencias de palabras clave con conteo total, con al menos 25 repeticiones y mostrando la fortaleza de la relación de palabras. Total de palabras mapeadas (después de una limpieza de repeticiones de similitudes y excluyendo las palabras de búsqueda empleadas en The Web of Science): 416. El tamaño de las esferas representa el número o peso de las ocurrencias, la proximidad de las esferas y el grosor de las líneas representa el grado de cercanía y relación de las palabras clave mapeadas.

Fuente: elaboración propia con VOSviewer

Los puntos de encuentro de los dos grandes cuerpos de literatura son sin duda la sostenibilidad y la relevancia de la discusión económica, aunque enmarcada de modo diametralmente diferente. El énfasis, como se ha dicho, en uno es el crecimiento económico de la mano del desarrollo tecnológico y las soluciones de mercado (vía el fortalecimiento de los bionegocios). En el otro, es la construcción de rutas sostenibles e incluyentes que cuestionan los patrones de consumo y sus impactos, así como el positivismo tecnológico, vis a vis con los procesos de valoración de la naturaleza para la gestión y la toma de decisiones (qué se prioriza, por quién y a cambio de qué).

Por lo antes dicho, no es casual que en la literatura se asocie la bioeconomía con la noción de sostenibilidad débil, mientras que la economía ecológica se asocia con la de sostenibilidad fuerte (ver algunas de las principales características de ambas nociones en el cuadro 1).[8]

Se trata de una lectura que es ratificada por Liobikiene *et al*. (2019) quienes dan cuenta de que buena parte de la literatura de la bioeconomía se enfoca en los bionegocios, en especial su potencial para generar valor añadido. Los autores

[8] Con antecedentes históricos previos al uso del término de ecología (en 1866), la idea de la sostenibilidad en la modernidad emergió alrededor de las discusiones del agotamiento de los recursos de cara a la presión que se observaba por los ritmos de explotación de la naturaleza (por ejemplo, los bosques de Europa en los siglos XVII y XVIII) y por el continuo crecimiento poblacional (Caradonna, 2014). La sostenibilidad no debe equipararse con el desarrollo sostenible pues este es tan solo una noción particular de la idea de sostenibilidad, de ahí que sea central dar cuenta de que la sostenibilidad es un imaginario normativo y por tanto una cuestión estrictamente política (Delgado Ramos, 2019). En términos generales, la sostenibilidad refiere a la capacidad de cubrir las necesidades del presente preservando la posibilidad de que las generaciones futuras satisfagan las suyas. En su noción débil postula que es posible la sustitución perfecta de la naturaleza (o capital natural), lo que permite argumentar que existe una interdependencia entre crecimiento económico y conservación. Además, asume que la innovación tecnológica y las formas emergentes de organización pueden habilitar una continua generación de capital natural. La sostenibilidad fuerte cuestiona lo anterior, advierte la existencia de múltiples formas de valor y de inconmensurabilidad de lenguajes de valoración, además de que reconoce que la economía es un subsistema del sistema natural. Las nociones de sostenibilidad fuerte más radicales abogan por el total replanteamiento de la relación ser humano-naturaleza y, por tanto, de la economía y sus finalidades La sostenibilidad débil se suele asociar a la escuela de la economía ambiental, mientras que la sostenibilidad fuerte a la de la economía ecológica (Martínez-Alier y Roca Jusmet, 2013; Delgado Ramos, 2019).

Cuadro 1.
Principales características de la economía ecológica (bioeconomics) y la bioeconomía (bioeconomy)

Economía ecológica	Bioeconomía
Con base en las leyes de la termodinámica considera límites al modelo de crecimiento económico imperante en un planeta finito.	Con base en el potencial del avance tecnológico considera que se puede crecer económicamente de manera sostenible, de ahí que se hermane con las narrativas del desarrollo sostenible, la economía verde y el avance de acciones de "naturaleza positiva".
Prioriza una sostenibilidad fuerte que propicia la eficiencia absoluta y, en consecuencia, adopta el principio de prevención del mayor daño.	Prioriza una sostenibilidad débil basada en mecanismos de mercado, desde pagos por servicios ambientales, canje de deuda por naturaleza y bonos verdes hasta el empuje de modelos de negocios que esencialmente priorizan la eficiencia relativa y que, en consecuencia, abonan de manera limitada a la prevención del mayor daño.
Cuestiona el positivismo tecnológico al apostar por el principio precautorio. Demanda la colaboración y participación de múltiples actores para la coproducción de soluciones, incluyendo esquemas económicos y de mercado alternativos que priorizan esquemas solidarios y cadenas cortas de producción-consumo y circularidad.	Al centrar su narrativa en el potencial de los bionegocios, abre la posibilidad de agudizar la presión sobre los ecosistemas y los recursos biológicos y, en consecuencia, de afianzar relaciones comerciales ecológicamente desiguales.
Suele asociarse con reflexiones en torno a la noción del desarrollo, dando paso a la diversidad epistémica y socioterritorial, incluso desde nociones de decrecimiento o de poscrecimiento que cuestionan los patrones de consumo y las lógicas detrás del modelo sociometabólico imperante.	Al abrazar el positivismo tecnológico, aboga por incentivos y esquemas de autorregulación o de "regulación justa". Asimismo, sugiere el papel activo de un libre mercado "responsable", del impulso al financiamiento verde (incluyendo alianzas público-privadas) y de mecanismos jurídicos que den certeza tanto al acceso a los recursos biológicos y su conocimiento asociado como a las inversiones.

Fuente: elaboración propia

precisan que, además, cuando tal literatura aborda los aspectos sociales, esta tiende a centrar su atención en la generación de empleo. De manera similar, Dieken *et al.* (2021) constatan tales lagunas al advertir que son escazas las investigaciones que abordan la relación entre las percepciones de diferentes actores sociales (distintos al sector privado) y la bioeconomía como concepto que, de acuerdo con los autores, se relaciona con la sostenibilidad.

Liobikiene *et al*. (2019) sugieren que para que la bioeconomía tenga un impacto significativo desde una noción de sostenibilidad fuerte, más allá de señalar los impactos positivos en la reducción de la generación de desechos de disposición final o de su potencial para el uso y consumo eficiente de recursos, es necesario que también informe el potencial de la biomasa y los confines del consumo, esto es, considerando que la bioeconomía no debe exceder las "fronteras ambientales". Y es que, como han señalado Konstantinis *et al.* (2018), existe el riesgo de que la bioeconomía sea entendida como una ruta para fomentar el uso máximo de recursos naturales en los procesos productivos. En otras palabras, puede generar condiciones propicias para estimular una mayor generación de valor agregado medido en términos de una "productividad sostenible" que no considera aquellos factores que afectan las fronteras planetarias tales como la disponibilidad de recursos, la tasa de renovación de los recursos naturales, los comportamientos y patrones de consumo imperantes y el crecimiento poblacional (ibid.). Por tanto, autores como Liobikiene *et al*. (2019) sugieren que, en el avance de la bioeconomía y los bionegocios, es pertinente el uso de indicadores biofísicos como las huellas ecológicas de agua, carbono, material o de demanda de suelo.

Debe señalarse que cuando se alude a las "fronteras planetarias" o lo que Liobikiene *et al*. llaman "fronteras ambientales", en el contexto de su argumentación a favor de la bioeconomía, la narrativa que suele plantearse es que esos límites biofísicos, o fronteras, pueden ser trascendidos por medio de tecnosoluciones de la bioeconomía, las cuales permitirían potenciar la circularidad material de la economía (es decir, desde diversos esquemas de economía circular basados en la bioeconomía). En tal dirección argumentativa es que se insiste en que uno de los principios clave de la bioeconomía debe ser la circularidad (no solo la eficiencia, eficacia y consistencia: Pitkänen *et al*., 2016; D'Amato *et al*. 2017; Rojas-Serrano *et al.*, 2024).

D'Amato *et al*. (2017) incluso asocian la bioeconomía no solo con la economía circular, sino con la economía verde, argumentando que los tres son conceptos que buscan reconciliar las metas económicas, ambientales y sociales en un sentido que, para Giamprieto (2019), es propio de la narrativa neoclásica y neomaltusiana. Este último autor sostiene que la bioeconomía no solo se trata de un paradigma económico basado en el progreso tecnológico que busca el crecimiento económico

Cuadro 2.
Algunas definiciones de bioeconomía

Proponente	Definición
OECD (2009). The bioeconomy to 2030. Desingning a policy agenda. Disponible en: https://bit.ly/4ekfkko.	Puede ser pensada como un mundo en el que la biotecnología contribuye de manera significativa en la productividad económica al involucrar tres elementos: conocimiento biotecnológico (para desarrollar nuevos procesos productivos); biomasa renovable y bioprocesos eficientes; y la integración del conocimiento a cadenas de valor que abarcan diversas aplicaciones, tanto en la producción primaria y la salud como en la industria (químicos, plásticos, enzimas, pulpa y papel, biocombustibles, etcétera).
World Economic Forum (2024). "What is the bioeconomy and how can it drive sustainable development?". Disponible en: https://bit.ly/3UxOrlC.	Utiliza recursos biológicos renovables, como plantas, animales y microorganismos, para producir alimentos, energía y bienes industriales. Al integrar los avances en biotecnología y herramientas digitales con los principios de la economía circular, la bioeconomía ofrece soluciones que mitigan los impactos ambientales e impulsan el crecimiento económico y bienestar social.
European Commission (2018). Bioeconomy – The European way to use our natural resources – Action plan 2018. Disponible en: https://bit.ly/48LKUWN.	Cubre todos los sectores y sistemas que dependen de los recursos biológicos –animales, plantas, microorganismos y derivados de la biomasa, incluyendo los residuos orgánicos– así como de sus funciones y principios. Comprende e interconecta: ecosistemas terrestres y marinos y los servicios que proveen; todos los sectores productivos primarios que usan y producen recursos biológicos (agricultura, forestería, pesquerías y acuacultura) y todos los sectores económicos e industriales que usan recursos biológicos y procesos para la producción de alimentos, piensos, productos de base biológica, energía y servicios. Para ser exitosa, debe ser sostenible y circular.
FAO (2019). Towards sustainable bioeconomy guidelines. Disponible en: https://bit.ly/48NZBJb.	Producción, utilización y conservación de recursos biológicos, incluyendo el conocimiento, la ciencia, la tecnología y la innovación relacionados, para proporcionar información, productos, procesos y servicios en todos los sectores económicos, con el objetivo de lograr una economía sostenible. Ofrece una oportunidad única para abordar de manera integral desafíos sociales interconectados como la seguridad alimentaria y nutricional, la dependencia de recursos fósiles, la escasez de recursos naturales y el cambio climático, mientras se promueve un desarrollo económico sostenible.
CEPAL. Sección "Bioeconomía" de la página web. Disponible en: https://bit.ly/3AEFBfi. CEPAL (2022). Soluciones basadas en la naturaleza y la bioeconomía. Contribución a una transformación sostenible e inclusiva de la agricultura y a la recuperación pos-COVID-19. Disponible en: https://bit.ly/48Pkxj2.	Producción, utilización y conservación de recursos biológicos, incluidos los conocimientos, la ciencia, la tecnología y la innovación. Es una gran alternativa para un crecimiento con desacople de emisiones que contribuya a la diversificación productiva, especialmente en los sectores agrícola y agroindustrial. Por su vínculo con los recursos biológicos, la bioeconomía propone rutas de desarrollo que incluyen un amplio rango de opciones: la protección y mejora de los servicios ecosistémicos, la ecointensificación de la agricultura y la agroecología, los procesos de base biológica para la remediación ambiental en suelos y agua, la prospección de la biodiversidad para el desarrollo de nuevos productos y usos, la valorización de biomasa residual y la generación de biomateriales, la biofarmacéutica, entre otras.
ICCA (2024). Principios Rectores de la Bioeconomía de LATAM. Disponible en: https://bit.ly/4hNycLo.	Consiste en un abordaje técnico-productivo que parte del aprovechamiento de los nuevos desarrollos técnico-científicos, así como de la convergencia entre la biología, la química, las ingenierías, la física, las tecnologías de información y comunicación (TIC), la inteligencia artificial (IA) y otras, para valorizar al máximo la biomasa y los principios biológicos en la producción de nuevos bioproductos y bioservicios destinados no solo a la industria agrícola y alimentaria (como lo ha hecho ALC históricamente), sino también a otras industrias de alta agregación de valor y crecimiento acelerado en los mercados nacionales e internacionales. Pese a la falta de consenso en la definición de la bioeconomía en la región, las definiciones y abordajes de las bioeconomías que construyen los países y territorios de AL tienen al menos 5 elementos en común: conservación y valorización de la biodiversidad y aprovechamiento sostenible de la biomasa; incorporación de ciencia, tecnología e innovación, incluidos los conocimientos locales, étnicos y ancestrales; agregación de valor en cascada y circularidad; promoción de la sustentabilidad ambiental ("naturaleza positiva"); inclusión social en los territorios rurales y comunidades locales e indígenas a través de los desarrollos bioeconómicos en origen.

Fuente: elaboración propia sobre la base de las referencias indicadas en el cuadro

perpetuo, sino que presenta un entendimiento limitado de los flujos biofísicos primarios, secundarios y terciarios de la economía, el cual permite entender qué puede y qué no puede recircularse.

En todo caso, no deja de ser notorio que dentro del propio marco del discurso dominante de la bioeconomía se verifiquen señalamientos sobre la carencia de evidencias empíricas robustas desde las cuales se pueda confirmar y dar trazabilidad al avance e impacto (positivo y/o negativo) del avance de la bioeconomía, tanto en términos económicos como sociales y ambientales (OECD, 2018, 2019; Muizniece *at al.*, 2020; Liobikiene *et al.*, 2019). Dichas evidencias se consideran relevantes tanto para orientar de manera integral y adecuada la política pública e informar las decisiones del sector privado y social como para identificar los alcances reales, desafíos, limitaciones y contradicciones de dicha propuesta.

Lo antes dicho es en sí mismo un desafío dada la diversidad de enfoques y prioridades de la bioeconomía en la práctica, esto no solo entre el norte y el sur global, sino incluso de país a país, pues el papel que puede jugar en la agenda de desarrollo y las economías nacionales y subnacionales puede variar o tener énfasis en aspectos diferentes. Para una muestra de definiciones, ver el cuadro 2.

Las políticas de promoción de la bioeconomía a nivel internacional y en América Latina: una revisión panorámica

El empuje de la bioeconomía emerge en el seno de países del norte global, particularmente del G7, con un enfoque en la biomanufactura de innovaciones en medicina, energía, aplicaciones biotecnológicas (en por ejemplo la agricultura y la restauración ecosistémica; incluyendo acciones para la adaptación y la mitigación del cambio climático) y en las derivadas de la biología sintética (Té White House, 2012; Comisión Europea, 2018; PCAST, 2022).

Más adelante, el impulso se gestaría desde el G20 y otros países firmantes del Protocolo de Nagoya interesados en favorecer la exportación de biodiversidad, biomasa y conocimiento asociado, contexto en el que, para von Braun (2014), la bioeconomía se presenta como una oportunidad para los países en desarrollo en términos de generación de empleos y creación de valor. El autor sugiere que se

habrían de favorecer condiciones propicias a la producción, comercialización y uso sostenible de la biomasa –lo cual se relaciona con la aplicación del Protocolo de Nagoya de la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB)–,[9] pues asume que por el solo hecho de contar con biodiversidad y potencial para producir biomasa, los países del sur global pueden cambiar su situación dependiente dentro de la economía global al impulsar la bioeconomía.

Lo que von Braun no precisa es que el impulso a la innovación tecnológica de alto valor agregado en los países del sur global históricamente ha sido y sigue siendo –en el mejor de los casos– muy limitado. Su rol ha sido por lo general satelital, con algunas oportunidades en innovaciones de bajo contenido tecnológico. Esta realidad no es distinta para el caso de las áreas de aplicación más rentables de la bioeconomía, sin embargo, von Braun (2014: 9) se limita al señalar que "los países en desarrollo deberían tener mayor acceso a las tecnologías de la bioeconomía y a la ciencia asociada de los países desarrollados", esto sin dar cuenta del papel que juega el control de la innovación tecnológica por medio del mercado y de múltiples mecanismos de propiedad intelectual a favor de los países que las desarrollan.

Por esto, advertir el proceso de conformación de biocapitales monopólicos no es una cuestión menor, más aún cuando estos se benefician de oportunidades de negocio que cada vez más borran las fronteras entre las aplicaciones farmacéuticas, cosméticas, agrícolas, alimentarias, químicas, energéticas y del campo de la computación (Enríquez, 1998). El cambio en la economía global en tales sectores se ha hecho patente, por ejemplo, con la fusión de grandes multinacionales operando en áreas diversas. Destaca así la fusión de Ciba-Geigy y Sandoz para dar paso a Novartis; la de SmithKline Beecham y Glaxo Wellcome para formar GlaxoSmithKline

[9] Con base en el artículo 8, inciso j, de la CDB sobre conocimientos tradicionales y el artículo 15 sobre el acceso a los recursos genéticos, en 2010 se acordó el Protocolo de Nagoya cuyo objetivo principal es dar mayor certeza y transparencia jurídica a los usuarios y proveedores de recursos genéticos. El Protocolo delinea obligaciones a las partes, requisitos reglamentarios nacionales, condiciones de cooperación mutuamente acordadas, lineamientos para la participación justa y equitativa de beneficios, y aboga por incentivos para la conservación (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2011). Con relación al acceso al conocimiento asociado, el Protocolo establece diversas circunstancias en la que los pueblos tienen o poseen sus conocimientos lo cual relativamente los pone en el ámbito de libre disposición.

en 2000; la adquisición de parte de Bayer de Schering AG en 2022 y de Monsanto en 2016-2018; o la fusión de GlaxoSmithKline y Pfizer en 2019, entre muchas más (Kamble, 2024).

La apuesta por los bionegocios se explica en las fuertes expectativas que se tienen. Se estima que hasta el 60% de los insumos físicos de la economía global se podría producir biológicamente, esto es, con base en innovaciones tecnológicas propias de la bioeconomía (Mckinsey Global Institute, 2020). Según el Foro Mundial de Bioeconomía (2023), los bionegocios ya representan un mercado de entre unos 4 y 5 billones de dólares (*trillions,* en inglés) y las proyecciones apuntan a que este podría llegar a 7.7 billones de dólares en 2030, solo para el caso de los bionegocios relacionados a los alimentos, residuos de alimentos y energía (WBCSD, 2023). En el caso del mercado de biofármacos, con un crecimiento anual de 2%, se considera que podría alcanzar un valor de 760 mdd para el 2030; el de los biotextiles, con crecimiento anual de 4%, uno de 686 mdd y el de bioenvases, con crecimiento anual de 7%, uno de 544 mdd (Banco Mundial, 2024). El mayor potencial, desde luego, es en el largo plazo con estimaciones preliminares del valor de mercado que apuntan a treinta billones de dólares para fines de siglo, particularmente por el avance de la biología sintética (Candelon *et al*., 2022; Schmidt Futures, 2022).

La bioeconomía no solo ha avanzado en el sector privado. Con enfoques y prioridades diversas formalmente se empuja en por lo menos cincuenta países (Banco Mundial, 2024). Como se describe sintéticamente en el cuadro 3, en América Latina y el Caribe (ALyC) algunos países ya han delineado estrategias, planes o acciones para promover su avance. A esto se suma la conformación de la Red Latinoamericana de Bioeconomía que aboga en favor de que la región aproveche sus ventajas comparativas, dígase fundamentalmente su alta biodiversidad y conocimientos asociados (IICA, 2024). Otras acciones involucran, por ejemplo, al BID con su Iniciativa Amazónica y programas Amazon BeEco y Amazonía Siempre, también la aceleradora y fondo de inversión ReGenerate para la Amazonía (DAR, 2023).

Cuadro 3.
Países de ALyC con estrategias para el avance de la bioeconomía

País	Instrumento	Periodo	Enfoque
Argentina	Programa Fomento de la Bioeconomía (mediante la Dirección Nacional de Bioeconomía) * Ministerio de Agroindustria (2017). Bioeconomía Argentina Visión desde Agroindustria. Disponible en: https://bit.ly/4fMDSE. * Ministerio de Economía (2021). Programa Fomento de la Bioeconomía. Disponible en: https://bit.ly/3VAYabk.	N/A	Fomento desde 2017 del sector agropecuario y agroindustrial sostenible y de calidad, incluyendo el impulso a la IyD y el escalamiento productivo de bioproductos, bioinsumos, biomateriales, bioprocesos y esquemas de circularidad. Desde 2020 se crea la Dirección Nacional de Bioeconomía para articular su promoción y regulación; fundamentalmente en el sector agropecuario y bioenergético. Se busca así, según se indica, aumentar la competitividad en el mercado nacional e internacional a la vez que se propicia el desarrollo de las comunidades y territorios en términos sociales, productivos y ambientales. En tal sentido, la bioeconomía se asume como una estrategia tecnoproductiva para producir alimentos, energía, productos y servicios de manera sostenible, que conduzca al desarrollo de las comunidades y territorios en los aspectos sociales, productivos y ambientales.
Bolivia	Proyectos puntuales, fundamentalmente de financiamiento internacional	N/A	Impulso a sistemas agroforestales sostenibles, en particular la agricultura familiar, esto enmarcado en los esfuerzos para promover la bioeconomía inclusiva y sostenible
Brasil	Estrategia Nacional de Bioeconomía Presidência da República (2024). DECRETO Nº 12.044.Disponible en: https://bit.ly/3Ddug6Z.	2024	Brasil cuenta con una de las estrategias más ambiciosas de la región que coordina 13 ministerios. Busca promover economías forestales y de sociobiodiversidad a partir de la identificación, innovación y valorización de su potencial socioeconómico, ambiental y cultural, a partir de la ampliación y participación en los mercados y la generación de ingresos para los pueblos indígenas, comunidades tradicionales y agricultores familiares. Entre sus objetivos principales se establece el uso sostenible, la conservación y la valorización de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos; el impulso a la bioindustria, la agricultura regenerativa y las economías forestales y de sociobiodiversidad; la descarbonización de los procesos productivos y el empuje a la IyD y la formación de fuerza de trabajo especializada, entre otras cuestiones, incluyendo la evaluación de riesgos y oportunidades de las innovaciones tecnológicas en bioeconomía. Para el cierre de 2024 Brasil aún se encontraba desarrollando, con el apoyo del PNUD, su Plano Nacional de Desenvolvimento da Bioeconomia de la mano de un Sistema Nacional de Información y Conocimiento sobre la Bioeconomía, tal y como lo establece su Estrategia. Su desarrollo ha incluido un proceso de diálogos regionales (ver el Plano Nacional da Sociobioeconomía en la página web del Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima).
			Las acciones en la materia ciertamente anteceden y se implementan en paralelo al desarrollo articulado del mencionado plan. El fortalecimiento del mercado de productos biológicos se verifica ya desde 2009 con la adopción del Plan Nacional de Promoción de las Cadenas de Productos de Sociobiodiversidad y la política de precios mínimos de garantía de estos. Desde entonces se han puesto en marcha medidas para favorecer el uso sostenible de la sociobiodiversidad, la producción y los mercados agroecológicos y de productos orgánicos y para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional desde una política articulada de gestión ambiental y territorial. En 2019 se desarrolla el Programa de Bioeconomía Brasil – Sociobiodiversidad (MAPA) desde el cual se aceleran las acciones alrededor de cinco ejes: estructura productiva de las cadenas de extracción; hierbas medicinales, aromáticas, condimentos, aceites y tés especiales de Brasil; energías renovables para la agricultura familiar; reconocimiento de sistemas agrícolas tradicionales y rutas de la sociobiodiversidad. Adicionalmente, para el caso específico de la Amazonía brasileña, se ha buscado potenciar la generación de valor agregado a partir de la innovación tecnológica y el apoyo a los bionegocios, por ejemplo, desde el Centro de Bionegocios de la Amazonía (CBA, cbamazonia.org). El CBA reporta así proyectos en optimización de bioprocesos, bioinsumos y biofertilizantes, conversión de residuos, entre otros. Asimismo, se verifican otras acciones como el Proyecto Floresta+ Amazonía del PNUD, el Fondo Verde del Clima (GCF) y el Ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático.
Colombia	Plan de Acción para la Estrategia de Bioeconomía de Colombia Gobierno de Colombia (2020). Bioeconomía para una Colombia Potencia viva y diversa: hacia una sociedad impulsada por el conocimiento. Disponible en: https://bit.ly/40Pc7pC.	2020-2030	Enfocada para promover el crecimiento económico sostenible con base en el aprovechamiento de la biomasa, biodiversidad y servicios ecosistémicos, así como en la valoración del conocimiento ancestral, local y tradicional, el impulso a la innovación biotecnológica y la generación de la bioenergía. Argumenta la apuesta por cadenas de valor con alto valor agregado, con enfoque regional y una experiencia previa en el impulso a los biocombustibles y la bioprospección (364 contratos de acceso a recursos genéticos, 17 de ellos con fines comerciales). Ha puesto en marcha el plan Sácale jugo a tu patente para apoyar la comercialización y transferencia tecnológica. Establece como metas la creación de 2.5 millones de empleos directos e indirectos, la comercialización de 500 bioproductos y la contribución del 10% al PIB para el 2030.
Costa Rica	Estrategia Nacional de Bioeconomía (implementada por el Comité Interministerial de Bioeconomía). Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (2020). Estrategia Nacional de Bioeconomía. Costa Rica 2020-2023. Disponible en: thttps://bit.ly/4fRG1Oh.	2020-2030	Establece como meta para el 2030 cimentar la producción sostenible de alto valor agregado en todas las regiones y biociudades emergentes del país con base en el aprovechamiento justo y equitativo de la biodiversidad, el uso circular de la biomasa y el avance de la biotecnología para propiciar la diversificación productiva, la creación de empleos verdes y en última instancia avanzar como país modelo en desarrollo sostenible. Al asociarla con los ODS y con la política nacional de medio ambiente, climática, agroalimentaria y de ciencia, tecnología e innovación; propone, entre otras cuestiones, la conservación y restauración de los recursos biológicos; la descarbonización; la economía circular; el impulso a la IyD y el apoyo financiero y captación de inversión extranjera para la aceleración de bioempresas, capital semilla, aprovechamiento del mercado de bonos verdes (a través de BIOFIN (Biodiversity Finance Initiative) del PNUD).
Cuba	Proyectos puntuales, fundamentalmente de financiamiento internacional.	N/A	Esencialmente enfocados en el sector agropecuario. Ejemplo de esto es el proyecto CUBE (Cuban BioEconomy) que desde 2021 financia el Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania para la investigación y colaboración entre agentes de la agricultura y la bioeconomía de ambos países que impacten en el desarrollo territorial con beneficios en materia de seguridad alimentaria y cambio climático (http://cube-bioecon.org). No sobra señalar que el país tiene consolidado un potente programa en biotecnología, destacado en aplicaciones biomédicas las cuales dieron su origen en la década de 1980 para afrontar brotes de dengue y meningitis.

Fuente: elaboración propia sobre la base de las referencias indicadas en el cuadro

Cuadro 3. (continuación)
Países de ALyC con estrategias para el avance de la bioeconomía

País	Instrumento	Periodo	Enfoque
Ecuador	Libro Blanco de la Bioeconomía Sustentable en Ecuador del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2024). Libro blanco de la bioeconomía sustentable de Ecuador. Disponible en: https://bit.ly/3Byu8yc.	2019	Producción y consumo de bienes y servicios provenientes del uso sostenible de recursos biológicos y sus derivados obtenidos de procesos productivos que contribuyen a la creación de empleo y la disminución de la pobreza. Los primeros esfuerzos se verifican en 2019 con el programa Bioemprende para promocionar y fomentar los bionegocios. En 2020 se firma el pacto nacional de bioeconomía sostenible con 10 principios generales para la acción entre los cuales denota el rol de la bioeconomía en la transición hacia un modelo de desarrollo productivo resiliente, competitivo y cooperativo y diversificado con inclusión y equidad; el avance de la bioeconomía circular; el fomento a la inversión nacional y extranjera así como la priorización de cadenas de valor de la bioeconomía y el impulso a la incubación y escalamiento comercial de bioemprendimientos. Con el avance a la bioeconomía, Ecuador busca revertir la balanza comercial biofísica negativa que históricamente caracteriza su comercio (ecológicamente desigual), aunque reconoce los desafíos asociados a la escasez de recursos financieros para la I+D. En particular se plantea el aprovechamiento de los recursos de biodiversidad (como recurso estratégico), la ecointensificación agropecuaria y eficiencia de las cadenas agroalimentarias, el impulso a la biotecnología y sus aplicaciones, la producción de bioenergía y bioproductos, el empuje de la economía circular y la conservación y aprovechamiento de los servicios ecosistémicos. Lo anterior siempre con consideraciones entorno al acceso y uso respetuoso y previamente informado de los saberes ancestrales, así como de inclusión del enfoque de género.
México	Estrategia sectorial de bioeconomía agrícola para México. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2023). Propuesta de estrategia sectorial de bioeconomía agrícola para México (ESBAM). Disponible en: https://bit.ly/4hOG92R.	2023	La propuesta de estrategia de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) se centra en el ámbito agroalimentario. Pese a dicho enfoque, busca vincularse con algunos programas medioambientales y de desarrollo social. En tal sentido, la Estrategia considera la bioeconomía como vía para alcanzar la producción de alimentos seguros, inocuos, nutritivos y accesibles, para contar con un medio ambiente más limpio y con una industria responsable que cuide sus procesos y sea más competitiva. Apuesta por la transformación de biomasa en diversas cadenas productivas, incluyendo la generación de bioenergía con biomasa residual. Algunas acciones previas datan del 2008 cuando la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (ex SAGARPA, desde diciembre de 2018 que es SADER) autoriza a la Subsecretaría de Agricultura la creación de la Dirección General Adjunta de Bioeconomía (ver: SAGARPA (2014). Manual de organización de la Dirección General de Fibras Naturales y Biocombustibles. Disponible en: https://bit.ly/4eBWntw). No es, sin embargo, hasta el 3 de mayo de 2021 cuando se establece, en el Reglamento Interior de la SADER, el desarrollo de un programa nacional en bioeconomía (Ver el Reglamento Interior de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural disponible en: https://bit.ly/48W1BPF). En enero de 2023 se publica la propuesta de Estrategia por parte de SADER. Al cierre de 2024 la estrategia, como tal, no había sido publicada oficialmente. Debe precisarse que las acciones de política pública no se han restringido al ámbito de la SADER. En 2024, por ejemplo, en la Estrategia Nacional de Economía Circular de la SEMARNAT se advierte el papel de la bioeconomía no solo en la producción de alimentos, la circularidad del agua de riego, sino en el "bioturismo", la producción de biocombustibles, bioenergía, bionutrientes, biofertilizantes y biomateriales (ecoempaques, envases y embalajes) e incluso en el fomento a la simbiosis industrial (ver: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2024). Bases para la elaboración de un diagnóstico de la Estrategia Nacional de Economía Circular en México. Disponible en: https://bit.ly/4RR1e8). A nivel subnacional el Estado de Puebla ha publicado una estrategia en bioeconomía (ver: Gobierno de Puebla (2022). Estrategia de bioeconomía circular y social del estado de Puebla. Disponible en: https://bit.ly/48SMt5u).
Perú	Proyectos puntuales, fundamentalmente de financiamiento internacional.	N/A	Las acciones hasta el momento se centran en la agroforestería y uso de recursos sostenibles. Se ha creado desde el Ministerio del Ambiente un Grupo de Trabajo para la promoción de la bioeconomía y bionegocios en la Amazonia Peruana con apoyo de la Embajada Británica y el programa Partnership for Forests. El propósito es la preservación de los ecosistemas, la promoción de cadenas de valor sostenibles y rentables y el empoderamiento de la población local para alcanzar un desarrollo sostenible e incluyente. Otra acción de mención es el apoyo del BID mediante su programa Amazonía Siempre, desde el cual financia bioemprendimientos locales, siendo la organización de pueblos indígenas de la Amazonía peruana (AIDESEP) uno de los primeros beneficiarios.
Paraguay	Iniciativas acompañadas por organizaciones internacionales.	N/A	El Banco Mundial ha propiciado el empuje de la bioeconomía al subrayar el potencial económico de la bioeconomía (Banco Mundial, 2024). Se le ha dado especial atención a cuatro cadenas de valor: biofarmacéuticos, carne sostenible, petit grain para cosméticos y embalajes sostenibles. Otras en mención incluyen la agroforestería, el ecoturismo y el financiamiento al carbono. En el proceso el papel del Ministerio de Industria y Comercio es notorio al enunciar su interés de fomentar una economía nacional más verde, circular y con trazabilidad socioambiental. Por su parte, la FAO impulsa la bioeconomía para fortalecer los sistemas agroalimentarios sostenibles y saludables, algo que de manera similar se busca con una estrategia de bioeconomía del Chaco Paraguayo con el apoyo de IICA.
Uruguay	Estrategia Nacional de Bioeconomía Sostenible Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (2024). Uruguay. Estrategia nacional de bioeconomía sostenible. Disponible en: https://bit.ly/41vwd4n.	2024	Tiene como antecedente la creación de un grupo interinstitucional en bioeconomía sostenible en 2018 desde el cual, en diciembre de 2020, se genera un borrador de la Estrategia de Bioeconomía que fue aprobada en junio de 2024. Su plan de acción 2024-2026 se estructura alrededor de cuatro ejes estratégicos: producción y consumo sostenibles; inserción internacional con base en el valor agregado ambiental; ciencia, tecnología e innovación orientadas a la bioeconomía y desarrollo territorial inclusivo (fomento a bioemprendimientos locales y a empleos verdes; desarrollo de conglomerados territoriales para la bioeconomía de la mano de logística y transporte para el aprovechamiento eficiente de la biomasa). Considera de manera transversal las cuestiones regulatorias, de capacitación y sensibilización de la bioeconomía, el financiamiento y la equidad de género. Denotan sectores como el de alimentos y bebidas, recursos forestales y biológicos acuáticos (agropecuaria y agroindustria sostenible), la industria química y farmacéutica (bioinsumos, bioproductos), la valorización de residuos y subproductos, así como el ecoturismo.
Venezuela	N/A	N/A	Se busca articular una visión en el marco de los planteamientos del Plan de la Patria, especialmente sus puntos: 1.4.6.5 sobre insumos biológicos; 5.1.1.2 sobre el uso y disfrute de los recursos naturales; 5.1.3.5 sobre la promoción de la apropiación social del conocimiento, desarrollo tecnológico e innovación para el aprovechamiento sustentable, justo y equitativo de la biodiversidad y 5.2 sobre la protección y defensa del patrimonio y riquezas naturales (ver: Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela (2019). Plan de la Patria 2025. Hacia la Prosperidad Económica. Disponible en: https://bit.ly/3OT7Vhx). Aunque no cuenta con una estrategia o plan específico, se han identificado el impulso a los bioinsumos como estrategia sostenible para el sistema alimentario, eso es, un enfoque que calza con los esfuerzos de innovación agropecuaria impulsados por el BID e IICA. También juega un papel importante la conservación de ecosistemas y el ecoturismo. Se pueden articular potenciales avances en la materia mediante proyectos con apoyo internacional/regional, especialmente en la Amazonía (en este caso venezolana) donde se busca conformar una agenda de actuación común.

Fuente: elaboración propia sobre la base de las referencias indicadas en el cuadro

Las posturas en la región son diversas. Algunas buscan que la bioeconomía acompañe la agenda de desarrollo trazada nacionalmente como un elemento más que se puede aprovechar. Otras, en cambio, pretenden hacer de la bioeconomía un motor clave del crecimiento económico, una apuesta por la economía y el crecimiento "verde" como palanca central de una agenda de desarrollo. En algunos casos se argumenta que se busca fomentar la innovación tecnológica y aprovechar el potencial que reside en el conocimiento local, tradicional e indígena, mientras que en otros se aboga por la conservación ecosistémica –incluyendo consideraciones de mercados de carbono y el hermanamiento con el impulso a soluciones basadas en ecosistemas, también denominadas soluciones basadas en la naturaleza–,[10] las bioinversiones en turismo o de ecoturismo (o lo que también se advierte como bioservicios que preservan o ayudan a preservar la naturaleza, incluyendo la agroecología) fundamentalmente para atender mercados nicho que son rentables.

Otras apuestas se plantean a propósito de asegurar el provisionamiento interno de bioproductos, para la solución de problemas nacionales con enfoque social o incluso como resultado del impulso a la producción sostenible de biomasa para su exportación, incluyendo la necesaria para la producción de *cash crops* o cultivos para la exportación como los destinados a la producción de biocombustibles. Esto último se plantea, por ejemplo, argumentando el "potencial de las soluciones basadas en la naturaleza en la agricultura", el "incremento de la competitividad" y el empuje de la "diversificación de las exportaciones" (CEPAL, 2022; Banco Mundial, 2024; IICA, 2024).[11]

[10] Las soluciones basadas en la naturaleza refieren a las acciones para proteger, gestionar y restaurar los ecosistemas, aumentando su resiliencia y generando cobeneficios ambientales, económicos y sociales diversos. Algunas definiciones sugieren que se trata de soluciones que se centran en aprovechar los servicios y beneficios que los ecosistemas proporcionan de forma gratuita.

[11] La apuesta por una "nueva" ola de los agronegocios se evidencia, por ejemplo, en la participación de Marcello Brito de Brasil en el ya mencionado Foro Mundial de Bioeconomía. Brito fue presidente de la Asociación Brasileña de Agronegocios (ver su página web: abag.com.br) y de la Asociación Brasileña de Productores de Aceite de Palma (abrapalma.org), ambas con importantes esfuerzos para encaminar la bioeconomía como una acción clave de las NDC de Brasil, particularmente de cara a la COP30 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) a celebrarse en Belém do Pará.

En medio de una diversidad de aproximaciones y prioridades en ALyC, el consenso alcanzado hasta el cierre de 2024 ha quedado expreso en los diez principios sobre bioeconomía que se dieron a conocer en el marco del lanzamiento de la Iniciativa de Bioeconomía del G20, o GIB, la cual –se indica– está alineada a la COP16 de la CDB y a la próxima COP30 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (en noviembre de 2025). Los principios acordados incluyen aspectos generales de promoción del desarrollo sostenible y el cumplimiento de los ODS, la acción por el clima, la conservación y uso de la biodiversidad en consideración de la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados, la promoción de patrones de consumo y de producción sostenibles a partir de la circularidad, el desarrollo de la ciencia de manera segura y responsable, el compromiso por la inclusión y la equidad en respeto de los derechos humanos y la igualdad de género, el impulso al comercio de productos y servicios de la bioeconomía, la evaluación de la sostenibilidad de las cadenas de valor de la bioeconomía en el largo plazo, la consideración de prioridades nacionales y circunstancias regionales y locales, así como el fomento a la colaboración y cooperación internacional a fin de aprovechar las fortalezas complementarias y promover el financiamiento y el desarrollo de capacidades (GIB, 2024).

En tal contexto cada vez se hacen más presentes los llamados tanto para cuantificar el potencial nacional/regional de tales acciones y priorizar las áreas de acción como para la búsqueda de financiamiento y el mapeo del ecosistema de actores económicos involucrados o potencialmente interesados en hacerlo (Thomchick, Jacobson y Ruamsook, 2024). Asimismo, se llama a la creación de estándares y al seguimiento de avances y alcances de la bioeconomía, incluso mediante la formulación de cuentas paralelas nacionales (BID, 2024; Banco Mundial, 2024).[12]

Desarrollo tecnológico y bioeconomía: retos e implicaciones

Lo prometedor de la bioeconomía, en su calidad de tecnosolución, obedece al entendimiento cada vez mayor que se tiene de las ciencias de la vida y al avance de

[12] Se refiere al establecimiento de un mecanismo de monitoreo sobre el avance e impacto de la bioeconomía en las economías nacionales, un tipo de cuentas satélite del sector; al respecto ver: Vargas, Mondaini y Rodríguez (2023).

la biotecnología en áreas como la edición y reprogramación de células, la bioingeniería, el desarrollo de biomáquinas y de la biocomputación (que hace uso de células, moléculas y ADN en dicho campo de aplicación). Todas estas áreas, que ya figuraban en las visiones de mediano y largo plazo de la biotecnología de finales del siglo XX (Smith, 1996) y de la nanobiotecnología de principios del siglo XXI (Niemeyer y Mirkin, 2004), suelen involucrar cada vez más conocimientos científicos de frontera derivando en aplicaciones de muy alto y alto contenido tecnológico tales como las que derivan del grupo de las denominadas ómicas entre las que destacan, en el ámbito del flujo de información genética intracelular, la genómica, proteómica y epigenómica; en el ámbito de los productos metabólicos intracelulares la metabolómica, glucómica y lipidómica; entre otras como el análisis de RNA o la microbiómica. Relacionadas a las ómicas están la bioinformática, la automatización, el aprendizaje automático (*machine learning*), el desarrollo de interfaces entre sistemas biológicos y computaciones y la inteligencia artificial aplicada, entre otras.

Las aplicaciones comprenden fundamentalmente la salud humana y veterinaria, la cosmética, así como también la agricultura, acuacultura y la producción de alimentos, esto sin dejar de tener una fuerte conexión con la producción de bioenergía, de biopolímeros u otros biomateriales, así como con el avance de las tecnologías de la comunicación y la información.

En lo que respecta al sector salud, las aplicaciones más rentables suelen involucrar un muy alto y alto contenido tecnológico y en menor medida también en las aplicaciones veterinarias y cosméticas. En la agricultura, acuacultura y la producción de alimentos, bioenergía y biomateriales, el contenido tecnológico es variable, siendo mayormente dominante un contenido tecnológico alto-medio y medio. En contraste, en los niveles bajos de contenido tecnológico están las industrias que hacen uso de cierto grado de innovación para la producción de biomasa y bioinsumos y, en los más bajos, las actividades de bioprospección y desarrollo de librerías genéticas y de conocimientos asociados. Resultan estar aún más alejados de los nichos de negocio más rentables las acciones ancladas en la conservación ecosistémica *per se* y en la promoción del ecoturismo y, con un nivel extremadamente bajo de contenido tecnológico, la transformación básica de biomasa (por ejemplo, de cultivos como el plátano donde se advierten oportunidades

en frituras, textiles, harina, artesanías o envolturas y contenedores ecológicos; todos casos mencionados en la estrategia sectorial de México). Otros negocios donde no hay un contenido tecnológico directo son los que incursionan en mercados de carbono o de bonos verdes.

Dado que las innovaciones, sobre todo las de muy alto y alto contenido tecnológico, son cada vez más complejas y de acelerada comercialización, la investigación y desarrollo no solo puede ser en algunos casos costosa, sino incluso restrictiva para aquellos países con estructuras científico-tecnológicas débiles, ya no se diga con limitada experiencia de escalamiento industrial. Este es el caso, sin duda del grueso del sur global.

A tal situación se suma el reto de diseñar e implementar medidas robustas para evaluar los potenciales impactos, deseados y sobre todo no deseados. La investigación sobre los impactos no deseados y, más aún, los mecanismos de regulación suelen quedar muy por detrás del ritmo de innovación y lanzamiento de productos y servicios al mercado. Esta ha sido la experiencia de múltiples áreas de aplicación de la biotecnología y la nanotecnología, la cual se debe al limitado apoyo a ese tipo de investigación, a que suele estar en gran medida en manos del sector privado (lo que estrictamente conlleva a un potencial conflicto de interés) y a que las capacidades de gobernanza tanto para la gestión de la propiedad intelectual como de regulación de los potenciales impactos no deseados son en muchos países limitadas y, de existir, frecuentemente son inoperantes en la práctica o se encuentran muy por detrás del ritmo de innovación (Delgado Ramos, 2002, 2008). Se trata de una situación que ciertamente se torna delicada en un contexto de tensión por quienes abogan por la regulación dura y quienes prefieren la regulación suave e incluso la autorregulación del propio sector en cuestión.

Asimismo, son palpables diversas contraprestaciones en el potencial avance de las tecnologías asociadas a la bioeconomía. Por ejemplo, entre las apuestas para la producción de biomasa a gran escala útil para la industria de biocombustibles, papel, bioquímicos o bioproductos (como bioplásticos) y las que abogan por esquemas tanto de producción local sostenible y socialmente solidaria de alimentos como de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad (CEPAL, 2022). Y es que la degradación ambiental se ha intensificado tanto por el incesante avance de

la frontera agroindustrial,[13] que en gran parte ha sido objetada por un agroextractivismo que homogeniza las especies sembradas en menoscabo de especies endémicas (Guevara y Laborde, 2008), como por el continuo impulso a las actividades extractivas de minerales y otros materiales, lo cual es por ejemplo cada vez más visible en la Amazonía y otras partes de ALyC (Sonter *et al.*, 2017; Killeen, 2024). El proceso es sin duda contradictorio pues existen intereses para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad que, sin embargo, han derivado en casos de acaparamiento de tierras para la conservación o *green grabbing* (Borras *et al*., 2012; Blomley *et al*., 2013; Holmes, 2014).

Desde luego, ante los innegables impactos de la agroindustria y la minería, los grandes capitales involucrados en tales bionegocios extractivos han abogado por una actividad socioambientalmente responsable, autorregulada por medio de espacios proempresariales como la denominada Mesa Global de Soja Responsable (responsiblesoy.org), la Mesa Redonda sobre Biomateriales Sostenibles (ex Mesa Redonda sobre Biocombustibles Sostenibles; rsb.org) o la Iniciativa para la Transparencia de las Industrias Extractivas (eiti.org). Un papel similar pareciera perfilar el Foro Mundial de Bioeconomía (wcbef.com) en la construcción de la gobernanza de los múltiples y muy diversos bionegocios (incluyendo los antes mencionados: soja, biocombustibles y biomateriales). Con todo, y aún a pesar de los principios de la GIB listados previamente, surgen algunos aspectos de tensión patentes en los últimos años en ALyC, por decir:

- La tensión entre los proponentes de la bioeconomía en áreas típicamente extractivistas y los actores que desde hace décadas han criticado la actividad primario-exportadora, esto particularmente con aquellos que buscan acelerar la agenda de la conservación ecológica y de garantía al derecho humano a un

[13] El caso de la soja es un claro ejemplo. El área cultivada más que se duplicó del 2000 a 2019 en América del Sur al pasar de 26.4 a 55.1 Mha, contexto en el que la superficie sembrada en la zona de la Amazonía brasileña aumentó más de diez veces con importantes impactos de marcada deforestación, especialmente en el Cerrado brasileño (Song et al., 2021). Para 2024, la superficie superó las 71 Mha en dicha región, correspondiendo 47.3 Mha a Brasil, 17.3 Mha a Argentina, 3.8 Mha a Paraguay, 1.9 Mha a Bolivia y 1.3 Mha a Uruguay (datos extraídos de la página web del United States Department of Agriculture (USDA), ipad.fas.usda.gov).

medio ambiente sano.

- La preocupación por las potenciales contraprestaciones entre asegurar el derecho humano al agua y al acceso a alimentos que permitan una alimentación adecuada, nutritiva y sostenible, y los usos del suelo y agua para la producción de biomasa para usos industriales (biocombustibles, bioplásticos, papel, etcétera), más cuando se trata de aquellos para exportación.

- La contraposición entre los que abogan por el uso de organismos genéticamente modificados (OGM) como innovación clave en el avance de un sector de la agroindustria y los que en cambio apuestan por la agroecología, la producción de alimentos orgánicos e incluso el rechazo al uso de OGM y sus paquetes tecnológicos asociados, esto bajo criterios de aplicación del principio precautorio.

- La limitante que pueden representar los derechos de propiedad del suelo existentes en la región (sobre todo la propiedad social) para las actividades que demandan su uso extensivo y, en consecuencia, los eventuales conflictos por la tenencia y usufructo de la tierra.

- Los conflictos asociados al uso de los conocimientos locales e indígenas en cumplimiento con el Protocolo de Nagoya y al avance de los bionegocios en línea con el Acuerdo de Escazú en materia de los y las defensoras de derechos humanos en asuntos ambientales.

- El reto para gestionar la propiedad intelectual y sus nuevos estándares (por ejemplo, el estándar ST.26 sobre ADN y RNA de la OMPI), pero también de la certificación y etiquetado internacional y nacional de innovaciones relacionadas a la bioeconomía, así como para asegurar una regulación adecuada en torno a sus efectos no deseados y a cuestiones elementales como la privacidad y el acceso a información personal. Este último punto obliga a revisar y, en su caso, ajustar tanto la política de acceso a la información como la política y financiamiento de la ciencia, tecnología e innovación.

- Las dificultades estructurales para trascender las dependencias tecnológicas existentes (*technological divide*) e impulsar la innovación y encadenamientos productivos endógenos de mayor valor agregado.

- Lo anterior supone dar cuenta de los retos y desventajas que tiene la región para competir en nichos de valor agregado y contenido tecnológico medio y alto, incluyendo no solo cuestiones de apoyos limitados a la IyD, sino también la tendencia de una baja coordinación entre instituciones generadoras de CyT, sus investigadores y los espacios de toma de decisiones.

Otras cuestiones, identificadas por los proponentes de la bioeconomía, comprenden: 1) los retos y obstáculos para coordinar e incluso integrar los esfuerzos que ya se están realizando a nivel nacional y subnacional en áreas que se pueden considerar parte de la bioeconomía; 2) la necesidad de desarrollar capacidades locales para el diseño, implementación y seguimiento de estrategias, acciones, proyectos, modelos y planes de (bio)negocios; 3) las fuentes de financiamiento existentes y necesarias; 4) el fomento de mercados locales-nacionales y de exportación asociados a los bionegocios; 5) las facilidades para la incubación de empresas; 6) la necesidad de generar indicadores que permitan evaluar tanto el avance de los bionegocios como sus impactos; entre otras cuestiones. En el mismo tenor la OECD (2009) identifica algunos retos para la bioeconomía tales como los asociados a las pérdidas económicas por parte de los productores menos eficientes; la dificultad de alinear los incentivos privados para desarrollar terapias médicas con las metas de la política de salud pública; la necesidad de alinear los avances en procesos industriales a estándares de sostenibilidad vinculados al análisis del ciclo de vida de los productos y servicios; así como los relativos a la gestión de propiedad intelectual y a la regulación de la investigación y el desarrollo.

En síntesis, la bioeconomía se presenta como una tecnosolución para los principales problemas socioambientales y una apuesta para evitar cualquier proceso de transición y transformación estructural,[14] no obstante, la apuesta no

[14] Se distingue aquí transición de transformación. Por transición se alude al fenómeno de paso de un modo de producción a otro, o a la fase en la que el sistema imperante enfrenta enormes dificultades para reproducir las bases socioeconómicas sobre las cuales se funda, a tal punto que se genera una reorganización desde la cual emergen nuevas condiciones de existencia (Houtart et al., 2017). Por transformación se entiende el conjunto de cambios concretos que se requieren para dar tal paso, siendo estos aquellos que por su naturaleza trastocan las bases y la lógica misma del modo de producción imperante y no meramente cambios que pueden ser subsumidos por el modo de producción en curso por medio de medidas adaptativas.

está libre de críticas, retos, limitaciones y potenciales impactos no deseados, todos aspectos que en ALyC adquieren características particulares. A pesar de esto, algunas acciones podrían tener impactos ambientales deseables e incluso abonar en la construcción de condiciones que propicien cambios cada vez más significativos, una cuestión que está en línea con el carácter contradictorio del sistema imperante.

Reflexiones finales

Existe una diversidad de aplicaciones que conforman los diversos nichos de mercado de la bioeconomía. Sus muy variadas definiciones sugieren que la bioeconomía se ha convertido en un paraguas conceptual que da cabida a una diversidad de negocios que no necesariamente están asociados al desarrollo de tecnologías de frontera. Por esto, se puede argumentar que la bioeconomía ha sido útil para renombrar y relanzar viejos nichos de negocios, incluyendo aquellos que han resultado en fuertes críticas y rechazo social, tales como los OGM y sus paquetes tecnológicos, las diversas aplicaciones actuales y potenciales de la biología sintética o los múltiples negocios de extractivismo biológico (desde los asociados a la bioprospección hasta los monocultivos de exportación).

Más allá de los impactos previstos e inesperados de las innovaciones tecnológicas, es cierto que las nuevas tecnologías dan lugar a la posibilidad de desarrollar soluciones –aunque sea parciales– a diversos retos socioambientales tales como la generación de energía limpia o el uso cada vez más eficiente y circular de la materia. Si bien esto es deseable, al menos en principio –pues ninguna tecnología está libre de riesgos–, la naturaleza del mercado moderno, especialmente en nichos de frontera oligopólicos y monopólicos como lo son varios de la bioeconomía, solo socializará tales innovaciones en la medida en que sean económicamente viables y no atenten contra los intereses de los negocios preestablecidos, esto sin poder garantizar que no se genere una división tecnológica entre ricos y pobres (*technological divide*). Aún más, los avances en tales cuestiones, aunque centrales, pueden significar poco o tener un impacto limitado, si los patrones de producción-consumo siguen aumentando. De hecho, en la historia del capitalismo la innovación tecnológica ha sido monumental, con incrementos en varios órdenes de magnitud en la eficiencia del uso de recursos, no obstante, el consumo de energía

y materiales sigue en aumento, sobre todo desde mediados del siglo XX (Delgado Ramos, 2019).

En tal panorama, ALyC se caracteriza por ser una región con un histórico y pronunciado déficit biofísico comercial, es decir que sus exportaciones físicas son mayores que las importaciones, siendo las de mayor volumen exportado, según la base de datos de flujos materiales globales del IRP (2025), las de minerales metálicos, combustibles fósiles, biomasa y productos asociados. El escenario futuro no es alentador si la tendencia del consumo de recursos continua, pues se estima que podría aumentar en casi 60% de 2020 a 2060 al pasar de unas 100 a 160 millones de toneladas al año (UNEP, 2024).

El papel de los países del sur global en el actual arreglo de la economía global tiende a ser particularmente dinámico en la extracción de recursos naturales en crudo y, en algunos casos, con un cierto grado de transformación. Su rol en los procesos de acumulación de capital derivados del avance tecnológico, con muy contadas excepciones, es en cambio generalmente periférico. No es por tanto casual que las inversiones de los Estados nación del sur global en innovaciones de alto contenido tecnológico en bioeconomía u otras áreas de innovación no estén disponibles o sean escasas.[15] Al quedar en el mejor de los casos limitadas a nichos puntuales o a innovaciones de contenido tecnológico medio-bajo, y debido a las carencias estructurales en materia de ciencia, tecnología e innovación, lo más probable es que las promesas de los bionegocios en ALyC –como en muchos otros países del sur global– no cambiará de manera significativa las dependencias tecnológicas imperantes, ya no se diga los intercambios ecológicamente desiguales que, históricamente, han derivado en una balanza comercial (bio)física desigual.

[15] Las patentes registradas ante la OMPI que explícitamente mencionan la bioeconomía, sea en su descripción o porque han sido solicitadas por entidades abocadas al impulso de esta, suman once. Ninguna de esas corresponde a un solicitante de ALyC, siendo la mayor parte adjudicables a Noruega. Dependiendo de la definición de bioeconomía usada, las patentes pueden por tanto abarcar toda una diversidad de áreas de aplicación. En una búsqueda realizada en la base de datos PATENTSCOPE de la OMPI (http://patentscpe.wipo.int) se han incluido los siguientes términos: "bioeconomía", "biotecnología", "bionanotecnología", "biocomputación", "biomedicina", "biocombustibles" y "biodiversidad". La búsqueda reporta un total de 921.724 patentes al 5 de noviembre de 2024, de las cuales 12.442 o el 1.3% se registraron en oficinas de ALyC, la gran mayoría por solicitantes extranjeros.

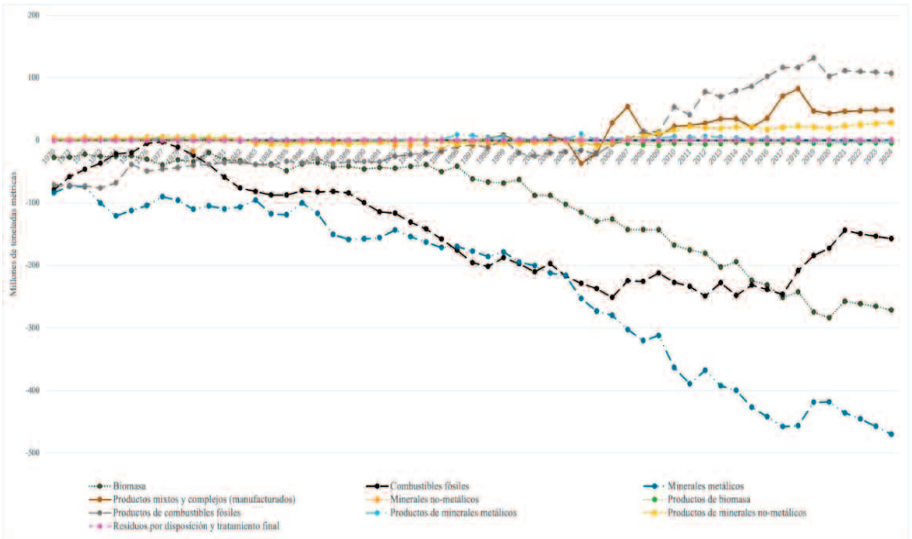
El gráfico 3 muestra que, en términos biofísicos, ALyC exporta grandes cantidades de minerales metálicos, biomasa y petróleo crudo e importa fundamentalmente productos derivados de combustibles fósiles, productos mixtos y complejos manufacturados y productos de minerales no metálicos.[16]

Ahora bien, lo antes dicho no debe interpretarse en el sentido de que ALyC no deba apoyar la educación, la ciencia y la tecnología, todo lo contrario. Supone, en cambio, reconocer la condición estructural de desventaja que la región tiene en la competencia tecnológica intercapitalista (Delgado Ramos, 2011; Houtart *et al*., 2017), todo en un contexto en el que al mismo tiempo presenta una importante deuda social y una acelerada pérdida de biodiversidad y de su conocimiento. Tal condición debería ser el punto de partida para dar paso a un diálogo amplio, robusto y participativo sobre el papel del conocimiento científico y no científico y de la innovación tecnológica en el desarrollo de ALyC, y en consecuencia, de la noción misma de desarrollo más allá de aquella que lo equipara al crecimiento económico.

Las apuestas por un desarrollo de sostenibilidad débil, centradas en las tecnosoluciones como el principal instrumento de cambio, al ser funcionales al sistema imperante, no pueden derivar en procesos de transición ni transformación sistémica. Se trata de una limitante que es, más allá de su naturaleza política, cada vez más preocupante pues las "soluciones" planteadas desde los tomadores de decisiones y el gran empresariado no han logrado revertir la profunda degradación ecológica y climática en curso. El sobreoptimismo es tal que mayormente se han fomentado las acciones de menor costo y de fácil implementación, dejando las acciones de mayor impacto para algún momento del mediano y largo plazo.

[16] ALyC ha exportado más naturaleza que la que importa (es exportadora neta de recursos naturales) y, en consecuencia, ha asumido los impactos socioambientales inherentes a las actividades extractivas de exportación (además de las asociadas al consumo interno). Se puede sostener que, en términos generales, la región sigue teniendo, biofísicamente hablando, una economía de exportación primarizada cuyos impactos socioambientales se traducen en una "deuda ecológicamente desigual" entre exportadores (usualmente del sur global) e importadores (típicamente del norte global). Desde luego, ciertas relaciones de intercambio Sur-Sur requieren de mayor análisis, específicamente el caso de la balanza comercial (bio)física de ALyC con China que en términos globales figura como un país importador neto (León, Lewinsohn y Sánchez, 2020).

Gráfico 3.
Balance comercial biofísico de ALyC, 1970-2024



Fuente: elaboración propia sobre la base de los datos del Internacional Resource Panel (IRP, 2025)

La ciencia, sin embargo, ha advertido que postergar la acción decidida limita el alcance de las acciones actuales, ya que las torna insuficientes para afrontar los efectos de las retroalimentaciones en los sistemas terrestres y en los ciclos biogeoquímicos (Schleussner *et al*., 2024; Ripple *et al*., 2024). Esto es muy relevante, sobre todo si se considera que los impactos de las retroalimentaciones más allá de la escala global aún no se entienden lo suficiente. Por ejemplo, es necesario estudiar los potenciales impactos a escala regional derivados del ajuste y equilibrio de los componentes del sistema climático, incluso aún después de estabilizar las emisiones y la temperatura, de ahí que se manifieste que "solo la reducción rápida de las emisiones en el corto plazo puede ser efectiva para reducir los riesgos climáticos" (ibid.).

El reto es mayúsculo. La posibilidad de actuar de manera radical depende de las condiciones políticas, económicas, tecnológicas y socioculturales imperantes,

así como de las capacidades que se puedan desarrollar para propiciar cambios capaces de evitar las mencionadas retroalimentaciones y dar paso a escenarios de transformación estructural, propios de la sostenibilidad fuerte y de una economía ecológicamente viable.

El cambio de paradigma acerca de qué entendemos por desarrollo es obligado si queremos evitar los daños asociados a los escenarios tendenciales de la crisis climático-ambiental. No obstante, los intereses creados se han traducido en resistencias profundas, desde el negacionismo climático, hasta la desacreditación del planteamiento de la existencia de fronteras planetarias, se lo califica como uno que se opone a la acumulación de riqueza o de tinte "anticrecimiento" (Pielke, 2014). Tales críticas, carentes de bases científicas sólidas (Richardson *et al.*, 2023; IPCC, 2023), presumen consecuentemente de que la única ruta posible es el crecimiento económico, el cual, como se ha dicho, ha demostrado ser insostenible y socialmente excluyente e injusto, pues ha derivado en una distribución asimétrica tanto de la riqueza como de los impactos socioambientales generados. Más aún, el crecimiento económico al infinito en un planeta finito es termodinámicamente irreal y, por tanto, solo puede entenderse como acto genocida.

Trascender la anomia social y avanzar hacia procesos de transformación que prioricen la vida y, por tanto, sus bases energético-materiales, es por demás urgente, razón por la cual se considera cada vez más relevante el conocimiento y las experiencias que se encaminan a reducir el consumo (absoluto) de recursos, dígase por ejemplo desde reflexiones enmarcadas en el poscrecimiento y el decrecimiento.

En cualquier caso, el avance hacia otras modalidades de desarrollo, independientemente de cuál sea y sobre qué base tecnológica se ancle, debe en consecuencia ser guiado por el "principio de prevención del daño" (Schleussner *et al*., 2024) y, desde luego, de acciones robustas y efectivas que prioricen a los más vulnerables, es decir, que atiendan las cuestiones de equidad y justicia relacionadas con los impactos y responsabilidades diferenciadas que caracterizan el actual modelo de desarrollo. También deben entenderse con mayor claridad los componentes y dinámicas de esas otras modalidades de desarrollo y cómo se pueden poner en marcha en un contexto de diversidades –territoriales, sociales, políticas, económicas

y culturales–, esto además de advertir cómo tales formas pueden trascender de manera efectiva las resistencias al cambio y los intereses creados.

Las soluciones concretas inevitablemente se jugarán entre los imaginarios de lo deseable (para la vida) y la acción posible según la correlación de fuerzas imperantes, por lo que es clave habilitar cada vez mejores condiciones no solo para impulsar cambios transformadores, sino aquellos que sean coproducidos en función de las características de los territorios y su gente. Esto último, para el caso de ALyC, obliga a revisar hasta dónde o en qué grado los gobiernos progresistas han logrado cambios y, más aún, si se trata de cambios estructurales que favorecen en un grado u otro la transición sistémica o si por el contrario, y más allá de las narrativas, se ha tratado en la práctica concreta de cambios que acaban siendo subsumidos por el sistema imperante.

El resultado de tal revisión y de los agentes detrás de tales esfuerzos (no solo institucionales, sino de otra índole, incluyendo la academia) puede ayudar a identificar los actores y las potenciales alianzas que podrían acompañar procesos de coproducción de alternativas para la vida, los cuales se juegan inevitablemente en lo comunitario y lo participativo, esferas que a su vez precisan esfuerzos para la transformación de las actitudes, aspiraciones y contradicciones individuales, institucionales y colectivas.

Y es que como ya lo advertía Lotka (1925), en la sociedad moderna domina una consciencia anclada en el ego (el estándar desde el cual nos parece más conveniente describir nuestra experiencia y desde el cual se tiende a objetivizar el mundo). Dicha consciencia está fundamentalmente anclada en instintos individualistas, agrega el autor, contexto en el que cada sujeto o unidad económica busca en cada transacción una mayor ganancia independientemente de las ganancias o pérdidas para la sociedad en general. Es desde lo individual entonces que se consolidan los intereses sociales, dice Lotka, lo cual es contradictorio no solo porque el trabajo de un individuo no garantiza su existencia en el planeta, sino porque obligadamente la vida humana se resuelve de manera colectiva. Por ello, puede sostenerse que solo desde ahí, desde el bien común, puede calibrarse mejor qué conocimientos (científicos y no científicos) y tecnologías adoptar, pero sobre todo, qué arreglos

socioeconómicos habilitan la prosperidad de la vida humana y no humana en el largo plazo.

Bibliografía

Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2024). *Re-imagining bioeconomy for Amazonia*. *Nota técnica IDB-TN-2952*. Washington, D.C.: BID. Disponible en: https://bit.ly/4enGzuc.

Banco Mundial (2024). *La bioeconomía en Paraguay. Innovación y diversificación económica.* Washington, D.C.: WB. Disponible en: https://bit.ly/3Z45gY3.

Barañano, L.; Garbisu, N.; Alkorta, I.; Araujo, A. y Garbisu, C. (2021). "Contextualization of the bioeconomy concept through it slinks with related concepts and the challenges facing humanity". *Sustainability*, vol. 13, n° 14, 7746. DOI: 10.3390/su13147746.

Befort, N. (2020). "Going beyond definitions to understand tensions within the bioeconomy: The contribution of sociotechnical regimes to contested fields". *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 153, n° 119923. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.119923.

Blomley, T.; Flintan, F.; Nelson, F. y Roe, D. (2013). *Conservation and Land Grabbing. Part of the Problem or Part of the Solution?* Londres: International Institute for Environment and Development (IIED).

Borras, S.; Franco J. C.; Gómez, S.; Kay, C. y Spoor, M. (2012). "Land grabbing in Latin America and the Caribbean". *The Journal of Peasant Studies*, vol. 39, n° 3-4, 845-872. DOI: 10.1080/03066150.2012.679931.

Candelon, F.; Gombeaud, M.; Stokol, G.; Patel, V.; Gourévitch, A. y Goeldel, N. (2022). "Synthetic Biology is About to Disrupt Your Industry. *Boston Consulting Group (BCG)*. Disponible en: https://on.bcg.com/3W53y7d.

Caradonna, J. (2014). *Sustainability. A history*. Oxford: Oxford University Press.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2022). *Soluciones basadas en la naturaleza y la bioeconomía. Contribución a una transformación sostenible e inclusiva de la agricultura y a la recuperación pos-COVID-19.* Santiago, Chile: CEPAL. Disponible en: https://bit.ly/48Pkxj2.

Comisión Europea (2018). *A sustainable bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment*. Bruselas: Comisión Europea. Disponible en: https://bit.ly/4fz6CPN.

D'Amato, D.; Droste, N.; Allen, B.; Kettunen, M.; Lähtinen, K.; Korhonen, J.; Leskinen, P.; Matthies, B. D. y Toppinen, A. (2017). "Green, circular, bioeconomy: A comparative analysis of sustainability avenues". *Journal of Cleaner Production*, n° 168, 716-734. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.09.053.

Delgado Ramos, G. C. (2002). *La amenaza biológica. Mitos y falsas promesas de la biotecnología.* CDMX: Plaza y Janés.

_____ (2008). *Guerra por lo invisible: negocio, implicaciones y riesgos de la nanotecnología.* CDMX: CEIICH-UNAM.

_____ (2011). *Imperialismo tecnológico y desarrollo en América Latina.* La Habana: Ruth Casa Editorial/Editorial Científico-Técnica.

_____ (2019). *Asentamientos urbanos sustentables y resilientes: retos y oportunidades para la transformación urbana en California y Baja California*. CDMX: CEIICH, UNAM.

Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR) (ed.) (2023). *La iniciativa amazónica y e impulso de la bioeconomía del Banco Interamericano de Desarrollo*. Lima, Perú: DAR. Disponible en: https://bit.ly/3Br4ifx.

Dieken, S.; Dallendörfer, M.; Henseleit, M.; Siekmann, F. y Venghaus, S. (2021). "The multitudes of bioeconomies: A systematic review of stakeholders' bioeconomy perceptions". *Sustainable Production and Consumption*, n° 27, 1703-1717. DOI: 10.1016/j.spc.2021.04.006.

Enríquez, J. (1998). "Genomics and the World's Economy". *Science*, n° 281, 925-926.

Food and Agriculture Organization (FAO) (2022). "Towards a sustainable bioeconomy for Namibia". *FAO News*.

Foro Mundial de Bioeconomía (2023). *A Status of the Global Bioeconomy*. World Bioeconomy Forum.

G20 Initiative on Bioeconomy (GIB) (2024). *G20 High-Level Principles on Bioeconomy.* Disponible en: https://bit.ly/3ZpX97b.

Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy law and the Economic Process.* Cambridge, MA/Londres: Harvard University Press.

Giampietro, M. (2019). "Sobre la bioeconomía circular y el desacoplamiento: implicaciones para el crecimiento sostenible". *Economía ecológica*, vol. 162, 143-156.

Giampietro, M. y Mayumi, K. (2000). "Multiple-scale Integrated Assessments of Societal Metabolism: Integrating Biophysical and Economic Representations Across Scales". *Population and Environment*, n° 22, 155-210. DOI: 10.1023/A:1026643707370.

Giampietro, M.; Mayumi, K. y Ramos-Martin, J. (2009). "Multi-scale integrated analysis of societal and ecosystem metabolism (MuSIASEM): Theoretical concepts and basic rationale". *Energy*, vol. 34, n° 3, 313-322. DOI: 10.1016/j.energy.2008.07.020.

Guevara, S. y Laborde, J. (2008). "The landscape approach: designing new reserves for protection of biological and cultural diversity in Latin America". *Environmental Ethics*, vol. 30, n° 3, 251-262. DOI: 10.5840/enviroethics200830331.

Holmes, G. (2014). "What is a land grab? Exploring green grabs, conservation, and private protected areas in southern Chile". *The Journal of Peasant Studies*, vol. 41, n° 4, 547-567. DOI: 10.1080/03066150.2014.919266.

Houtart, F.; Dierckxsen, W.; Delgado Ramos, G. C. y Jijón, V. H. (2017). *Las relaciones Sur-Sur y el desafío de un nuevo proyecto de civilización*. Quito: Instituto de Altos Estudios Nacionales.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) (2024). *Principios rectores de la Bioeconomía de LATAM*. San José, Costa Rica.

International Resource Panel (IRP) (2025). *IRP Global Material Flows Database*. Disponible en: https://bit.ly/3rYoVut.

Kamble, S. (2024). "The evolution of the pharmaceutical landscape: a two decade journey of mergers and acquisitions". *BioSpectrum Asia*. Disponible en: https://www.biospectrumasia.com/news/29/24473/the-evolution-of-the-pharmaceutical-landscape-a-two-decade-journey-of-mergers-and-acquisitions.html.

Killeen, T. (2024). Illegal mining in the Pan Amazon: an ecological disaster for floodplains and local communities. *Mongabay.* Disponible en: https://bit.ly/4gH6fDQ.

Konstantinis, A.; Rozakis, S.; Maria, E. A. y Kesheng, S. (2018). "A definition of bioeconomy through the blibliometric networks of the scientific literature". *AgBioForum*, vol. 21, n° 2, 64-85.

León, M.; Lewinsohn, J. L. y Sánchez, J. (2020). *Balanza comercial física e intercambio, uso y eficiencia de materiales en América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile: CEPAL. Disponible en: https://bit.ly/3SkvdOQ.

Liobikiene, G.; Balezentis, T.; Streimikiene, D. y Chen, X. (2019). "Evaluation of bioeconomy in the context of strong sustainability". *Sustainable Development*, n° 27, 955-964. DOI: 10.1002/sd.1984.

Lotka, A. J. (1925). *Elements of Physical Biology*. Baltimore: Williams & Wilkins. Disponible en: https://bit.ly/3YpCcsC.

Martínez-Alier, J. y Roca Jusmet, J. (2013). *Economía ecológica y política ambiental.* CDMX: Fondo de Cultura Económica.

McKinsey Global Institute (2020). *The Bio Revolution. Innovations transforming economies, societies, and our lives*. Disponible en: https://bit.ly/40ICTA6.

Muizniece, I. ; Kubule, A.; Zihare, L. y Blumberga, D. (2020). "Difference between bibliometric and grey data. Transdisciplinary bioeconomy research". *Environmental*

and climate technologies, vol. 24, n° 2, 103-114. DOI: 10.2478/rtuect-2020-0058.

Niemeyer, C. M. y Mirkin, C. A. (2004). *Nanobiotechnology. Concepts, applications and perspectives*. Berlín: Wiley-VCH Verlag.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2009). *The Bioeconomy to 2030. Designing a policy agenda*. París: OECD. Disponible en: https://bit.ly/4ekfkko.

_____ (2018). *Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy*. París: OECD. Disponible en: https://bit.ly/4hr3ebH.

_____ (2019). *Bio-economy and the sustainability of the agriculture and food systems*. Opportunities and policy challenges. París: OECD. Disponible en: https://bit.ly/4fOmheU.

Pielke, R. (2014). "What does it mean to be Anti-growth?". *Earth Island Journal*. Disponible n: https://bit.ly/486fTwp.

Pitkänen, K.; Antikainen, R.; Droste, N.; Loiseau, E.; Saikku, L.; Aissani, L.; Hansjürgens, B.; Kuikman, P. J.; Leskinen, P.; Thomsen, M. (2016). "What can be learned from practical cases of green economy? – studies from five European countries". *Journal of Cleaner Production*, n° 139, 666-676. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.08.071.

President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST) (2022). *Bio-manufacturing to Advance the Bioeconomy*. Washington, D.C.: PCAST. Disponible en: https://bit.ly/3ZiHF6p.

Reinheimer, H. (1913). *Evolution by Co-operation. A study in Bio-Economics.* Londres: Kegan Paul, Trench, Trübner & Co. Ltd. Disponible en: https://bit.ly/3YnGpNu.

Richardson, K.; Steffen, W.; Lucht, W.; Bendtsen, J.; Cornell, S. E.; Donges, J. F.; Drüke, M.; Fetzer, I.; Bala, G.; von Bloh, W.; Feulner, G.; Fiedler, S.; Gerten, D.; Gleeson, T.; Hofmann, M.; Huiskamp, W.; Kummu, M.; Mohan, C.; Nogués-Bravo, D.; Petri, S.; Porkka, M.; Rahmstorf, S.; Schaphoff, S.; Thonicke, K.; Tobian, A.; Virkki, V.; Wang-Erlandsson, L.; Weber, L. y Rockström, J. (2023). "Earth beyond

six of nine planetary boundaries". *Science Advances*, vol. 9, n° 3, 1-16. DOI: 10.1126/sciadv.adh2458.

Ripple, W. J.; Wolf, C.; Gregg, J. W.; Rockström, J.; Mann, M. E.; Oreskes, N.; Lenton, T. M.; Rahmstorf, S.; Newsome, T. M.; Xu, C.; Svenning, J.-C.; Cardoso Pereira, C.; Law, B. E. y Crowther, T. W. (2024). "The 2024 state of the climate report". *BioScience*, vol. 74, n° 12, 1-13. DOI: 10.1093/biosci/biae087/7808595.

Rockström, J.; Donges, J. F.; Fetzer, I.; Martin, M. A.; Wang-Erlandsson, L. y Richardson, K. (2024). Planetary boundaries guide humanity's future on Earth. *Nature Reviews Earth & Environment*. 5: 773-788. DOI: 10.1038/s43017-024-00597-z

Rojas-Serrano, F.; García-García, G.; Parra-López, C. y Sayadi-Gmada, S. (2024). "Sustainability, circular economy and bioeconomy: A conceptual review and integration into the notion of sustainable circular bioeconomy". *New Medit*, n° 2, 3-22. DOI: 10.30682/nm2402a.

Schleussner, C.-F.; Ganti, G.; Lejeune, Q.; Zhu, B.; Pfleiderer, P.; Prütz, R.; Ciais, P.; Frölicher, T. L.; Fuss, S.; Gasser, T.; Gidden, M. J.; Kropf, C. M.; Lacroix, F.; Lamboll, R.; Martyr, R.; Maussion, F.; McCaughey, J. W.; Meinshausen, M.; Mengel, M.; Nicholls, Z.; Quilcaille, Y.; Sanderson, B.; Seneviratne, S. I.; Sillmann, J.; Smith, Christopher J.; Steinert, Norman J.; Theokritoff, E.; Warren, R.; Price, J. y Rogelj, J. (2024). "Overconfidence in climate overshoot". *Nature*, n° 634, 366-373. DOI: 10.1038/s41586-024-08020-9.

Schmidt Futures (2022). *The U.S. Bioeconomy: Charting a Course for a Resilient and Competitive Future.* Nueva York. Disponible en: https://bit.ly/3Bnkxui.

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2011). *Protocolo de Nagoya sobre Acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización.* Canadá: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Disponible en: https://bit.ly/4gcpQv1.

Sharma, R. y Malaviya, P. (2023). "Ecosystem services and climate action from a circular bioeconomy perspective". *Renewable and Sustainable Energy*, vol. 175, n° 113164. DOI: 10.1016/j.rser.2023.113164.

Smith, J. E. (1996). *Biotechnology.* Cambridge-Nueva York: Cambridge University Press.

Song, X.-P.; Hansen, M. C.; Potapov, P.; Adusei, B.; Pickering, J.; Adami, M.; Lima, A.; Zalles, V.; Stehman, S. V.; Di Bella, C. M.; Conde, M. C.; Copati, E. J.; Fernandes, L. B.; Hernandez-Serna, A.; Jantz, S. M.; Pickens, A. H.; Turubanova, S. y Tyukavina, A. (2021). "Massive soybean expansion in South America since 2000 and implications for conservation". *Nature Sustainability*, n° 4, 784-792. DOI: 10.1038/s41893-021-00729-z.

Sonter, L. J.; Herrera, D.; Barrett, D. J.; Galford, G. L.; Moran, C. J. y Soares-Filho, B. S. (2017). "Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon". *Nature Communications*, vol. 8, n° 1013. DOI: 10.1038/s41467-017-00557-w.

The White House (2012). *National Bioeconomy Blueprint.* Washington, D.C.: The White House. Disponible en: https://bit.ly/3ZbJJMf.

Thomchick, E.; Jacobson, M. y Ruamsook, K. (2024). "Bioeconomy bright spots, challenges, and key factors going forward: perceptions of bioeconomy". *EFB Bioeconomy Journal*, vol. 4, n° 100068. DOI: 10.1016/j.bioeco.2024.100068.

United Nations Environment Programme (UNEP) (2024). *Global Resources Outlook – Bend the trend. Pathways to a liveable planet as resource use spikes*. Nairobi: UNEP-IRP. Disponible en: https://bit.ly/4gAhldo.

United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) (2017). *Circular Economy*. Viena: UNIDO. Disponible en: https://bit.ly/3EPnLIv.

Vargas, R.; Mondaini, A. y Rodríguez, A. G. (2023). *Cuentas satélite de bioeconomía para 13 países de América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile: CEPAL. Disponible en: https://bit.ly/42XPHSD.

von Braun, J. (2014). "Bioeconomy and sustainable development – dimensions". *Rural 21*, vol. 3, 6-9. Disponible en: https://bit.ly/4eZcEcV.

Wei, X.; Liu, Q.; Pu, A.; Wang, S.; Chen, F.; Zhang, L.; Zhang, Y.; Dong, Z. y Wan, X. (2022). "Knowledge Mapping of bioeconomy: a bibliometric analysis". *Journal of Cleaner Production*, vol. 373, n° 133824. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133824.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2023). *Circular Bioeconomy: The business opportunity contributing to a sustainable world.* Ginebra: WBCSD. Disponible en: https://bit.ly/4gyP5be.