

Bioeconomía: una alternativa para la conservación

Bioeconomy: An Alternative for Conservation

 Benjamín Lombeyda Miño, Máster en Economía Ecológica, especialista en Bioeconomía del Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, benja.lombeyda@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7601-989X>

Recibido: 29-05-2019
Aceptado: 10-01-2020

Resumen

El cambio climático provocado por las actividades antrópicas desde el periodo preindustrial es una realidad latente que amenaza el equilibrio natural del planeta. El incremento de la temperatura a causa de las emisiones de gases de efecto invernadero está teniendo efectos irreversibles, que perjudican a todas las formas de vida. Ante ese panorama, es necesario plantear nuevas alternativas que sean resilientes ante los efectos del calentamiento global. La bioeconomía puede ser una estrategia para disminuir la huella de carbono y transitar hacia un modelo de producción sostenible basado en el aprovechamiento de la biodiversidad. Este término, que ha venido desarrollándose con mucha fuerza en la última década, teóricamente se fundamenta en el principio del origen biológico de los procesos económicos gobernados por una ley límite. En un mundo donde los recursos son finitos y están en constante presión debido al crecimiento poblacional y a la creciente demanda de alimentos, es necesario establecer mecanismos que amortigüen las actividades antrópicas. En ese proceso, la agroecología juega un rol importante para mejorar el acceso a productos saludables y que mejoren la conservación de la biodiversidad. El planteamiento y la ejecución de la bioeconomía dependen de la visión y los intereses que persiguen cada país o región. Ecuador debe buscar su propio modelo, alejado de las lógicas expansionistas de cultivos energéticos y enfocarse en el desarrollo y la innovación, aprovechando la riqueza de su biodiversidad.

Palabras clave: agroecología; biocomercio; biodiversidad; bioeconomía; cambio climático; entropía; límites planetarios; sostenibilidad

Abstract

Climate change caused by anthropic activities since the pre-industrial period is a latent reality that threatens the natural balance of the planet. The increase in temperature due to greenhouse gas emissions is having irreversible effects that harm all life forms. Given this scenario, it is necessary to propose new alternatives that are resilient to the effects of global warming. Bioeconomy can be a strategy to reduce the carbon footprint and move towards a sustainable production model based on the use of biodiversity. This term has been developing with great force in the last decade. Theoretically, it is based on the principle of the biological origin of the economic processes governed by a limit law. In a world where resources are finite and in constant pressure due to population growth and growing demand for food, it is necessary to establish mechanisms that cushion anthropic activities. In this process, agroecology plays an important role in improving access to healthy products and improving biodiversity conservation. The approach and execution of the bioeconomy depends on the vision and interests pursued by each country or region. Ecuador must seek its own model, away from the expansionist logics of energy crops and focus on development and innovation, taking advantage of the richness of its biodiversity.

Keywords: agroecology; biocommerce; biodiversity; bioeconomy; climate change; entropy; planetary boundaries; sustainability



Introducción

El calentamiento global provocado por la emisión de gases de efecto invernadero ha puesto en alerta a las economías del planeta, que han visto la necesidad de buscar medidas paliativas a sus efectos. El actual modelo económico, basado en el “consumismo”, cuya visión responde a un mundo infinito e ilimitado de recursos, muestra en las condiciones actuales su vulnerabilidad ante los efectos del calentamiento global. Por ello, es necesario cambiar los patrones de producción hacia otro en el que prime el uso racional de los recursos. La bioeconomía representa una alternativa para alcanzar una armonía entre naturaleza y ser humano.

La bioeconomía (Pichasaca 2017) consiste en la transición de un modelo basado en el uso intensivo de combustibles fósiles hacia otro que dé prioridad a las actividades económicas en torno a la biodiversidad, es decir, a la producción de bienes y servicios eficientes y sostenibles, a partir de los recursos biológicos y genéticos con un alto valor agregado.

En América Latina, comienza a tener fuerza en la última década. Brasil, Argentina y México son los países que tienen mayores avances en la conformación de una estrategia ya marcada (Rodríguez, Mondaini y Hitschfeld 2017). Sin embargo, en países como Colombia, Ecuador, Paraguay y Uruguay se ha empezado a construir una hoja de ruta para posicionarla dentro de la agenda pública.

En Ecuador, la bioeconomía se encuentra en etapa de construcción. Este proceso ha incluido el impulso hacia los bioemprendimientos,¹ a través de la participación de productores en pequeña escala, con el objetivo de impulsar la producción y transformación sostenible con el ambiente de productos con valor agregado.

El objetivo de este artículo es mostrar los efectos que tiene el calentamiento global en el equilibrio planetario, y cómo algunas estrategias como la bioeconomía pueden ayudar a disminuir la vulnerabilidad ante del cambio climático. Se abordarán los principios de la bioeconomía, base conceptual para analizar desde otra óptica los nuevos mecanismos de desarrollo en un mundo con un *stock* limitado de recursos. Además, se intentará comprender la importancia que tiene la agroecología para el desarrollo de la bioeconomía, cuyo fin en conjunto es lograr una mayor independencia en el uso de los combustibles fósiles.

La primera parte del artículo explica los problemas del calentamiento global en los ecosistemas y especies vivas del planeta, y cómo la bioeconomía puede ser una aliada para disminuir la huella de carbono. En la segunda parte se explican los fundamentos teóricos de la bioeconomía, para luego dilucidar su relación con la agroecología, como modelo de producción agrícola. Finalmente, se explican las ventajas en

¹ El Acuerdo Ministerial Nro. 034 define un bioemprendimiento como “las iniciativas público, privadas, academia y asociaciones comunitarias relacionadas al uso sostenible de la biodiversidad nativa que constituyan a su valoración y a la conservación del patrimonio natural” (Ministerio del Ambiente 2019).

cuanto a biodiversidad que posee Ecuador frente a otros países de la región, atributo para impulsar el biocomercio como un nuevo modelo de producción que busque la inclusión de los pueblos y el cuidado de la naturaleza, a través de procesos productivos más sostenibles.

Panorama mundial

La era geológica denominada Antropoceno, en la que los humanos son los principales anfitriones, ha alterado el ecosistema global de una manera exponencial. Este período ha sido cuna de cambios irreparables en el ambiente, que han ocurrido en un tiempo récord posterior a la segunda guerra mundial. Altas emisiones de gases invernaderos (CO₂, óxido nitroso, metano, etc.), deforestación, pérdida de biodiversidad y sobrepesca han hecho que en la actualidad se tenga una crisis climática a escala planetaria (Rockström 2010).

Rockström et al. (2009) identifican nueve límites planetarios,² donde la humanidad debe operar de forma segura, sin sobrepasarlos. Alterar uno o más límites puede ser perjudicial o incluso catastrófico y provocar cambios ambientales irreversibles. El estudio muestra que en la actualidad se han rebasado tres límites. El primero, la tasa de pérdida de biodiversidad, que aumenta la vulnerabilidad de los ecosistemas terrestres y acuáticos. Los niveles actuales y las proyecciones de pérdida de biodiversidad constituyen el sexto evento de extinción en la historia de la Tierra, primero en ser inducido por los impactos antropogénicos.

En esa línea, el Informe de la Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política sobre Biodiversidad y Servicios del Ecosistema (IPBES 2019) explicó que alrededor de un millón de especies de animales y plantas están en peligro de extinción en las próximas décadas. Desde 1900, las especies nativas han disminuido en al menos 20 %, más del 40 % de anfibios, 33 % de corales y más de un tercio de todos los mamíferos marinos están amenazados. Toda esta pérdida y alteración de la flora y fauna de la biodiversidad es el resultado directo de la actividad humana.

El segundo límite son los ciclos bioquímicos de nitrógeno y fósforo. Han sido alterados radicalmente por los humanos como resultado de las actividades industriales y agrícolas. Son esenciales para las actividades agrícolas y el óptimo crecimiento de las plantas. Actualmente, las actividades humanas convierten más nitrógeno atmosférico en formas reactivas que todos los procesos terrestres combinados en la Tierra (Stockholm Resilience Centre 2015).

² Cambio climático, acidificación de los océanos, ozono estratosférico, interferencia con el fósforo global y ciclos de nitrógeno, tasa de pérdida de biodiversidad, uso global de agua dulce, cambio del sistema de tierras, carga de aerosol y contaminación química (Rockström et al. 2009).

El tercero está relacionado con el cambio climático. La Tierra ha sobrepasado los 390ppm de CO₂ en la atmósfera, lo que trae varios problemas como la pérdida de hielo marino polar y ocasiona que el planeta entre en un estado más cálido. Los niveles de agua en los océanos (Stockholm Resilience Centre 2015) se incrementaron 3 mm por año, en promedio, en las dos últimas dos décadas (IPBES 2019).

Uno de los principales contribuyentes al cambio climático es la agricultura. Alrededor del 30 % de los gases de efecto invernadero provienen de este sector, actividad humana que emite la mayor cantidad de gases nocivos a la atmósfera y que contribuye a la pérdida de biodiversidad. La degradación en el uso del suelo por actividades agrícolas muestra que el 23 % de la superficie de la Tierra ha reducido su productividad por prácticas convencionales. La población de polinizadores se ha visto afectada (IPBES 2019).

Ante las presiones antrópicas, es necesario buscar un compromiso global que permita desarrollar diversas alternativas para amortiguar las actividades humanas, con un enfoque de resiliencia y sostenibilidad ante los efectos del cambio climático. En este caso, la bioeconomía surge como una estrategia de conservación ante la pérdida de biodiversidad y la desertificación, donde el desarrollo y la innovación se juntan para mejorar los procesos productivos.

El cambio climático: una amenaza real

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) estima que las actividades humanas causaron aproximadamente 1°C del calentamiento global por encima de los niveles preindustriales. Es probable que entre 2030 y 2050 se alcance el 1,5°C, si continúa el actual ritmo económico (Intergovernmental Panel on Climate Change 2018).

Las consecuencias de sobrepasar los límites del equilibrio natural, a través de las emisiones antropogénicas desde el periodo preindustrial hasta la actualidad, persistirán durante siglos. Continuarán causando cambios en el sistema climático global, como el aumento de la temperatura en la mayoría de las regiones terrestres y marinas, fuertes precipitaciones en varias regiones, acidificación de los océanos, causada por el incremento de las emisiones de CO₂, calores extremos en la mayoría de regiones habitadas y la probabilidad de sequías y el déficit de precipitaciones en algunas regiones (Intergovernmental Panel on Climate Change 2018).

Los impactos de ese incremento en la temperatura tendrán repercusiones en la biodiversidad y los ecosistemas, incluida la pérdida y extinción de especies. De las 105 000 especies estudiadas, se proyecta que el 6 % de los insectos, el 8 % de las plantas y el 4 % de los vertebrados perderán más de la mitad de su rango geográfico determinado climáticamente, si la temperatura del planeta llega al 1,5°C (Intergovernmental Panel on Climate Change 2018).

Los humanos no están exentos de los efectos del cambio climático. Sobre todo, aquellas poblaciones desfavorecidas y vulnerables, poblados indígenas y comunidades locales que dependen de la agricultura o de recursos marinos en las zonas costeras. Un incremento en la temperatura del planeta afectará significativamente la salud humana, mediante la reproducción o distribución de patógenos causantes de enfermedades (Xiaoxu Wu et al. 2015). Esto se evidencia en el incremento de muertes (700 000 personas anuales) causado por enfermedades infecciosas propagadas por insectos vectores, pues las condiciones climáticas son cada vez más favorables para su reproducción (IPBES 2019).

Aquellos grupos de campesinos cuyo medio de subsistencia se basa en emprendimientos que usan el entorno natural generalmente se encuentran en zonas de pobreza y de alta vulnerabilidad climática. Muchos de esos emprendimientos operan en sectores como agricultura, pesca, silvicultura, ganadería y turismo comunitario, que forman parte importante de las cadenas de suministro global. Sin embargo, los recursos naturales que sustentan a estos grupos de personas son susceptibles a impactos graduales o extremos del cambio climático.

Ante esas amenazas reales, han surgido muchas tendencias globales que tienen un objetivo en común: hacer frente a los efectos del cambio climático, a través de medidas de adaptación y mitigación. Una de esas alternativas es la bioeconomía, que busca disminuir la huella de carbono de la economía global a partir del uso sostenible de recursos de base biológica.

La bioeconomía como respuesta para disminuir el cambio climático

Las proyecciones con respecto al crecimiento demográfico mundial apuntan a que, para el año 2040, la población alcanzará los nueve mil millones de personas. A su vez, se experimentará un incremento de los ingresos per cápita, aumentando el poder adquisitivo.

El aumento del ingreso per cápita incrementará la demanda de productos alimenticios semielaborados y elaborados por parte de una clase media asalariada que tiene poco tiempo para preparar sus alimentos, pero que cuenta con mayores recursos para consumir (Bisang y Anlló 2015). Resulta evidente que en un futuro próximo existirá una mayor necesidad de producción de alimentos y una presión hacia las tierras más fértiles. Ello cambiará los modos de uso de la tierra, pues desde 1970 se ha incrementado en un 300 % la producción de cultivos alimenticios (IPBES 2019).

Ante ese panorama, es necesario plantear nuevos mecanismos, que aprovechen de mejor manera los recursos naturales, con el fin de conservar la biodiversidad planetaria. La bioeconomía se convierte en una opción para amortiguar las actuales

y futuras actividades antropogénicas,³ y en un medio para canalizar soluciones ante esas problemáticas.

El concepto fue formulado en los años 70 por el profesor Nicholas Georgescu-Roegen, padre de la economía ecológica, quien planteó un programa bioeconómico mínimo. Destacaba el “origen biológico de los procesos económicos” y la

Tabla 1. Relación entre el Programa Bioeconómico Mínimo y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

<i>Programa Bioeconómico</i> Mínimo de Georgescu-Roegen (1975)	Objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (2015)
<i>Primero</i> , la producción de todos los productos de guerra debe prohibirse.	ODS 16. Promover sociedades, justas, pacíficas e inclusivas. ODS 17. Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.
<i>Segundo</i> , a través de la liberalización de los recursos vinculados a la guerra, los países subdesarrollados deben ser ayudados para tener una buena vida (no de lujo).	ODS 1. Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo. ODS 2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible. ODS 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades. ODS 4. Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos. ODS 6. Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. ODS 17. Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.
<i>Tercero</i> , la humanidad debe reducirse de manera gradual y esta debe ser alimentada de manera adecuada por la agricultura orgánica.	ODS 2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible. ODS 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
<i>Cuarto</i> , hasta que el uso de la energía solar se convierta en una conveniencia general, el desperdicio de energía debe ser cuidadosamente evitado y estrictamente regulado.	ODS 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
<i>Quinto</i> , hay que eliminar el consumo de artilugios extravagantes.	ODS 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
<i>Sexto</i> , hay que deshacerse de la moda.	ODS 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
<i>Séptimo</i> , es necesario que los bienes duraderos se empleen a manufacturar aún más duraderos y que sean reparables.	ODS 9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación. ODS 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
<i>Octavo</i> , un prerrequisito para una buena vida es tener una cantidad sustancial de ocio que se pueda implementar de manera inteligente.	ODS 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

Fuente: Rodríguez, Mondaini y Hitschfeld (2017).

3 1) Mayor demanda de alimentos; 2) mayor demanda de tierras cultivables (pérdida de biodiversidad debido a la expansión de la frontera agrícola) y 3) mayor presión por los recursos naturales.

existencia de una reserva limitada de recursos que pueden ser accesibles para la población, pero están distribuidos de manera desigual (Georgescu-Roegen 1977).

La visión de Georgescu-Roegen gira en torno a un planeta con recursos finitos. Por tanto, es necesario tener una lógica diferente para establecer de mejor manera los procesos económicos. Ante esa inquietud, Georgescu-Roegen (1977) plantea ocho acciones, que en conjunto tienen similitud con algunos objetivos de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (tabla 1).

Como se observa en la tabla, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas 2015) se relaciona con casi todos los elementos del programa bioeconómico mínimo. Por tanto, se puede argumentar que captura la visión de Georgescu-Roegen y es intrínsecamente bioeconómica (Rodríguez, Mondaini y Hitschfeld, 2017).

El reto de la bioeconomía en la región andina debe girar en torno a disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y transformarse en una solución que haga frente al cambio climático a partir de la inclusión de poblaciones campesinas, que son las más vulnerables ante los riesgos climáticos, pero que en su mayoría custodian una riqueza natural que debe ser aprovechada de manera sostenible, acorde a los ritmos de reposición natural.

La bioeconomía debe ser entendida como un concepto que conglomerará a otras disciplinas que buscan una transición de productos de origen fósil hacia otros de origen biológico, pero con factores diferenciadores de la economía convencional. La sostenibilidad ambiental, económica y social deben formar parte de su esquema.

La bioeconomía en el mundo

Existen varias definiciones sobre la bioeconomía, en dependencia de cada país o región. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) la define como “la producción de bienes y servicios basada en el conocimiento y el uso de recursos biológicos –biomasa– dentro del marco de un sistema económico sostenible” (De Azevedo 2018).

La Unión Europea (UE) fue la primera en promover el término bioeconomía como una oportunidad para desarrollar la biotecnología, así como reemplazar el uso de derivados fósiles por recursos de base biológica. Para la UE, la bioeconomía está dividida en dos pilares: 1) la innovación en el ámbito de la biotecnología, indispensable para tener un crecimiento sostenible en 2030 y 2) la utilización de cultivos como materia prima renovable para biocombustibles, biopolímeros y sustancias químicas (Birner 2018).

Alemania aprobó en 2013 la “Estrategia de política nacional sobre bioeconomía”, que tiene el mismo matiz del concepto de la UE. Refleja la perspectiva de innovación de la biotecnología como base para la alimentación y el uso de energía renovable a partir de los biocombustibles.

Los Estados Unidos de América emitió en el año 2012 el Plan Nacional de Bioeconomía (*National Bioeconomy Blueprint*). Destaca el uso de la investigación y la innovación de las ciencias biológicas, es decir, desarrollar nuevos medicamentos, cultivos alimentarios de mayor rendimiento y biocombustibles emergentes, para reducir la dependencia del petróleo y los productos químicos de base biológica (Birner 2018).

En América Latina, la bioeconomía también ha cobrado relativa importancia, de acuerdo con las potencialidades de cada país y los intereses que persigue. En Argentina se está poniendo mucho énfasis en el desarrollo de cadenas de valor agroindustriales y de biocombustibles, es decir, el impulso a la biomasa como generadora de valor (Bioeconomía Argentina 2020).

Para Colombia, la bioeconomía “es una estrategia que gestiona de manera eficiente y sostenible los recursos biológicos renovables y la biomasa residual para generar nuevos productos, procesos y servicios de valor agregado basados en conocimiento [...]” (Departamento Nacional de Planificación 2017).

Ecuador se encuentra en camino al desarrollo de una política nacional de bioeconomía, sin embargo, ya se han empezado a realizar gestiones para marcar la ruta y fomentarla. El Ministerio del Ambiente, a través del acuerdo ministerial Nro. 034, marca los lineamientos para el fomento a bioemprendimientos a partir del aprovechamiento sostenible de la biodiversidad nativa, como una estrategia de conservación del patrimonio natural. Se trata de un concepto diferente a los planteados por organismos internacionales y por países de la región.

Todas esas concepciones deben ser analizadas cuidadosamente. Hay bloques económicos que defienden la expansión de cultivos energéticos como estrategia para capturar carbono a través de extensas plantaciones de cultivos energéticos, por lo que el concepto de bioeconomía debe ser entendido de acuerdo con los planteamientos de cada país o región.

La bioeconomía constituye una estrategia capaz de adaptarse a las amenazas del cambio climático. Permite, por un lado, fortalecer la investigación y las potencialidades de los recursos biológicos y genéticos, y por otro, involucrar a las comunidades rurales en mecanismos de conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos de la biodiversidad.

La bioeconomía en un mundo finito de recursos naturales

La bioeconomía tiene cierta relación con la teoría del decrecimiento,⁴ como fundamento para una producción equilibrada en un mundo donde los recursos son finitos

⁴ Esta corriente del pensamiento económico cuestiona los límites del crecimiento económico, ya que el crecimiento ilimitado es una fantasía, un absurdo. El planeta no puede soportar la duplicación del PIB, pues la capacidad de regeneración de la biósfera ya se ha rebasado en un 50 % (Latouche 2010).

y los procesos económicos son entrópicos. Es decir, donde no se crea ni se consumen materiales o energía, sino que se transforma baja entropía (ej. leña) en alta entropía (ej. cenizas producto de la combustión) (Georgesco-Roegen 1971). Esto quiere decir que, debido a la Ley de la Entropía, es imposible que exista un uso infinito de los recursos naturales, ya que estos no regresan a su estado original. Las cenizas producto de la combustión no pueden volver a ser un pedazo de madera.

La bioeconomía nace como un segmento de la economía, construida “sobre la base de la mejora de los usos de la biomasa y de las oportunidades que surgen de la nueva biología y las ciencias asociadas” (Trigo et al. 2014). Es decir, es una “economía basada en el consumo y la producción de bienes y servicios derivados del uso directo y la transformación sostenible de recursos biológicos [...] aprovechando el conocimiento de los procesos y principios biológicos [...]” (Rodríguez, Mondaini y Hitschfeld 2017, 10).

Dentro de los objetivos de la bioeconomía, está la sustitución de los combustibles fósiles (ej. Petróleo y gas) y de los recursos no renovables (ej. basados en minería), así como la sustitución de los recursos renovables no sostenibles, con una alta huella hídrica y que sean manejados de manera inadecuada, por ejemplo, las plantaciones de algodón (Górriz Mifsud y Martínez de Arano 2017).

Las diversas interpretaciones conceptuales que se dan en torno a la bioeconomía apuntan a que no existe una definición consensuada. Sin embargo, tiene una cercanía con otras nuevas disciplinas, como el enfoque productivo de la economía circular (ciclo cerrado), que es la transición de una economía lineal (producir, usar y tirar) hacia un modelo circular y regenerativo, en el que parte de los desechos puedan volverse a utilizar y reinsertarse en un nuevo proceso productivo (Balboa y Samonte, 2014). Esa percepción de circularidad de la economía no es aceptable dentro de la visión de economía ecológica, ya que la economía no es circular, sino entrópica, basada en recursos finitos.

Se debe tener claro que los procesos de reutilización o de reciclaje “como mecanismos de reversión de los procesos metabólicos [...] tienen un costo energético, [es decir], ningún reciclado es perfecto; detrás de todo proceso metabólico se encuentra partícipe la entropía como la ley límite de los recursos” (Lombeida 2015, 28).

Bajo el concepto de economía circular, el crecimiento económico puede continuar de manera ilimitada, se reciclan los residuos y se los convierte en nuevos recursos, incluso se incrementa la eficiencia en el uso de los recursos. Sin embargo, este concepto no toma en cuenta la Paradoja de Jevons, que indica que a mayor eficiencia se abarataría el costo, y por tanto podría llevar a un mayor uso de los recursos (Martínez Alier 2015). Por ende, hay que tener mucho cuidado con el concepto de la circularidad de la economía.

La bioeconomía debe anclarse ante la segunda ley de la termodinámica, que es la entropía, con base en que la reproducción de recursos naturales renovables no es

infinita, sino que el mismo hecho de tener una ley límite pone las reglas para empezar a mejorar los procesos socioeconómicos y agrícolas de producción, y redirigir la economía convencional hacia un modelo de bioeconomía de carácter sostenible, que se articule con pequeños productores como medida de resiliencia ante el cambio climático.

Es necesario comprender la bioeconomía desde las fortalezas y debilidades que tiene Ecuador. Ello implica que existe, por un lado, una alta biodiversidad y una cultura agroecológica de saberes ancestrales que han perdurado en el tiempo y que es más resiliente ante las amenazas climáticas que la agricultura industrial o convencional. Por otro lado, se cuenta con un sistema de producción agrícola primario con poca intensificación tecnológica. Es por ello que la bioeconomía y las prácticas agroecológicas deben ir de la mano en el proceso de fortalecimiento hacia un nuevo sistema de producción agrícola sostenible.

Relación entre bioeconomía y agroecología

Las definiciones conceptuales de bioeconomía son múltiples. Se basan en el uso eficiente y sostenible de los recursos de origen biológico para producir bienes y servicios con alto valor agregado, disminuyendo la huella de carbono en los procesos productivos. Uno de los pilares para el desarrollo de la bioeconomía es la agricultura y, por ende, esta debe ser sostenible, precautelando un proceso amigable con el ambiente, que sea capaz de regularse y ser resiliente ante las presiones provocadas por el cambio climático, y que involucre actividades sostenibles para salvaguardar los recursos de las generaciones presentes y futuras.

La bioeconomía debe apuntar a mejorar la producción agrícola, para optimizar el suministro de alimentos para las personas de las urbes con escasos recursos y, al mismo tiempo, potenciar la seguridad alimentaria desde las zonas rurales (Trigo et al. 2014). Las prácticas agroecológicas cumplen con ese objetivo, al proveer alimentos sanos y ecológicamente equilibrados con el medio ambiente.

El concepto de agroecología empieza a desarrollarse a partir de los años 70, pero las prácticas agroecológicas son tan antiguas como el origen de la agricultura (Altieri et al. 1999), desde que los humanos empezaron a domesticar a las plantas silvestres del bosque para proveer alimentos a sus comunidades o tribus.

Sin embargo, han existido procesos en la historia que han tratado de opacar a la agroecología, como la revolución verde,⁵ que sustituyó los modelos tradicionales de policultivos por los de monocultivos, aplicando un uso intensivo de agroquímicos,

5 La revolución verde nace a partir de la década de los cuarenta, como una medida para mejorar los procesos de producción agrícola, a partir de una producción extensiva a gran escala con el uso intensivo de maquinaria pesada, fertilizantes, plaguicidas, pesticidas, herbicidas, etc. Las prácticas de la revolución verde causaron grandes perjuicios ambientales a lo largo de las últimas décadas, desprotegiendo a los más vulnerables, que son los campesinos (Ceccon 2008).

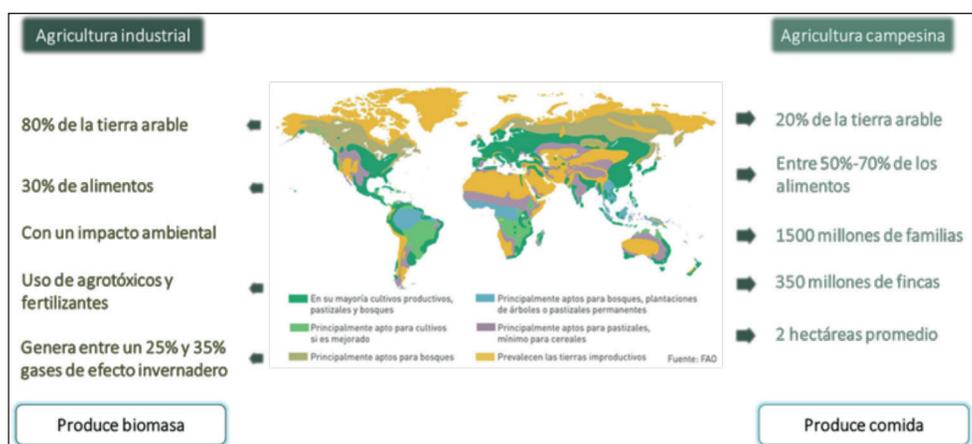
marginalizando a las poblaciones rurales y concentrando las ganancias en élites privilegiadas (Altieri et al. 1999). Existe un choque entre lo que se conoce como agricultura industrial y agricultura campesina o indígena pues, desde un punto de vista conceptual, mantienen diferentes visiones y objetivos.

La agricultura industrial ocupa el 80 % de la tierra arable y produce el 30 % de los alimentos del planeta, pero tiene un alto impacto ambiental debido al uso intensivo de agrotóxicos y fertilizantes (Altieri 2015). Este tipo de agricultura tiene una alta huella ecológica y es causante de varios problemas como la pérdida de biodiversidad, la disminución de la calidad del suelo y la contaminación de fuentes hídricas. Además, genera entre un 25 % y un 35 % de la emisión de gases de efecto invernadero que provocan el calentamiento global (Altieri 2015).

El enfoque de la agricultura industrial se basa en un sistema de monocultivo, con una alta homogeneidad genética que lo hace vulnerable, por lo que poner al sistema alimentario en manos de un modelo que es ecológicamente desigual, socialmente negativo y vulnerable ante el cambio climático es demasiado riesgoso.

Por el lado de la agricultura campesina, esta abarca el 20 % de la tierra arable en el planeta. Está conformada aproximadamente por 1500 millones de familias y 350 millones de fincas, con un tamaño promedio de dos hectáreas, pero produce entre el 50 % y el 70 % de los alimentos del planeta, dependiendo de la estructura del país (Altieri 2015). Se asume que la agricultura industrial no produce alimentos, sino biomasa (ej. plantaciones para cultivos energéticos), a diferencia de la agricultura campesina, que es el sustento de la alimentación de la población mundial (infografía 1). Por ese motivo, la agroecología no puede estar separada de la bioeconomía, ya que ambas buscan generar un mayor bienestar para la sociedad.

Infografía 1. Diferencias entre agricultura industrial y agricultura campesina



El desarrollo de la bioeconomía debe partir desde las bases de la agricultura campesina, pues los campesinos son los guardianes de los saberes y principios de la producción ancestral de alimentos. A lo largo de la historia, han desarrollado aproximadamente 1,9 millones de variables de cultivos, que deben ser protegidos de la biopiratería y de la agricultura convencional (Altieri 2015).

El desarrollo de una estructura bioeconómica en Ecuador debe basarse en un sistema agrícola que sea sostenible en el tiempo y resiliente, es decir, que tenga la capacidad de recuperarse y adaptarse ante los efectos del cambio climático.

El modelo de bioeconomía que impulse Ecuador debe ser inclusivo con el sector agrícola campesino y participativo, con miras a fortalecer los núcleos de producción a través de la innovación y el desarrollo. Necesita orientarse hacia un modelo de economía de valor que sea ambiental y económicamente sostenible, respetando su manera de producción ante procesos biotecnológicos ajenos a sus saberes.⁶

La bioeconomía, además, debe abarcar entre sus principios el conocimiento ancestral, orientado a contribuir a la conservación y al uso sostenible de la biodiversidad por medio de la promoción, el comercio y la inversión en productos y servicios; dirigido a transformar los conocimientos de las ciencias de la vida en productos nuevos, sostenibles, ecoeficientes y competitivos (Hodson y Chavarriaga-Aguirre 2014).

Por ello, es indispensable introducir un nuevo enfoque de negocios, que promueva los bioproductos y el biocomercio, como componentes de la bioeconomía. El término biocomercio

es entendido como aquellas actividades de recolección, producción, transformación y comercialización de bienes y servicios derivados de la biodiversidad nativa (recursos genéticos, especies y ecosistemas) que involucran prácticas de conservación y uso sostenible, y son generados con criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio 2007, 1).

Este concepto guarda mucha relación con el planteado por el Código Orgánico del Ambiente. Desde la visión de otros autores, el biocomercio⁷ sostenible puede ser entendido como aquellos “productos, bienes y servicios derivados de la vida silvestre, a partir de estrategias de aprovechamiento y uso sostenible que involucren criterios de buen manejo ambiental y social, además de distinguirse por su rentabilidad económica” (Constantino 2006). El biocomercio “puede constituir incentivos económicos para la conservación de los hábitats, basándose en el aprovechamiento de los recursos naturales” (Becerra 2013, 14).

⁶ Como las semillas genéticamente modificadas.

⁷ Dentro de los productos del biocomercio, se ha dado prioridad a los siguientes grupos: ecoturismo, productos naturales maderables, sistemas agropecuarios relacionados con la agricultura orgánica, agroforestería, sistemas silvopastoriles, productos naturales no maderables y actividades pecuarias.

La abundante biodiversidad de Ecuador lo convierte en un país potencial para impulsar a la bioeconomía como un modelo de desarrollo y producción amigable con el ambiente y socialmente incluyente que promueve a iniciativas de baja y alta intensificación tecnológica.

Biodiversidad en Ecuador: una ventaja para el desarrollo de la bioeconomía

Según el Centro de Monitoreo de la Conservación del Medio Ambiente del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), existen 17 países que pueden ser considerados megadiversos. Albergan el 75 % de todos los animales vertebrados y plantas del planeta (IBERDROLA 2020). Dentro de este grupo se encuentra Ecuador, el más pequeño de todos los países biodiversos, pero por especies registradas por unidad de áreas, se convierte en el más biodiverso del mundo (Republic of Opportunities Ecuador 2020).

Ecuador posee 256 370 km² de territorio, que equivale al 0,17 % de toda la superficie del planeta, pero alberga más del 11 % de las especies de vertebrados terrestres y 7% de las plantas vasculares registradas en el mundo. El 60 % de las orquídeas de América del Sur están en Ecuador (Republic of Opportunities Ecuador 2020).

Ecuador posee 91 ecosistemas que han sido identificados y divididos en las siguientes categorías: 65 boscosos, 14 herbáceos y 12 arbustivos (Ministerio del Ambiente 2015), que lo convierten en un país de alta biodiversidad natural y genética. Así, se da una múltiple combinación de factores, entre ellos, estar posicionado geográficamente de manera estratégica sobre la línea ecuatorial, atravesado por la cordillera de Los Andes y recibir la influencia de las corrientes marinas. Todo esto hace que Ecuador contenga una variedad de microclimas que le dan una ventaja frente a otros países de la región para desarrollar una producción agrícola sostenible y productos elaborados con un alto valor agregado.

El uso sostenible de la biodiversidad beneficia a las poblaciones de varias maneras. Por un lado, mejora la salud a través de una alimentación sana y el desarrollo de productos nutracéuticos⁸ (mediano plazo) o farmacéuticos (largo plazo). Por otro lado, fortalece la seguridad alimentaria y reduce la pobreza y desigualdad de los pueblos, ya que la biodiversidad es utilizada para su autoconsumo. Con un adecuado manejo, la biodiversidad juega un rol fundamental en el desarrollo de las prácticas agrícolas sostenibles y de estrategias contra la desnutrición (Trigo et al. 2014).

Las ventajas climáticas, ecológicas y culturales y el alto acervo de conocimientos que posee Ecuador deben ser aprovechados para impulsar la bioeconomía, como un

⁸ Se define como nutracéutico “a cualquier alimento o ingrediente de los alimentos que ejercen acción benéfica en la salud del hombre. El término es adoptado a partir de lo que la industria de alimentos califica como alimentos funcionales, por tener algún efecto fisiológico que puede beneficiar la salud” (Biruette Guzmán et al. 2009, 136).

modelo que se adapte a los modos de vida de las zonas rurales, y como mecanismo para crear una cultura que consuma lo local de manera saludable, y con un enfoque de trazabilidad.

Conclusiones y recomendaciones

El planeta Tierra se enfrenta a la sexta extinción de especies, inducida por las actividades del ser humano. El Antropoceno es la era donde el predominio de la especie humana domina los linderos del clima del planeta. Entre los nueve límites planetarios identificados por Rockström et al. (2009), en la actualidad se han sobrepasado la capacidad de reposición planetaria (se evidencia la pérdida de especies de flora y fauna) y el ciclo del nitrógeno en la atmósfera. Los efectos del cambio climático en las regiones del planeta se evidencian con más fuerza cada periodo estacional.

Como se mostró a lo largo de este artículo, diversas investigaciones han apuntado sobre los prejuicios que tiene un incremento de la temperatura en el planeta, con consecuencias irreparables para el equilibrio de los ecosistemas y las especies que habitan en ellos. El ser humano no está exento de los efectos que conllevaría el incremento de la temperatura. Son los poblados rurales de campesinos e indígenas los grupos más vulnerables ante el cambio climático.

Cabe recalcar que el 28 % del área terrestre global se encuentra mantenida y/o gestionada por pueblos indígenas. Con estos grupos sociales, que son los guardianes de gran parte de la biodiversidad del planeta, se deben desarrollar políticas para fortalecer la conservación de la naturaleza a través de diversas acciones como las buenas prácticas ambientales y agrícolas, protegiendo sus conocimientos ancestrales.

En este punto, debe existir el compromiso de los consumidores con productos que provengan de emprendimientos sostenibles y de lógicas distintas a la gran industria, que cumplan con criterios de trazabilidad en todos los eslabones de la cadena. La bioeconomía se convierte en una alternativa resiliente para que las comunidades locales y productores individuales fomenten el uso de los recursos de origen biológico, de manera más sostenible.

El desarrollo de la bioeconomía en Ecuador debe apuntar a fortalecer los núcleos de producción campesina, ya que se evidencia que el 23 % de las tierras han visto reducida su productividad debido a la degradación del suelo, producto de actividades que no tienen un ritmo de reposición natural (IPBES 2019).

Por ello, es necesario reorganizar el modelo agrícola hacia prácticas más sostenibles, como el desarrollo de la agroecología, dejando de lado ciertos prejuicios sobre esta: que es solamente para los pobres, que solo puede desarrollarse en pequeña escala o que no podría producir suficientes alimentos para alimentar al mundo.

Ya en la década de los 70, Georgesco-Roegen entendía la necesidad de que la población sea alimentada mediante la agricultura orgánica. La agroecología va un

paso más allá que la agricultura orgánica, ya que considera al agroecosistema como un todo, es decir, al sistema de producción en su conjunto como un complejo sistema de interrelaciones, que es necesario conocer y comprender. Esto, para desarrollar prácticas y tecnologías que permitan incrementar los rendimientos de producción y contribuir a la sostenibilidad ambiental respetando los modelos de producción campesino.

La agroecología y la bioeconomía deben ir de la mano, debido a que ambas están encaminadas hacia una transición en la disminución del uso de combustibles fósiles, y se enfocan en construir un modelo de producción sostenible con el ambiente y sano para el ser humano.

La bioeconomía debe tomar en cuenta que el planeta tiene un stock limitado de recursos, por lo que pensar en un modelo de reproducción infinita de recursos, a través de la circularidad de la economía, es prácticamente imposible e insostenible. Esta visión está lejos de decir que no se propongan procesos de reutilización de recursos, como por ejemplo la reutilización de aguas residuales tratadas, que tiene una ganancia social para aquellas zonas agrícolas sin acceso al agua, además, de disminuir los costos directos de producción, al utilizar menor cantidad de fertilizantes químicos.

La reutilización y el reciclaje forman parte de la bioeconomía, pero no es posible la circularidad en los procesos económicos de manera infinita por la segunda ley límite de la entropía. Por tanto, se hace necesario elaborar productos eficientes y más duraderos. La bioeconomía debe apuntar hacia un equilibrio armónico con los procesos naturales de regeneración, en el que se reemplacen los sistemas productivos actuales con prácticas más sostenibles en el largo plazo, que permitan incrementar la productividad de alimentos de una manera natural, y fortalecer la seguridad alimentaria.

Dentro de los objetivos de la bioeconomía, se debe precautelar la creación de mecanismos de adaptación frente al cambio climático, por ser una problemática actual, que se va a agudizar en un futuro próximo. La base de la bioeconomía es la biodiversidad y el sector agrícola. Este debe tener la capacidad de reaccionar ante las presiones que existen hacia los recursos de base biológica, es decir, su objetivo principal no puede ser incrementar los rendimientos (como la filosofía de la revolución verde), sino, más bien, producir de una manera ecológicamente sana. Un modelo agrícola que no sea sostenible mermaría el desarrollo de la bioeconomía, por lo que resultaría indispensable fomentar el desarrollo en investigación, a partir del aprovechamiento de la biodiversidad.

Es necesario impulsar las prácticas agroecológicas a mayor escala, con el objetivo de desarrollar nuevos bioproductos ecológicamente benignos (genes, enzimas y metabolitos) a través de un manejo sostenible de cultivos (bioplaguicidas con fines fitosanitarios y bioinoculantes para biofertilización). Se necesitan políticas públicas que fortalezcan los marcos normativos hacia un mayor incentivo al biocomercio sostenible (Hodson y Chavarriaga-Aguirre 2014).

El desarrollo de la bioeconomía dependerá de los intereses que cada país o región persiga en el mediano y largo plazo. No puede existir sin un modelo agrícola sostenible en todas sus etapas, en el cual la agricultura campesina juega un rol fundamental para la conservación de especies (banco de semillas) y formas de cultivos tradicionales que ofrecen una visión diferente de la producción, más sostenible con el ambiente.

La bioeconomía debe considerarse una estrategia de conservación para disminuir la pérdida de biodiversidad, la deforestación, la desertificación y presentar una alternativa resiliente para las comunidades y población en general que vive en zonas vulnerables. Los sectores que tienen relación directa o indirecta con ella deben trazarse metas en común: contrarrestar los efectos del cambio climático en un mundo finito de recursos, a través de modelos resilientes y sostenibles en el tiempo.

No puede utilizarse la bioeconomía para dar paso a la producción intensiva y expansiva, que ha causado perjuicios ambientales y sociales irreparables. Esta nueva visión debe explorar el cambio de modelo de prácticas comúnmente insostenibles, ante un panorama cambiante y con muchos desafíos, por aquellos modelos productivos de economías locales que buscan la asociatividad y el cooperativismo, tan indispensables en los tiempos actuales. Desde esa visión, la bioeconomía se convierte en una oportunidad paralela, que permite anclar e interactuar con muchas disciplinas en un mismo espacio, buscando un fin común con un tono utópico, pero no irreal: alcanzar un equilibrio entre naturaleza y ser humano.

Bibliografía

- Altieri, Miguel. 2015. “Agroecología, la agricultura del futuro”,
<https://www.youtube.com/watch?v=BQx3a6op74E>
- Altieri, Miguel, Susanna Hecht, Matt Liebman, Fred Magdof, Richard Norgaard y Thomas O Sikor. 1999. *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*. Uruguay: Nordan-Comunidad.
<http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>
- Balboa, Catalina, y Manuel Samonte. 2014. “Economía circular como marco para el ecodiseño”. *Informador Técnico* 1 (78): 82-90.
- Becerra, María Teresa. 2013. *Lineamientos para el manejo sostenible de sistemas de aprovechamiento de recursos naturales in situ*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31412/46.pdf?sequence=1>
- Bioeconomía Argentina. 2020. “Presidencia de la nación”,
<http://www.bioeconomia.mincyt.gob.ar/bioeconomia-argentina/>
- Birner, Regina. 2018. “Bioeconomy Concepts”. En *Bioeconomy*, editado por Iris Lewandowski, 17-38. Cham: Springer. https://www.researchgate.net/publication/321778431_Bioeconomy_Concepts

- Biruete Guzmán, A., E. Juárez Hernández, E. Sieiro Ortega, R. Romero Viruegas y J.L. Silencio Barrita. 2009. “Los nutraceuticos. Lo que es conveniente saber”. *Revista Mexicana de Pediatría* 76 (3): 136-145. https://s3.amazonaws.com/academia.edu/documents/41127773/1._Nutraceuticos_-Biruete_2009-.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLos_nutraceuticos._Lo_que_es_conveniente.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=A-KIAIWOWYYGZ2Y5
- Bisang, Roberto, y Guillermo Anlló. 2015. “Bioeconomía. Una ventana al desarrollo de América Latina”. *Integración & comercio* 36: 152-163.
- Ceccon, Eline. 2008. “La revolución verde: tragedia en dos actos”. *Ciencias* 91: 21-29. <http://ambiental.uaslp.mx/Agricultura/2008%20Ceccon%20revolucion%20verde.pdf>
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio. 2007. “BioTrade Initiative”, https://unctad.org/es/Docs/ditcted20074_sp.pdf
- Constantino, Luis. 2006. “Biocomercio sostenible de insectos: Estado actual, perspectivas y dificultades del mercado en Colombia con especial referencia en coleoptera y lepidoptera”. En *Libro de Memorias. XXXIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN*, 35-49. Manizales: SOCOLEN. <https://bit.ly/2Veks3v>
- De Azevedo, Belisario. 2018. “Banco Interamericano de Desarrollo”, <https://conexionintal.iadb.org/2018/07/27/ideas2-2/>
- Departamento Nacional de Planificación. 2017. “Estudio sobre la bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia”, <https://bit.ly/2BD94qY>
- Georgescu-Roegen, Nicholas. 1977. “Inequality, Limits and Growth from a Bioeconomic Viewpoint”. *Review of Social Economy* XXXV: 361-371.
- Georgescu-Roegen, Nicholas. 1971. *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge/Londres: Harvard UP.
- Górriz Mifsud, Elena, e Inazio María Martínez de Arano. 2017. “Avanzando hacia una bioeconomía circular: el papel”. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 43: 151-162.
- Hodson, Elizabeth, y Paul Chavarriaga-Aguirre. 2014. “Recursos naturales en América Latina y el Caribe: una perspectiva en bioeconomía”. En *Hacia una bioeconomía en América Latina y el Caribe en asociación con Europa*, editado por Elizabeth Hodson, 47-64. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- IBERDROLA. 2020. “El 10% de la superficie mundial alberga el 70% de la diversidad biológica terrestre del planeta”, <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/paises-megadiversos>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2018. “Intergovernmental Panel on Climate Change”, <https://bit.ly/3fVMN6J>
- IPBES. 2019. “Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas”, http://static.omaui-malaga.com/omaui/subidas/archivos/5/8/arc_8185.pdf

- Latouche, Serge. 2010. “El decrecimiento como solución a la crisis”. *Mundo siglo XXI* (21): 48-53 <https://biblat.unam.mx/hevila/MundosingloXXI/2010/no21/6.pdf>
- Lombeida, Benjamín. 2015. “La sed de las ciudades: análisis de sustentabilidad y gestión hídrica a partir de la reutilización de aguas residuales en la ciudad de Guaranda”. Tesis de maestría en Economía Ecológica, Flacso, sede Ecuador.
- Martínez Alier, Joan. 2015. “La economía no es circular sino entrópica”. *La Jornada*, 14 de junio. <https://www.jornada.com.mx/2015/06/14/opinion/026a1eco#>
- Ministerio del Ambiente. 2019. *Acuerdo Ministerial Nro. 034 “Lineamientos para el fomento del bioemprendimiento”*. Quito: Ministerio del Ambiente.
- Ministerio del Ambiente. 2015. “Estadísticas del Patrimonio Natural”, <https://bit.ly/2Novq2c>
- Naciones Unidas. 2015. “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Pichasaca, Marcos. 2017. *Nota conceptual y estratégica para el desarrollo de la bioeconomía en Ecuador*. Quito: Ministerio del Ambiente.
- Republic of Opportunities Ecuador. 2020. “Biodiversidad en cifras”, <http://republicofopportunities.com/estadisticas/427-biodiversidad-en-cifras-2/>
- Rockström, Johan. 2010. “Let the Environment Guide Our Development”, https://www.ted.com/talks/johan_rockstrom_let_the_environment_guide_our_development#t-304038
- Rockström, Johan, Will Steffen, Kevin Noone, Åsa Persson, F. Stuart III Chapin, Eric Lambin, Timothy M. Lenton, Marten Scheffer, Carl Folke, Hans Joachim Schellnhuber, Björn Nykvist, Cynthia A. de Wit, Terry Hughes, Sander van der Leeuw, Henning Rodhe, Sverker Sörlin, Peter K. Snyder, Robert Costanza, Uno Svedin, Malin Falkenmark, Louise Karlberg, Robert W. Corell, Victoria J. Fabry, James Hansen, Brian Walker, Diana Liverman, Katherine Richardson, Paul Crutzen y Jonathan Foley. 2009. “Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity”. *Ecology and Society* 14 (2): 32. <https://www.stockholmresilience.org/download/18.8615c78125078c8d3380002197/1459560331662/ES-2009-3180.pdf>
- Rodríguez, Adrián, Andrés O. Mondaini y Maureen A. Hitschfeld. 2017. “Bioeconomía en América Latina”, https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42427/1/S1701022_es.pdf
- Stockholm Resilience Centre. 2015. “Stockholm Resilience Centre”, <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries/planetary-boundaries/about-the-research/the-nine-planetary-boundaries.html>
- Trigo, Eduardo, Guy Henry, Johan Sanders, Uli Schurr, Ivan L. Ingelbrecht, Clara Revel, Carlos Mattos Santana y Pedro Jesús Rocha. 2014 “Hacia un desarrollo de la bioeconomía en América Latina y el Caribe”. En *Hacia una Bioeconomía en América Latina y el Caribe en asociación con Europa*, editado por Elizabeth Hodson, 17-43. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Xiaoxu Wu, Yongmei Lu, Sen Zhou, Lifan Chen y Bing Xu. 2015. “Impact of Climate Change on Human Infectious Diseases: Empirical”. *Environment International* 86: 14-23. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.09.007>