

Bioeconomía y su Contexto en Colombia

Viviana Marcela Aguirre*

Departamento de Ingeniería, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Universidad Jorge Tadeo Lozano,

* Correspondencia: vivianam.aguirreh@utadeo.edu.co

Resumen:

Una estrategia ambiental que se ha fortalecido a nivel mundial en las primeras décadas del siglo XXI por su aporte eficaz para lograr los ODS y las metas de descontaminación prometidas por los países es la bioeconomía; cuyo propósito original es minimizar las emisiones de GEI y mitigar las repercusiones del Cambio Climático suprimiendo el uso de combustibles fósiles y promoviendo el uso de biomasa transformándola en bio-producto, bio-combustible o bio-energía [1]. Para asegurar que el proceso de aprovechamiento, transformación y uso tenga la mayor eficiencia, algunos investigadores han enfatizado en la “circularidad” del proceso y elaborado el concepto de “bioeconomía circular” que conduce al mejor y máximo uso de los bio-recursos y bio-productos con residuo cero o con la seguridad de reciclaje para cualquier residuo que pueda ocurrir [2].

La definición institucional de Bioeconomía en Colombia cubre parcialmente los aspectos de eficacia y eficiencia incorporados a nivel internacional [3]; pero los argumentos planteados por la Misión de Crecimiento Verde (2018), la Misión de Sabios (2019) y actualmente en la Misión Nacional de Bioeconomía (2020) del Ministerio de Ambiente contienen las herramientas para concretar conceptos, políticas y proyectos, que se espera estén incluidas en la Estrategia Nacional de Bioeconomía a emitir en 2021 [4]. De otra parte, la mayoría de los proyectos bioeconómicos en Colombia destacan el mercadeo y rentabilidad de nuevos bio-productos y en diferentes grados lo concierne a la participación social y a los beneficios ambientales; con necesidad de plan de mejora para los análisis de sostenibilidad en materia de energía, protección de ecosistemas y circularidad, insistiendo que la sustitución de recursos fósiles y la lucha contra el cambio climático son banderas de la bioeconomía.

La adquisición de nuevos hábitos y el impacto de las nuevas maneras de aprovechar los recursos que caracterizan a un proyecto bioeconómico, genera incertidumbres que se resuelven aplicando la preparación, gradualidad y confianza que necesitan tanto los agentes del proyecto (consumidores, industriales, emprendedores e inversionistas) como el entorno socio-cultural del mismo. Esos elementos son ofrecidos por la “ingeniería de transición” que es un proceso sistemático para diseñar y activar el cambio. [5]

Los estadios y componentes de un proyecto bioeconómico suelen requerir profundizar en el conocimiento de biomasa, bio-productos conocidos y potenciales, y tecnologías de procesamiento. También hay necesidad de investigar los potenciales energéticos y balances de energía propios del caso bioeconómico, lo que puede exigir modos, tiempos e inversiones especiales que arrojen soluciones en aspectos desde aceites y poder calorífico hasta los hornos y biorrefinerías que pudieran ser de utilidad. [6]

Palabras Clave: bioeconomía, biomasa, bio-recurso, bio-producto, bio-energía, energía circular, ingeniería de transición, Colombia, cambio climático.

1 Introducción

Como respuesta a la degradación ambiental del planeta que se ha manifestado en deterioro crítico de los ecosistemas con base en lo cual la comunidad científica ha alertado sobre la gravedad que ello implica para la subsistencia de las especies y del ser humano, se ha visto la necesidad de promover el cambio de algunos hábitos de individuos y comunidades. En tal degradación se destaca el cambio climático planetario derivado de la extracción, transformación y uso de materiales fósiles o hidrocarburos como combustible y como fuente de materias primas; por lo que la principal estrategia contra el impacto negativo es reemplazar los hidrocarburos

por recursos renovables que no contaminen el aire y los demás elementos del entorno. Surge así el uso potencial de recursos biológicos tanto para obtener materias primas como para obtener energía. [7]

Es así como surge la bioeconomía, toda vez que ésta “se basa en la sustitución de recursos no renovables de origen fósil por alternativas biológicas” y los conceptos “se asocian con el crecimiento económico, la creación de empleo y el valor agregado; tomándose distancia del modelo económico lineal de desempeño; y promoviendo principios de energía renovable, circularidad y uso en cascada de los recursos” [5]

Encontrará en este documento los argumentos que confieren importancia a la bioeconomía y que le permiten cobijar desde el compromiso individual para cambiar hábitos de uso y consumo de energía y materias primas, hasta la formulación de nuevas políticas para las regiones o países tan trascendentales que pueden derivar en cambios de los modelos de desarrollo económico.

Uno de los propósitos de este documento es sintetizar algunos contextos eco-culturales y socio-económicos a partir de los cuales se desarrolla conceptos y visiones de la bioeconomía. No obstante, que ésta puede tener una identidad y una fuerza propia, la diversidad de perspectivas frente a la bioeconomía es valiosa para descubrir, socializar e implementar estrategias que mejoren la salud y el futuro del planeta.

Se sintetizarán también en este documento algunos desafíos que la bioeconomía debe superar compitiendo con las tendencias e inercia del modelo económico dominante en el planeta y cómo, en esa correría, va implementando compromiso, gradualidad y persistencia en torno a muchos propósitos bioeconómicos así como inversión, investigación e innovación en favor de muchos otros.

Se hará un resumen del estado y proyección de la bioeconomía en Colombia, esbozando las expectativas, políticas y ejecuciones que han rodeado al asunto, y sobre todo la organización y la ruta que se está encauzando. Siendo muy importantes los enfoques y esfuerzos bioeconómicos que hasta hoy se han aplicado en el país, hasta ahora se están dando los pasos iniciales dentro del gran espectro de necesidades, potenciales y proyecciones que abundan en cada una de las regiones y comunidades del país.

2 Construcciones Conceptuales de la Bioeconomía

El concepto de bioeconomía se construye entre saberes, entre experiencias, en comunidad o con la interacción de todos éstos, haciendo en primera instancia una delimitación contextual y luego se plantea la noción e interpretación del caso. El contexto y el concepto bioeconómico surgen tanto de los agentes que los analizan como del lugar, procesos y propósitos específicos que se estén abordando. Lo importante en esta dinámica conceptual es su consistencia e integralidad, por lo que se espera que incluya innovación bioproductiva y sostenibilidad, incorporando acciones de economía circular, descarbonización o energías alternativas según la oferta y demanda de recursos de cada territorio.

Las concepciones y definiciones de bioeconomía son tan variadas como las ideas que surgen en torno a los bio-recursos, como los proyectos que se emprenden, como las geografías que rodean los proyectos o como los activistas de este esquema de desarrollo. A cambio de buscar una definición precisa puede resultar más formativo examinar, dentro de una amplia participación, las capacidades y fortalezas de los territorios y comunidades para usar energías alternativas, biomasa y residuos.

2.1 Contexto Originario

El uso de la biomasa para satisfacer las necesidades de energía y materiales no es nuevo, la historia y la prehistoria humana se fundamentaron en los recursos bióticos y otros disponibles en el entorno cercano superficial. Desde el siglo XIX y la revolución industrial se hace extracción y uso intensivo de materiales fósiles; por lo que antes de la era industrial entre el 95% y el 99% de la energía doméstica consumida derivaba de la biomasa mientras que el uso exuberante de recursos fósiles llevó la participación de biomasa energética al 10-30% en escala mundial.

El desarrollo económico mundial se ha basado en el uso de recursos fósiles para la obtención de energía, químicos e insumos, y con ello muchos países atrapados en agotar minerales, carbón e hidrocarburos, sujetos al vaivén de los determinadores del mercado de esos recursos o commodities.

La ciencia y la tecnología que dieron lugar a la “revolución verde” que permitió a mediados del siglo XX cierta tranquilidad en el suministro alimentario global no cambió el modelo económico de uso extendido e intensivo de energía fósil predominante en el mundo ni la tendencia latinoamericana de una economía basada en extracción de recursos naturales. El esquema latinoamericano resulta débil frente a los determinadores del mercado, además de la escasa innovación e investigación, bajo desarrollo industrial, participación deficiente de los actores sociales y una “categorización” de los recursos naturales como limitados o destructibles, lejos de cualquier ruta de explotación sostenible.

El progreso del mundo actual y el bienestar alcanzado por la sociedad, se deriva de los recursos fósiles -así denominados por representar fotosíntesis y organismos vivos ocurridos hace millones de años junto a procesos geológicos de la misma duración- cuya transformación se logró para bien de la ingeniería y la química modernas. Ahora sabemos que esa transformación implica dispersión de gases nocivos, afectaciones en los elementos físico bióticos y sendos cambios negativos en la atmósfera y clima terráqueo [8].

El cambio climático surge como una amenaza seria para la subsistencia de ecosistemas y del ser humano. Vinculado al calentamiento global por el incremento acelerado en la atmósfera de gases de efecto invernadero generados en buena parte por las actividades humanas y en especial por la carbonización con emisiones desprendidas de la quema de combustibles fósiles, el cambio climático necesita ser contrarrestado con otro tipo de cambios: nuevos hábitos, nuevas fuentes de energía y nuevas materias primas. Este es el origen de promover el uso de biorecursos para los cambios y novedades en mención. Este es el origen de la bioeconomía.

Aunque el término “bioeconomía” fue introducido en 1913 dentro del documento “*Evolution by Co-operation: A Study in Bioeconomics*” por el biólogo británico Hermann Reinheimer, el enfoque actual y relativamente diverso de la bioeconomía surge de la concienciación en torno al cambio climático y sus factores generadores, después de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) adoptada en mayo de 1992 y con Conferencias de las Partes (COP) que lograron el “Acuerdo de París” en el año 2015 cuyo propósito es aplicar capacidades y esfuerzos para limitar los aumentos de temperatura atmosférica planetaria y hacer frente a los efectos inminentes del cambio climático, incluyendo acciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero [9].

La bioeconomía se afianza en procesos de fotosíntesis recientes y de corta duración, incluso en tiempo real (ya no se mide en tiempo geológico sino en periodos humanos) donde la adquisición y uso de la biomasa (de residuos, reciclajes, brozas o leñas) como fuente principal de energía y carbono, tiene emisiones y desechos con significativo menor impacto ambiental tanto para las extracciones como para las actividades económicas involucradas.

Como respuesta al panorama adverso del uso de recursos fósiles, surge el concepto de bioeconomía, que representa un modelo socioeconómico que quiere reducir la dependencia a tal fuente y promueve la aplicación del conocimiento sobre los recursos, procesos y principios biológicos de alta renovabilidad, para el suministro sostenible de bienes y servicios con un claro propósito de aportar al bienestar humano y a “descarbonizar” la economía. A partir de esto y del aporte de comunidades, organismos internacionales, centros de investigación y academia, surgieron nuevos acuerdos regionales y globales, así como proyectos de bio-insumos agrícolas, bio-energía, seguridad alimentaria, bio-productos industriales (fibras, recuperación bioplásticos, etc.) y otras contribuciones en formato bioeconómico.

No resulta tan nueva la formulación bioeconómica si se considera que busca el retorno al uso de la biomasa como un recurso central de las necesidades humanas, ahora con la gran ventaja frente a la era pre-industrial de poder hacer uso sistemático y ampliado de nuevas tecnologías, investigaciones multidisciplinarias y conciencia ambiental [10]. Para la bioeconomía del siglo XXI hay una larga experiencia de deterioro ambiental y flamantes pilares empírico-conceptuales como la eco-intensificación, la economía circular, la ecología industrial (optimización de las cadenas de valor), las tecnologías energéticas y la valoración de la biodiversidad, entre otros [11]

La bioeconomía del siglo XXI es flexible y se ajusta a las condiciones territoriales, comunitarias y temporales. El accionar y la eficiencia de cada proyecto bioeconómico también tiene influencia de los entes gubernamentales y no gubernamentales quienes, además de delimitar el contexto y definiciones para su jurisdicción, toman decisiones de política, planeación o ejecución.

Con enfoque técnico-productivo, la bioeconomía puede entenderse como la producción de bienes y servicios, aprovechando las funcionalidades biológicas y energéticas de la biomasa, sustituyendo la quema fósil y contribuyendo a la mitigación del cambio climático [12].

2.2 *Relación con el Desarrollo Sostenible*

El desarrollo sostenible se ha entendido como aquel que satisface las necesidades de la población actual del planeta sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades, tal cual como lo reseña el Banco Mundial en 1987 [13]. En términos globales se utiliza este concepto para referenciar la mejora de la calidad de la vida humana mientras se vive dentro de la capacidad de carga de los ecosistemas.

Durante las décadas de los 80's y 90's este concepto se convirtió en un eslogan cultural y político adoptado por personas, académicos, instituciones gubernamentales y organizaciones no gubernamentales al punto de que es o fue el paradigma orientador de los tomadores de decisiones desde líderes comunitarios hasta gobernantes y plenipotenciarios transnacionales. Sin embargo, en muchos casos se quedó ahí, como eslogan, y con falencias en su interpretación o implementación, o sencillamente lo realizable no podía alcanzar los ideales del discurso. Por ejemplo, en el contexto del comercio internacional, se demuestra una percepción incompleta de los problemas de la pobreza y la degradación del medio ambiente, y la confusión sobre el papel del crecimiento económico frente a los conceptos de sostenibilidad y participación [14].

Si bien todavía no hay ningún acuerdo político o científico sobre una definición de desarrollo sostenible, sigue siendo notablemente persistente como un concepto político ideal, similar a la democracia, la justicia y la libertad. De hecho, el desarrollo sostenible se asimila como algo inherente a la idea de democracia al ser universalmente deseado, diverso, extremadamente difícil de lograr y aun así no [15].

Aunque no es un propósito de este documento el analizar o establecer diferencias y semejanzas entre desarrollo sostenible y bioeconomía; sí se puede deducir de lo expuesto arriba que el desarrollo sostenible sigue siendo un objetivo ideal, un fin o el horizonte que orienta la gestión inteligente y equilibrada de los recursos agotables y renovables, mientras que la Bioeconomía es un medio o instrumento para alcanzar aquel desarrollo prefiriendo el aprovechamiento de biomasa renovable y energía no fósil.

Si se considera que la bioeconomía se materializa desde las comunas y regiones, se colige que la suma de proyectos bioeconómicos, territorios de interés bioeconómico y continuidad en los bioprocesos e innovación, se convierte en un panorama o experiencia de desarrollo sostenible. Una manera de precisar el alcance de sostenibilidad de estas experiencias es medir y monitorear los resultados de cada bio-empresa o del conjunto productivo, incluyendo las cuantificaciones de biomasa extraída, biomasa retornada, energía consumida y energía producida.

En sentido riguroso, hay -o debe haber- una relación directa y estrecha entre bioeconomía y desarrollo sostenible. De hecho, la bioeconomía es esencial para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas gracias a sus propósitos intrínsecos de seguridad alimentaria y energética, protección del clima, transformación industrial innovadora y la transición al consumo sostenible [16]. Resulta oportuno sugerir que dentro de la política y planeación bioeconómica, se fijen metas de reducción de impactos asociados a aspectos ambientales tales como la población mundial y su expansión, el ingreso y la inequidad, la agricultura y la seguridad alimentaria, el consumo de energía y sus implicaciones de cambio climático, la educación y los avances tecnológicos, y el arraigo de modelos económicos tradicionales con el costo-beneficio que recae en los diferentes grupos sociales, entre otros.

2.3 Conceptos prácticos y diversos

El reconocimiento del territorio y de la comunidad, así como la participación de ésta, son primeros instrumentos para concertar conceptos empíricos de bioeconomía. Se hace composición práctica y concertada al buscar la armonía entre la comunidad y organizaciones locales con eventual presencia de un facilitador; pero sería más completo e integral el concepto si se unen al análisis representantes asertivos de los consumidores, académicos, legisladores, científicos, industriales y gobernantes. De los proyectos y equipos organizados se escuchan las mejores definiciones de bioeconomía. [17]

Es un buen ejercicio obtener una definición de bioeconomía en tanto que construir un concepto resulta más amplio y profuso. El concepto es el que soporta cada visión y cada análisis, individual o grupal, es el que sostiene a la precisa definición. Desarrollar un concepto bioeconómico es dar soporte a las visiones y acciones sincrónicas toda vez que se dará cobertura a tópicos como la inversión, las políticas y la promoción de un adecuado modelo económico quizás a través de una gradual transición entre el uso – abuso de los recursos fósiles y el flujo sostenible de recursos renovables. [18]

Oportunidad de desarrollar el concepto dada la coyuntura ambiental y socio – económica que exige a todos los estamentos de la sociedad su participación y multiplica el interés académico – científico por resolver inquietudes ambientales, químicas y tecnológicas. En los últimos años los líderes, políticos y gobernantes de todo nivel están abiertos a aprender y aplicar sobre el tema y gradualmente van comprendiendo que cada territorio o comunidad es especial en la oferta de biorecursos, en la aplicación de nuevas y buenas prácticas ambientales, en la eficiencia energética y en la innovación tecnológica y productiva.

La bioeconomía ha pasado de ser una idea flotante a un modelo transformador de alta importancia en los planteamientos políticos internacionales y locales, además del gran espectro de trabajo que ofrece para investigadores y círculos académicos. Igualmente, de ser un instrumento de soluciones ambientales puntuales pasa a ser modelo clave en la solución de los desafíos ambientales y socio - económicos del mundo, el cambio climático, la seguridad alimentaria mediante un uso más sostenible de los recursos ambientales.

Estos intentos de conceptualizar implican también un margen de cuestionamientos, que por momentos se tornan a manera de críticas. En la definición que proponen Mika Sillanpää y Chaker Ncibi en el libro “*A sustainable Bioeconomy: the green industrial revolution*” la Bioeconomía tiene un valor más instrumental para un gran cambio en el mundo mediante su potencial para armonizar, sincronizar y cronometrar los esfuerzos de todos los contribuyentes posibles para una promoción mundial y la implementación de este nuevo modelo económico; aunque se reconoce dificultad dado que: primero, ¿cuál es el valor de una producción sostenible si no se sigue con un consumo sostenible?, esto es, el concepto en sí mismo depende de las perspectivas de los contribuyentes y su contexto de participación; y segundo, ¿quién tiene la autoridad indiscutible para definir la bioeconomía? [12]. Digamos que esto forma parte de los debates y desafíos en torno a la bioeconomía, pero no afecta los consensos ya logrados en cuanto su importancia, potencial y trascendencia.

3 Visiones pro-sostenibilidad

De la revisión realizada por Bugge, Hansen, & Klitkou (2016) hay tres criterios bioeconómicos según el énfasis de sus ejecuciones: la visión bio-tecnológica, la visión de bio-recursos y la visión bio-ecológica. El enfoque biotecnológico da amplia importancia a la investigación y a aplicar innovación tecnológica en los diferentes sectores de la economía incluyendo la comercialización de productos. La visión de valorizar los bio-recursos recalca en mejorar la generación y procesamiento de materias primas de origen biológico, agregando valor por la calidad y utilidad de los mismos. Y la visión ecológica destaca los aportes a logros de sostenibilidad en términos de evitar la degradación de clima, aguas y suelos, proteger la biodiversidad, optimizar el uso de energía, optimizar el ciclo de nutrientes y reducir los monocultivos.

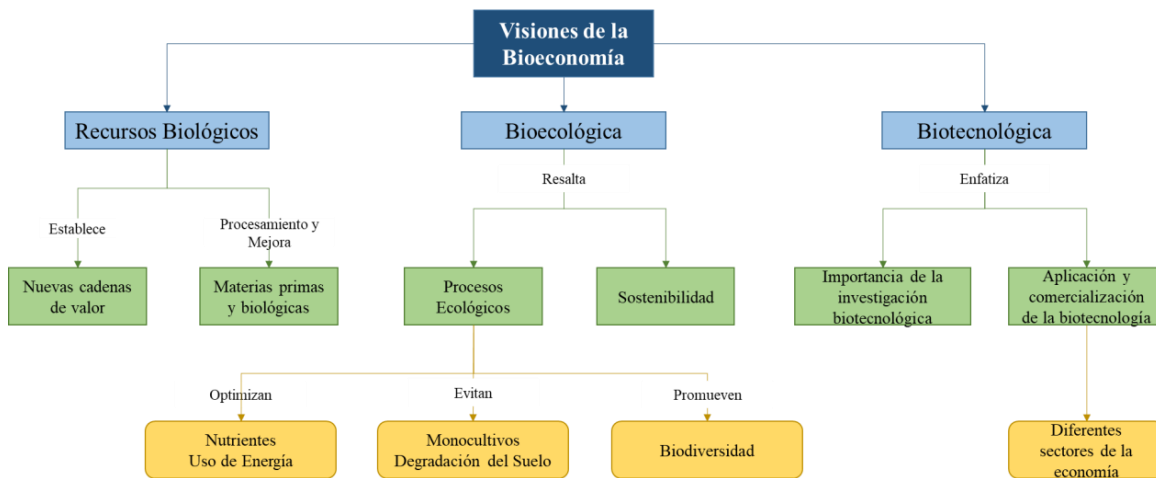


Figura 1 Visiones de la Bioeconomía

Fuente: Elaboración propia a partir de Bugge, Hansen, & Klitkou, 2016.

Los enfoques bioeconómicos así esbozados se presentan en forma de diagrama en la Figura 1, en tanto que las características de cada uno de ellos se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1 Características de las visiones bioeconómicas

Factor	Visión de Biorecursos	Visión Bioecológica	Visión Biotecnológica
Elemento Priorizado	<u>Bio-recursos</u> representados en cultivos, plantaciones, residuos naturales y otros que configuran la biomasa, energía y reutilizables del proceso bioeconómico.	<u>Medio Ambiente</u> a partir de contrarrestar el cambio climático, así como proteger los recursos y ecosistemas.	<u>Bio-productos</u> que potencien el cambio de hábitos y una nueva industria.
Valor Priorizado	Mejoramiento en la generación, aprovechamiento, valorización, cantidad, calidad y transformación de materias primas.	Disminuir o eliminar impactos sobre el medio ambiente y proteger los ecosistemas y la biodiversidad.	Innovar la producción en beneficio de los diferentes sectores de la economía, apoyados en investigación y tecnología.
Espacio Priorizado	Sectores rurales y agropecuarios.	Biósfera, atmósfera y ecosistemas naturales.	Industria emergente y centros de investigación.
Aspectos conexos de especial interés	Desarrollo e inversión rural, recuperación de suelos, producción de biocombustibles, gestión de residuos, silvicultura y buenas prácticas agropecuarias, ...	Ordenamiento territorial y uso del suelo, energías limpias alternativas, prácticas agroecológicas, trabajo transdisciplinario, ...	Apoyo a empresarios desde el nivel micro, atención a la I+D y a centros de investigación, patentes, sustitución de productos, ...

Fuente: Elaboración propia a partir de Bugge, Hansen, Klitkou

La evolución del concepto reúne estas visiones y otras que han planteado diferentes investigadores, de tal manera que la planificación, diseño y ejecución integral de proyectos bioeconómicos idealmente cubre aspectos que van desde la “siembra y cosecha” de biomasa hasta la “nueva cultura de consumo” de bio-productos, lo cual debería pasar por mejoramientos continuos de la biomasa aprovechada, de los procesos de transformación, del consumo - generación de energía y del uso de los productos gracias a esfuerzos e inversiones en liderazgo, política, gestión comunitaria, investigación científica, impulso empresarial y comercialización. La lucha contra el cambio climático, la sustitución de energía fósil y el aporte a la protección medio ambiental son principios del concepto bioeconómico que deberían mostrarse y cuantificarse en los resultados de cada proyecto.

La visión de los recursos biológicos o Biorecursos se centra en el papel de la investigación, el desarrollo y la demostración (I + D) relacionados con las materias primas biológicas en sectores como la agricultura, el marino, lo relacionado con el sector forestal y bioenergía. Así como en el establecimiento de nuevas cadenas de valor. Mientras que la visión de la biotecnología toma un punto de partida en la aplicabilidad potencial de la ciencia,

la visión de los recursos biológicos enfatiza los potenciales en la actualización y conversión de las materias primas biológicas [19].

La visión bioecológica se fundamenta en la sustentabilidad, la biodiversidad, la conservación de ecosistemas, evitar la degradación del suelo y la comercialización de biorecursos que implica contar con códigos de ética y evitar la inequidad en su acceso. La creación de valor está dada por el desarrollo integrado de sistemas de producción de forma circular y auto-sostenida donde prima la alta calidad de los productos con identidad territorial. Si bien las otras dos visiones se centran en la tecnología y otorgan un papel central a la I + D en los sistemas globalizados, esta visión enfatiza el potencial de procesos y sistemas circulares e integrados concentrados regionalmente.

Dentro de esta visión también es posible identificar prácticas favorables para la producción agro-ecológica u orgánica, principios éticos, riesgos controlados, sustentabilidad, investigación transdisciplinaria, interacciones ecológicas. Esta perspectiva fortalece el desarrollo en zonas rurales y periféricas generando desarrollo local integral como estrategia para asegurar la bioeconomía sostenible. [20]

4 Investigación y Biotecnología

En los proyectos bioeconómicos es determinante el conocimiento e innovación científica – tecnológica, al punto que puede considerarse como el motor de las nuevas interacciones entre el agro y la industria, en las que la gestión de biomasa cobra alto nivel de importancia. La investigación de aprovechamientos de biomasa como materia prima o como fuente energética pretende que los procesos en donde aquella está involucrada tengan carácter de circulares y sostenibles con aportes tales como minimización de producción de residuo, investigación biológica y de recursos naturales, nuevos productos industriales y domésticos, adaptación tecnológica y nuevos servicios para todos los sectores económicos, entre otros. La investigación, desarrollo e innovación científica con enfoque bioeconómico facilita abordar de forma integral y consistente los retos de las comunidades y territorios, así como fundamentar el crecimiento económico y social con enfoque futurista, sustentable y equitativo.

La biotecnología es el componente principal del conjunto de conocimientos, innovación e instrumentos que hacen que la bioeconomía sea más o menos real en estos tiempos, pero no es la única plataforma de apoyo ya que se pueden traer desde estrategias para el manejo de aguas, suelos, cultivos y hábitos hasta soportes de nanotecnología, tecnología de combustión, experiencias 3R y tantos otros avances que potencian las diferentes líneas de la bioeconomía [21].

Las interacciones biomasa/conocimientos/innovación, así como la “circularidad” ambiental implícita, permiten presentar la bioeconomía como un instrumento importante para hacer frente a los desafíos interrelacionados de seguridad alimentaria, agotamiento de recursos y cambio climático que hoy nos rodean y que, al mismo tiempo, posibilitan un crecimiento económico sostenible a través nuevas actividades y cadenas de valor basadas en bioproductos.

Hay varias maneras de expresar el carácter multidimensional e interdisciplinario de la bioeconomía. Se puede manifestar, por ejemplo, que en la bioeconomía hay una confluencia de aportes e intereses de los sectores primario, secundario y terciario de la economía y que por lo tanto la cosecha de biomasa, la transformación industrial de la misma y el conocimiento I+D y tecnológico representan esa interacción.

Otro argumento de interdisciplinariedad es presentar la bioeconomía como tendencia clave para lograr equilibrio ambiental mediante el aprovechamiento sostenible de la biomasa y lograr equilibrio social mediante la seguridad alimentaria, para lo cual en ambos componentes se necesitan esfuerzos en investigación, conocimiento y comunicación tecnológica aplicables al mejoramiento de la consecución de biomasa, gestión de energía y de sus procesos de transformación. [22].

En este sentido entidades como la OCDE reconocen que la bioeconomía será esencial para afrontar y resolver los venideros desafíos de tipo alimentario, climático, energético, hídrico y de salud con fundamento en un “crecimiento económico más sostenible y equitativo hacia 2030”.

La biotecnología tiene vínculo cercano con la industria dado que tradicionalmente ésta tiene la función de convertir los resultados de investigación en formas productivas que aporten a la generación de empleo y al crecimiento económico. Muchas industrias, especialmente en países desarrollados invierten en investigación biotecnológica y con los resultados de ésta crean valor en los bioproductos y tienen mejores herramientas para comercializar productos y hasta para negociar las mismas tecnologías e investigaciones. [23]

La bioeconomía es calificada como la tendencia emergente caracterizada por el auge de nuevas tecnologías contextualizando lo que sería la “Cuarta Revolución Industrial”, cuyos argumentos científicos y tecnológicos facilitarían la comprensión de la naturaleza y de sus recursos contenidos con lo que a éstos se le aprovecharían más sus potenciales. El reto es que tal uso no sólo sea mayor sino mejor, acorde con los ya mencionados propósitos de sostenibilidad planetaria.

La bioeconomía hace referencia a los modos sostenibles en que fluyen -o pueden fluir- los recursos biológicos renovables en una determinada comunidad o territorio. Da alcance al modelo de producción y desarrollo de esa comunidad y ese territorio, así como a las estrategias y acciones aplicadas para cosechar los recursos, garantizar subsistencia, abastecer energía y evitar el uso de combustibles fósiles no renovables.

En ese mismo sentido, el Panel Europeo de Bioeconomía precisa que son tan esenciales los valores intrínsecos de los territorios como las políticas facilitadoras de los procesos y el fortalecimiento entre países a partir de las realidades de la riqueza natural, saberes, invención y capital humano. Significa esto que el adecuado desarrollo bioeconómico vincula buenas prácticas con innovación, bajo el apoyo de los líderes, instituciones y organizaciones relacionadas con la comunidad y territorio de interés.

Entre todos los actores del desarrollo de una comunidad (o nación) se pueden colocar las piedras angulares para nuevas políticas, legislaciones, estrategias y programas, con lo cual es posible mantener la naturaleza multidimensional de la bioeconomía y enriquecer las expectativas de los proyectos. Los debates, visiones y experiencias generalmente convergen en lo esencial, por ejemplo, en que la bioeconomía es un cambio de perspectiva económica y una estrategia de innovación creciente de varias plataformas de trabajo. [24]

Nótese que las actuaciones de las comunidades, industrias y líderes dependen de los bio-recursos que ofrezca su territorio y de las facilidades de bio-proceso. Bio-recursos y bio-procesos a su vez pueden ser más eficientes y productivos si hay conocimiento y tecnologías que así lo permitan. Por ejemplo, “gracias a los avances en biogenética, los investigadores pueden mapear, secuenciar y replicar la dotación biológica de la tierra” así como lo hace “el proyecto Earth BioGenome (EBP) que tiene como objetivo secuenciar todas las plantas, animales y organismos unicelulares de la tierra en menos de 10 años, para ayudar a desbloquear el vasto potencial de la biodiversidad. El EBP se compara con el Proyecto del Genoma Humano tanto en su ambición como por la gran cantidad de beneficios que espera aportar a la investigación biológica y a las agendas de biodiversidad, conservación y bioindustria”. [25]

La investigación y el desarrollo científico comprende muchas disciplinas que van desde el mejoramiento de suelos y protección de ecosistemas hasta las aplicaciones de robótica e inteligencia artificial. Se da alcance a facilidades industriales que van desde bio-refinerías y plantas de generación eléctrica hasta aplicaciones nanotecnológicas. Por ejemplo, en países como Colombia, es esencial conocer las propiedades de cada recurso biológico y su interacción con los suelos, clima y otros organismos vivos, lo cual puede llevar a innovaciones para producción de biomasa, gestión de nuevos usos, desarrollo de tecnologías para la transformación y nuevos bio-productos, con el beneficio social que esto implica.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (ODCE) en su informe “La evolución de la bioeconomía hasta el 2030: diseño de una agenda de política” planteó la necesidad de investigación e inversión en los diferentes países y consideró que la práctica bioeconómica se basa en la aplicación de la biotecnología en la captación de biomasa, en la industria alimentaria, en la industria farmacéutica y en biocombustibles constituyendo una “bioeconomía emergente” que progresaría con biotecnología avanzada en todos los eslabones de este tipo de proyectos y en todos los sectores económicos. [26]

Si bien la investigación tiene gran atención en desarrollo de biotecnologías, hay aspectos de la bioeconomía como cosecha y transformación de biomasa a gran escala, uso de biomasa para combustibles, modificación de valores nutritivos de ciertos alimentos y ampliación del uso de energías alternativas que están redefiniendo centros de producción y consumo, pero sobre todo están alertando sobre cambios radicales de la sociedad en aspectos tales como modelos de consumo, atención diferente a los impactos de la actividad humana en el medio ambiente, nuevas formas de empleabilidad y emprendimiento, construcción de nuevas cadenas de valor y otros de índole muy poco técnica, por lo que la bioeconomía se posiciona como un tema innovador para la investigación en los ámbitos económico, político y de las ciencias sociales [11].

5 Adaptabilidad Política

Una perspectiva importante de la bioeconomía deriva de los líderes decisores, quienes generalmente también se encargan de articular las políticas y planes con aspectos de financiación, inversión, comercialización y otras materias del desarrollo. Se trata de la percepción "gubernamental" de la bioeconomía, desde donde se direccionan importantes ejecuciones y se gestan los impactos trascendentales y mucho de las dinámicas internas, tanto para promover las prácticas de este modo económico como para desincentivar consumos y hábitos insustentables.

La Unión Europea, comunidad política y de naciones, es muy activa en la promoción e implementación de la sustentabilidad socio-ambiental en Europa y en el mundo, define la bioeconomía como "todo lo que abarca la producción de recursos biológicos renovables y su conversión en alimentos, piensos, productos biológicos y bioenergía. Incluye la agricultura, la silvicultura, la pesca, la producción de alimentos y celulosa y papel, así como partes de industrias químicas, biotecnológicas y energéticas". Definición establecida para promover la implementación de acciones de tipo político (agendas internas), investigativa y económicas [27].

Finlandia, uno de los países líderes en la implementación de bioeconomía, establece que ésta "se refiere a una economía que depende de los recursos naturales renovables para producir alimentos, energía, productos y servicios" y es una estrategia que se elabora con participación ciudadana que "busca reducir la dependencia de los recursos fósiles naturales, prevenir la pérdida de biodiversidad y crear un nuevo crecimiento económico y empleos de acuerdo con los principios del desarrollo sostenible en los sectores productivos de bebidas, madera, papel, cuero, textiles, industrias químicas, farmacéuticas e industria energética" [28]. Finlandia se ha presentado como un ejemplo pionero ante el mundo por incluir a los ciudadanos en la gobernanza de la bioeconomía. [24]

El Concejo de Bioeconomía del gobierno alemán, referente mundial por la prioridad que asigna a este tema, define la bioeconomía como la producción y el uso de los recursos biológicos basándose en el conocimiento, para proporcionar productos, procesos y servicios en todos los sectores económicos en el marco de un sistema económico sostenible (*Federal Ministry of Education and Research (BMBF) 2011*). La visión de una bioeconomía sostenible es bio-empoderar a la economía a partir de: optimizar el uso de biomasa, energías limpias y residuos, introducir conocimientos e investigaciones de los recursos biológicos, actualizar o innovar procesos industriales acorde con los bio-insumos y bio-productos, y cambiar el comportamiento de los consumidores hacia el uso de bio-productos. La producción o "cosecha" de biomasa así como los procesos de transformación que les aplique se convierten en centro de nuevos proyectos comunitarios, objetos de investigación científica o tecnológica, fuentes de empleo y en oportunidades de creación de valor, todo lo cual es bien recibido por los países en desarrollo [29].

Desde el Concejo alemán se impulsó La Cumbre Mundial de Bioeconomía como la primera plataforma de amplia participación en la construcción de políticas de bioeconomía a nivel mundial. Con base en los objetivos de desarrollo posteriores a 2015 se inicia el diseño de la agenda multilateral para una bioeconomía sostenible y, como resultado de la Cumbre, se publicó un Comunicado sobre la funcionalidad y articulación de los componentes bioeconómicos. En su primer comunicado oficial afirmaron que la bioeconomía se define de diferentes maneras alrededor del mundo, pero que se comprende a la "bioeconomía como la producción y utilización de recursos biológicos basada en el conocimiento, los procesos y principios biológicos innovadores para proporcionar bienes y servicios de manera sostenible en todos los sectores económicos" [30].

En la segunda cumbre mundial se sintetizó que “la bioeconomía es la producción, utilización y conservación de recursos biológicos, incluido el conocimiento relacionado, la ciencia, la tecnología y la innovación, para suministrar información, productos, procesos y servicios en todos los sectores económicos, en busca de una economía sostenible” [16]. Fue una manera de dar el enfoque integral y multidimensional del concepto bioeconómico.

Esta idea de bioeconomía tiene factores macro a ser considerados en las diferentes acciones: la población mundial y su distribución, el ingreso y la inequidad, la agricultura y la seguridad alimentaria, el consumo de energía y sus implicaciones de cambio climático, la educación y los avances tecnológicos y el arraigo de los modelos económicos con los costos de las necesidades básicas para los diferentes grupos sociales. Se percibe así, nuevamente, la relación directa y estrecha entre bioeconomía y desarrollo sostenible, y cómo aquella es esencial para lograr muchos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas. Los proyectos bioeconómicos no sólo llevan innovación para abordar metas de los ODS, sino que buscan abordar la seguridad alimentaria y energética, la protección del clima, la transformación industrial innovadora y la transición al consumo sostenible [31].

Se deduce de lo anterior que la bioeconomía permite una sinergia de medios y actores, tan simple o compleja como los agentes quieran abordarla. En materia de preservación y calidad ambiental es la motivación y objetivo primario, pues conlleva a la protección de factores vitales tales como la biodiversidad, el agua dulce, el aire, la fertilidad del suelo y el clima favorable; también de los recursos renovables como el agua, madera, alimentos; y por otra parte las capacidades tecnológicas para desarrollar alternativas al agotamiento de recursos no renovables tales como minerales, roca fosfórica y petróleo, o para manejar grandes desafíos como el cambio climático [32].

En el informe de actualización de las estrategias nacionales de bioeconomía en todo el mundo (2018) del Consejo Alemán de Bioeconomía se evidencia un comportamiento ascendente de la implementación de políticas de bioeconomía desde 2015. De hecho, cada vez más países están decidiendo desarrollar estrategias holísticas de bioeconomía nacional en lugar de estrategias relacionadas con áreas de políticas específicas. Desde 2015, los gobiernos de Francia, Italia, Letonia, Noruega, España, Tailandia y en marzo de 2018 también en Irlanda han emitido estrategias dedicadas a la bioeconomía. Teniendo en cuenta esto, cuarenta y nueve países en todo el mundo ahora han creado estrategias de política relacionadas con el desarrollo de la bioeconomía, quince de los cuales, entre ellos la Unión Europea y los países nórdicos occidentales, han desarrollado estrategias de política de bioeconomía bien enfocadas, con una tendencia creciente en su aplicación. Países como Austria, Brasil, Colombia, Ecuador, Estonia, Islandia, Japón y el Reino Unido están en el proceso de preparar estrategias de bioeconomía dedicadas y otros, como Namibia, han indicado que están preparando estrategias relacionadas, Es decir, con el enfoque en el desarrollo de la biotecnología. Irán, Kenia y Namibia también han encargado a los Comités de Ciencia, Tecnología e Innovación que trabajan en la política de bioeconomía. La bioeconomía está recibiendo cada vez más atención a nivel regional [18].

Así entonces, la expectativa en torno a la bioeconomía está principalmente enfocada al logro de una economía sostenible que resuelva desafíos mundiales en seguridad alimentaria, cambio climático y escasez de recursos. Es dar una respuesta a la demanda global de alimentos, necesidades de materias primas y uso de energías renovables con base en nuevos manejos del sector primario de la economía; pero también de las demandas y tecnologías de la industria y los consumidores. La expectativa es que la productividad mejore a la par de extracción sostenible convirtiendo la generación energética, la agricultura y el bienestar en rutas de uso eficiente de los recursos y acciones sin peligro para la capacidad de carga, biodiversidad y equilibrio de la Tierra.

“El mundo está muy lejos de cumplir los objetivos del Acuerdo de París. Las reducciones de emisiones de carbón en el punto máximo de las medidas de confinamiento por el coronavirus alcanzaron hasta un 17%, pero ya se acercan de nuevo a los niveles previos a la pandemia y a largo plazo no tendrán mucho impacto en las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, que permanecen en niveles récord. La temperatura sigue aumentando y el agua y los ecosistemas están cada vez más amenazados”. [33]

6 Desafío Económico

La economía entendida como el uso y transformación de los recursos naturales es inherente a la existencia humana; primariamente con propósitos de subsistencia y, alternativamente, con fines de intercambio (comercial) y de acumulación (de riqueza).

La prehistoria e historia humana muestran que buena parte del crecimiento y posicionamiento de las sociedades surge de particularidades o atributos esenciales de su economía entre las que se destacan: la eficiencia en la extracción y transformación de materias primas; la innovación en procesos productivos; las fortalezas en comercialización y, las que ahora cada día adquieren mayor peso, la eficiencia en generación y consumo de energía. Este último valor se refiere tanto a menor consumo energético por unidad producida como a la menor o nula emisión de cargas contaminantes hacia la atmósfera y biósfera.

También son determinantes de la jerarquía económica de cada sociedad la fuerza de sus líderes y el peso de la tradición económica de esa sociedad o de su territorio. La visión y forma como los líderes entienden y ejecutan los atributos esenciales de su economía son claves para el crecimiento local y para el avance en materia de uso de recursos y energía. De otra parte, a veces es necesario cambiar hábitos y eliminar lastres que encadenen las decisiones y proyectos a algún tipo de sistema económico precedente, dominante o globalizado.

Hoy el principal desafío para las sociedades es reducir y eliminar la dependencia de los recursos fósiles y, simultáneamente, buscar la producción sostenible de alimentos, materias primas, productos químicos y demás recursos necesarios para las actividades normales. Los desafíos energéticos están asociados al no uso de recursos fósiles, al uso eficiente de biomasa y minerales y a la incorporación de energías alternativas en los diferentes procesos económicos, con lo que se podrían lograr resultados importantes en mitigación de cambio climático y sostenibilidad.

También se convierte en desafío social y científico el aplicar estrategias de restauración de los entornos afectados por la degradación ambiental. Ahora, año 21 del siglo XXI, se tienen legados perjudiciales en importantes sistemas hídricos, geotécnicos, paisajísticos, atmosféricos y climáticos que difícilmente pueden corregirse en el corto o mediano plazo dado que se han pasado los umbrales de resiliencia. Conexa a los objetivos ambientales de innovación en bioprocesos y energía, está la tarea de reparar los daños causados, acumulados y permanentes, forjando con avances científicos y tecnológicos la supresión de su carácter irremediable.

6.1 *Tendencia*

Cada sistema económico se denomina y caracteriza según la participación gubernamental, la libertad de los fabricantes para decidir qué, cuándo y cuánto producir y la capacidad de las personas para decidir qué, cuándo y cuánto consumir [34]. No obstante, aunque la humanidad desarrolló diferentes sistemas económicos desde la historia antigua hasta la actualidad, el objetivo medular y común ha sido aumentar la producción y aumentar la riqueza [12].

Ha sido responsabilidad de los gobiernos garantizar el flujo de recursos para que la producción y el consumo se traduzcan en bienestar social y riqueza. Conseguir tal flujo de recursos y los básicos de agua, alimentos y combustibles, por ejemplo, necesitan de otro esencial: energía. La energía es clave tanto en la generación y abastecimiento de recursos como en producción y consumo de otros; por lo que, de hecho, en los tiempos modernos las sociedades con mayores consumos energéticos se han convertido en las de mayor calidad de vida y mayor acumulación de riqueza.

La conjunción de los determinantes políticos, relaciones económicas, flujo de recursos, participación social y gestión energética, potencia o ralentiza a las sociedades. Por esto, en los diferentes países se han instaurado políticas y planes para la producción sostenible de alimentos, energía, productos químicos y materiales, lo cual aún clasifica como un gran desafío y con mucho por hacer para la mayoría de las sociedades. Persiste la dependencia de los combustibles fósiles que, si bien han construido el panorama social y geopolítico del último siglo arrojando calidad de vida para algunas regiones y grandes beneficios para unos sectores económicos, también han generado un legado ambiental alarmante.

Grandes cambios han sucedido en el planeta desde la revolución industrial y ahora se plantea una crisis ambiental y económica dadas las mayores certezas de la carbonización atmosférica y del cambio climático, con el pregón de algunos ecologistas sobre una evidente extinción de la vida tal como la conocemos [35]. Con la ayuda de los científicos, un argumento aceptado ampliamente deduce que no es viable el modelo económico actual basado en recursos fósiles, resultando imperativo implementar un modelo económico alternativo que sea inocuo para el medio ambiente y más equitativo entre los actores sociales [12].

La explotación y uso de los combustibles fósiles es piedra angular de los modelos económicos actuales. El uso de hidrocarburos y carbones se extiende a todos los ámbitos del desarrollo, por lo que gran parte de las actividades humanas son generadoras de impactos negativos en la atmósfera, biósfera, hidrósfera y en aspectos esenciales de la salud humana y de la calidad ambiental del planeta. A razón de esto, la humanidad afronta urgentes desafíos ambientales, sociales y económicos en aras de ofrecer un mundo aceptable para las futuras generaciones. Entre tales desafíos prioritarios están la obligación de contrarrestar la tendencia negativa del cambio climático, la vulnerabilidad socio-ambiental o alimentaria de algunas regiones, el agotamiento del agua y del suelo, la reducción de la biodiversidad y las desigualdades sociales. En ese sentido, continuar con el mismo modelo de desarrollo dependiente de los recursos fósiles no es una opción sostenible; sin embargo, persiste [36].

La cuestión energética se sitúa en los primeros puestos de los problemas que la sociedad ha de afrontar y resolver en los próximos decenios, y se intensifica día a día el debate sobre la insostenibilidad del modelo socio-económico basado en la utilización masiva de combustibles fósiles. La esperanza persiste al revisar ciertas proporciones comparativas, por ejemplo, que los combustibles fósiles suponen el 80% de la energía primaria demandada en el mundo, porcentaje escasamente inferior al mostrado en 1973 cuando representaban el 86% y cuando tras las crisis de los años setenta el petróleo proporcionaba el 45% del total de energía primaria de la matriz mundial de demanda energética en tanto que en la actualidad proporciona el 34%; aunque el gas natural ha aumentado su participación del 16% al 21%. Además de los efectos en el calentamiento global otras incertidumbres recaen en estos recursos como son la real capacidad de para satisfacer la demanda futura, el manejo oligopólico de los recursos, la escalada de precios y la seguridad en el abastecimiento, todo lo cual aunado a la nueva reflexión cultural y ambiental diagraman la forma con la que la economía mundial inició para el siglo XXI [37].

6.2 *Nuevo Paradigma*

El amplio concepto de bioeconomía recoge aspectos básicos de la sostenibilidad ambiental que incluyen hacer uso energético de recursos renovables y no fósiles e investigar el mejoramiento y optimización de su producción y uso. Se trata de que la producción de recursos renovables y su conversión ecológica en energía o combustible, en alimentos, piensos, insumo industrial, fibras, productos químicos u otros materiales, se fundamenten en estrategias y procedimientos de sostenibilidad, incluso hasta las etapas de consumo del producto y de disposición de residuos.

La sostenibilidad forma parte de políticas, leyes, planes y discursos de gobierno en todo el mundo, en tanto que los aspectos bioeconómicos apenas se están incorporando quizás por la necesidad de los líderes de comprender el concepto en torno a sus habitantes y a su territorio. De hecho, la operabilidad bioeconómica suele depender de algunas realidades comerciales, industriales, productivas y sociales, incluido el estilo de vida.

La relación sociedad – individuo tiene incidencia de doble vía. Si bien la concienciación e intención de cada individuo son soporte de acciones sostenibles, se necesita una armonía en el entorno social, cultural y administrativo para que los diferentes aspectos de la gestión sostenible se materialicen y consoliden, y viceversa. Por ejemplo, hacer mayor uso de biomasa y biocombustibles y menor uso de combustibles fósiles, definitivamente no es potestad de un ciudadano sino resultado de un plan económico y político debidamente soportado por el conocimiento e investigación de los recursos naturales intervenidos.

El futuro acceso confiable y seguro a los alimentos, energía, agua y materias primas, necesita replantear los sistemas y hábitos de producción y de consumo a formas ecológica y socialmente sostenibles. Este es un planteamiento de la bioeconomía que quiere aprovechar los avances en concienciación y en conocimiento de

energías limpias para establecer una estrategia integral en los ámbitos locales, regionales, nacionales e internacionales. La bioeconomía convoca a maneras diferentes de aprovechar los recursos y acoger opciones de generación y uso energético amigables con el medio ambiente y con las comunidades. Dentro del modelo sustentable, la bioeconomía promueve aplicar los conocimientos populares y los aportes científicos de manera optimizada para usar la biomasa, desechos agroindustriales y residuos como fuente energética. No se pueden escatimar esfuerzos en el reconocimiento, investigación y empleo de cadenas de suministro, procedimientos y tecnologías de pretratamiento, conversión, separación y purificación de los insumos energéticos [27].

La bioeconomía implanta la necesidad de reintroducir la biomasa, los residuos y energías alternativas como elementos esenciales de un modelo económico que permita un desarrollo sostenible dentro de un entorno adecuado para la cosecha, uso, transformación y comercialización de bioproductos y para la optimización energética. Esto puede implicar un choque y conflictos entre los modelos tradicionales y los nuevos procesos con divergencias entre los medios y los objetivos de cada paradigma. Los hábitos y el aparente bienestar del esquema tradicional hacen contrapeso al esquema bioeconómico que llega con innovación, producción y consumo ecológicamente sostenibles junto con bienestar prometedor a largo plazo y un amplio panorama de oportunidades tecnológicas y crecimiento económico [12].

La bioeconomía fomenta y se complementa con otros puntales de la sostenibilidad tales como la economía circular, la economía verde, la innovación tecnológica, las energías limpias, la investigación biológica y de ecosistemas, la capacitación de comunidades, las acciones y expectativas de descarbonización, la equidad e inclusión social, y en general el desarrollo de conciencia y nuevas competencias globales, comunitarias e individuales. La bioeconomía se erige como un conjunto de nuevas dinámicas económicas cuyo beneficio es el mejoramiento de la calidad ambiental y de la calidad de vida con inclusión social [36].

Como un concepto multidimensional, la bioeconomía tiene la delicada tarea de reemplazar el modelo económico en declive basado en los fósiles y gestionar su complicado y globalizado legado mientras afronta sus propios desafíos, empezando por aquellos de la delicada fase de transición hacia una implementación de mediana y gran escala de una economía basada en energía limpia, biomasa y residuos.

7 Ruta bioeconómica en Colombia

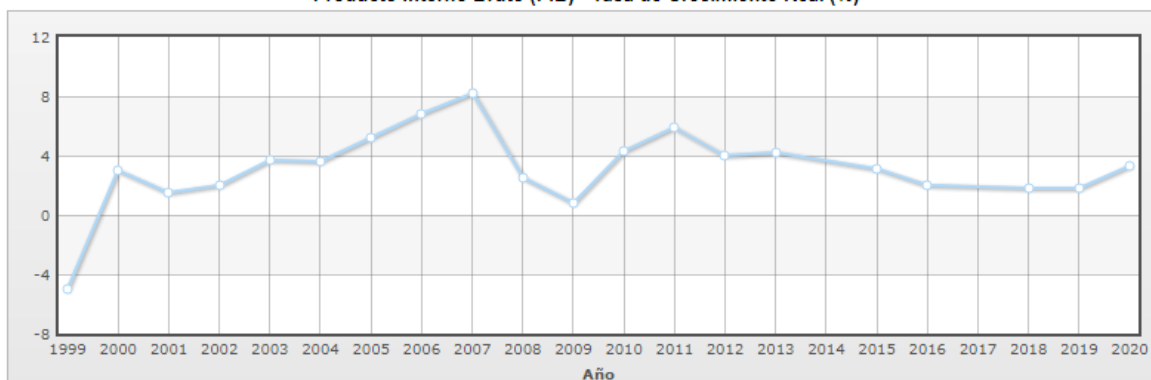
Colombia sigue siendo considerada el segundo país más biodiverso y uno de los más ricos en disponibilidad de agua en América Latina, más de la mitad de su territorio está cubierto por bosques y la intensidad de emisiones de CO₂ de la economía es baja comparada con la mayoría de los países. La generación de energía con hidroeléctricas participa en el carácter de bajo emisor; sin embargo, otros factores de la economía como la actividad agropecuaria arrojan tasas de alta intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero. La calidad del aire refleja el país verde que aún existe gracias a los bosques de los diferentes pisos térmicos y selvas tropicales; aunque en los núcleos urbanos e industriales se ha intensificado la emisión de contaminantes. El país ha registrado importantes avances en el mejoramiento del acceso a los servicios de agua; pero también tiene pasivos por la utilización de mercurio y otros productos químicos peligrosos que están afectando a la salud humana, a ecosistemas y a la economía en varias regiones [38].

En Colombia el crecimiento económico de los últimos años fue impulsado por el auge de los productos básicos y respaldado por una mejora de las condiciones de seguridad. Esto no implicó un crecimiento socialmente inclusivo y ambientalmente sostenible. Los índices de desigualdad de ingresos y de concentración de la propiedad de la tierra se encuentran entre los más elevados del mundo, y son los pobres quienes carecen de acceso a servicios ambientales y más sufren los efectos de la contaminación [39]. En los últimos años, la mala calidad del aire y del agua ha originado gastos de salud en torno al 2% del PIB. Este costo se incrementaría si se considerasen los efectos perjudiciales para la salud que tiene el uso en la minería de mercurio y otros productos químicos peligrosos. Se necesita una inversión mucho mayor que la actual para prevenir y controlar la contaminación y proporcionar la infraestructura ambiental necesaria para que los ciudadanos gocen de buena calidad de vida.

7.1 Circunstancias del inicio bioeconómico

Colombia inicia su tránsito en el siglo XXI con un auge sostenido entre 2003 y 2008, durante el cual se expandió la economía, se renovó algún equipamiento industrial, se avanzó en el desarrollo de la tecnología de la información y el consumo se favoreció con algunos precios asequibles en electrodomésticos y autos, además de mayor fortalecimiento del sector financiero [40]. Antes, durante y después de los periodos de auge Colombia se puede categorizar en país minero exportador de recursos como el petróleo, carbón, gas, zinc y oro, y es posible que este afectada por la denominada “maldición de los recursos”.

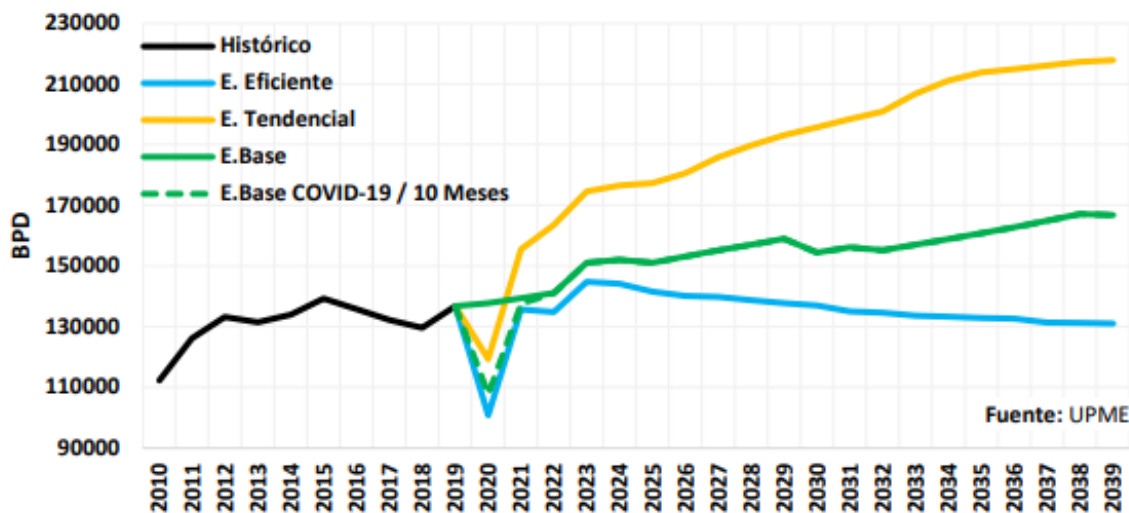
Tabla 2 PIB Colombia siglo XXI
Producto Interno Bruto (PIB) - Tasa de Crecimiento Real (%)



Fuente: 1 Indexmundi

Luego de la relativa prosperidad, la economía colombiana cae en un período de desaceleración (ver Tabla 3) y continúa sin solucionar graves problemas como la elevada tasa de desempleo, los niveles altos de informalidad y la baja productividad [41]. Esta desaceleración se ha vinculado al desplome de los precios de commodities en general y del petróleo en particular, cuyo precio promedio pasó de US\$99.02 por barril en 2014 a US\$ 52.35 en 2015; sin embargo, hay muchas variables del desarrollo que se deben incorporar a los análisis de auge y caída económica.

Tabla 3 Demanda de Combustible ACPM con proyección
Escenarios de Demanda ACPM Largo Plazo y Ajuste Escenario Base



Fuente: UPME

La presión por la extracción, consumo de recursos naturales y generación-consumo de energía se refleja en impactos negativos sobre en el agua, suelo, atmósfera y biodiversidad. Es evidente el agotamiento de los

recursos naturales, la degradación de los ecosistemas y mayor necesidad – uso de combustibles fósiles, que finalmente se traduce en huellas relativamente grandes de carbonización con mayores emisiones de gases efecto invernadero y menor capacidad de captura de carbono. Este escenario debilita las bases del crecimiento económico deseado para el siglo XXI y del entorno apropiado para una mejor calidad de vida. [40]

La sociedad colombiana y el mundo en general vienen reclamando una atención mayor al establecimiento de una relación armónica entre el desarrollo y el medio ambiente. La bioeconomía aporta elementos para la provisión sostenible de agua limpia y alimentos sanos, para el control o eliminación de contaminantes, para mitigar efectos atmosféricos y climáticos, para contrarrestar enfermedades y para aprovechar sosteniblemente recursos de los ecosistemas en necesidades de madera, minerales, farmacéuticos, bioquímicos, biomasa y energía. Su naturaleza promoverá la cooperación de las personas para que saberes, descubrimientos científicos y avances tecnológicos se implementen en la práctica industrial. Esta megatendencia global se está desarrollando a lo largo de varias dimensiones según las condiciones naturales y sociales, el desarrollo económico y los objetivos políticos, con lo que hasta el momento se ha mostrado que sí es posible impulsar un desarrollo sostenible. [42]

7.2 Crecimiento verde y economía naranja

Desde el año 2014 los temas ambientales tuvieron un ascenso en la agenda pública nacional bajo una política de paz, equidad, educación y “crecimiento verde” como estrategia “envolvente” dentro del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2014-2018 “Todos por un Nuevo País” que pretendía abordar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), para lo cual fijó compromisos sectoriales, fortaleció el sistema de áreas protegidas, organizó con enfoque ODS el Ministerio de Ambiente e incorporó componentes socio-ambientales en las gestiones de educación y paz que desarrolló el gobierno [43].

El Crecimiento Verde se entiende como un crecimiento económico sostenible y socialmente inclusivo, por lo que se adoptó como un enfoque transversal y envolvente del desarrollo económico, de la competitividad y de la reducción de vulnerabilidades ante los impactos de cambio climático. Se formuló una política de crecimiento de largo plazo con enfoque a consolidar las transformaciones que Colombia requiere en materia de desarrollo sostenible, y que plantee las metas necesarias de manera articulada con agendas globales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el Acuerdo de París. [44]

De acuerdo con este marco, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y la “Misión de Crecimiento Verde” se encargaron de preparar y discutir las estrategias indispensables para que Colombia fuera referente en América Latina en el diseño e implementación de políticas públicas para aumentar la productividad y competitividad, conservando el capital natural. Sus resultados se presentaron bajo tres ejes estratégicos, dos ejes transversales y diez objetivos distribuidos entre ellos. Esto como producto, de acuerdo con el informe final, de los estudios de diagnóstico y prospectiva, y de la consulta con actores públicos, privados, académicos y no gubernamentales que participaron durante las fases de la misión. La “Misión de Crecimiento Verde” que colocó las estrategias para que el desarrollo nacional propendiera por la protección y recuperación de la biodiversidad, por una economía baja en carbono y por el aumento de la competitividad y la eficiencia de los procesos productivos, buscando generar menores impactos sobre el ambiente y la salud [45].

Tabla 4 Hoja de ruta misión verde

Eje trasversal 1	Ejes estructurales	Objetivo	Objetivos (específicos)	Eje trasversal 2
Ciencia, tecnología e innovación	Impulso a nuevas fuentes de crecimiento sostenible	Dinamizar la economía con nuevas fuentes de crecimiento económico compatibles con la preservación del capital natural y proveedoras de bienestar, para mejorar la calidad de vida de la población.	<ul style="list-style-type: none"> Objetivo 1 Desarrollar la bioeconomía Objetivo 2 Aprovechar sosteniblemente los recursos forestales Objetivo 3 Promover las energías renovables 	Armonización de instrumentos y políticas económicas

Eje transversal 1	Ejes estructurales	Objetivo	Objetivos (específicos)	Eje transversal 2
	Uso eficiente de recursos y productividad	Generar crecimiento económico haciendo un uso más eficiente de los recursos para aumentar la productividad y competitividad económica y conservar la riqueza natural.	<ul style="list-style-type: none"> Objetivo 4 Utilizar eficientemente el agua Objetivo 5 Mejorar el uso del suelo Objetivo 6 Propiciar la economía circular Objetivo 7 Aumentar la eficiencia energética Objetivo 8 Impulsar la movilidad sostenible 	
	Construcción de capital empresarial y humano	Forjar una base de empresas y de capital humano que opere en el marco de la productividad, formalidad, competitividad y sostenibilidad para facilitar la transición hacia el Crecimiento Verde.	<ul style="list-style-type: none"> Objetivo 9 Construir tejido empresarial formal y sostenible Objetivo 10 Adaptar el capital humano y el mercado laboral 	

Fuente: Elaboración propia a partir del informe final DNP

Dicha Misión analizó los retos futuros e insistió tanto en mantener y acelerar el crecimiento económico para lograr mayor satisfacción de necesidades y superar la pobreza, como en minimizar los daños ambientales conexos al desarrollo económico incluyendo la concentración de beneficios en unos pocos. Forma parte de las estrategias el promover la productividad con enfoque de superar la pobreza y la desigualdad social mediante la generación de empleos en actividades económicas novedosas, como el aprovechamiento forestal y de la biodiversidad y la gestión de residuos de biomasa en la agricultura, llevando oportunidades de generación de ingresos a zonas rurales y distantes y promoviendo condiciones de formalidad en la producción y nuevas cadenas de valor. Para 2030 se puso visión en los recursos biológicos y en el papel de la investigación de este tipo de materias primas con la incidencia que tendría en sectores como la agricultura, el forestal, el marino y bioenergía. Su componente socialmente inclusivo debería ser perfeccionado e implementado para el año 2018 con estrategia bioeconómica proyectada a 2030; pero el cambio de gobierno también vino con modificaciones de política socio-ambiental [41].

El actual presidente Iván Duque promovió desde su propuesta de gobierno el esquema de “Economía Naranja” que él venía impulsando en el Senado de la República con la Ley 1834 de 2017. Esta economía se define como el conjunto de actividades que de manera encadenada permiten que las ideas se transformen en bienes y servicios culturales, cuyo valor está determinado por su contenido de propiedad intelectual. Este universo está compuesto por áreas relacionadas con la economía cultural y las industrias creativas, en cuya intersección se encuentran las industrias culturales convencionales y las áreas de soporte para la creatividad [46]. Se considera un fenómeno apalancado en las nuevas tecnologías que están abriendo oportunidades para el desarrollo de contenidos creativos y nuevos mercados para vender la producción cultural de la región en el resto del mundo. Expresó el presidente en su discurso de posesión que “además de las manufacturas produzcamos ‘mentefacturas’ y reducir la dependencia en las materias primas, agregando valor y posicionando nuestras marcas, diseños y sellos de calidad”.

Con visión al desarrollo sostenible deseado para el país, la Economía Naranja y el Crecimiento Verde no son políticas excluyentes, sino por el contrario se pueden considerar complementarias y armonizables con las necesidades de potenciar el uso de bio-recursos, energías alternativas y bio-productos. Un aspecto central de la Economía Naranja está en la innovación e investigación de las actividades económicas, lo cual es también esencial en los proyectos bioeconómicos toda vez que -por ejemplo- sólo mediante el conocimiento detallado de la biomasa podemos establecer las aplicaciones y potenciales que tienen esos recursos para efectos alimentarios, industriales o energéticos.

8 Potencial Bioeconómico Local

Colombia posee el 10% de la biodiversidad mundial en tan solo el 0,7% de la superficie terrestre; dato que justifica el calificativo de país “megadiverso” y que da un trazo de la cantidad y variedad de biomasa que hay aquí. Por ejemplo, se registran más de 3290 especies de fauna terrestre (mamíferos, aves, reptiles y anfibios), 2900 especies de peces (Havrylchik & Poncet, 1999) y 40.000 especies de plantas vasculares, de las cuales se ha descrito el 80%. De acuerdo con el Sistema de Información de la Biodiversidad Colombiana (SIB), más del 50% de especies se encuentran protegida, lo que comprende alrededor de 55.000 especies de flora y fauna [47].

Colombia es el único país suramericano que tiene costas en los dos océanos; posee una longitud de costa de 1932 km en el Caribe y en el Pacífico 1544 km. configurando mar adentro (y hasta a 3000 m de profundidad) un área equivalente al 45% del área terrestre; lo cual ayuda a entender porque también Colombia tiene una biodiversidad marina muy alta. [48]

En el territorio colombiano se ubica parte de las dos biorregiones más biodiversas del mundo, por un lado, la Amazonía compartida con Perú, Brasil, Venezuela, Ecuador, Guyana, Surinam y Guayana Francesa; y la biorregión del pacífico (Chocó biogeográfico) la cual es 99% de Colombia y el resto es compartida entre Panamá y Ecuador.

Se desprende de los datos generales la extraordinaria riqueza de recursos naturales a lo que deben sumarse los recursos hídricos, sistemas climáticos, minerales, paisajes y suelos; todo lo cual ha ganado el reconocimiento no solo como expresión de las diferentes formas de vida presentes en el planeta, sino también como la base del bienestar y la calidad de vida de los seres humanos [47]. Lo abundante y variado de los recursos biológicos llama a Colombia a desarrollar activa y progresivamente una economía basada en el uso racional de la biomasa.

Para 2020 la deforestación y la desaparición de cobertura vegetal por cambio en el uso del suelo aportan el 55% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) mientras que las empresas industriales incluido el sector energético aportan el 34 % de GEI.

La bioeconomía en Colombia se define como una “economía que gestiona de manera eficiente y sostenible la biodiversidad y la biomasa para generar nuevos productos, procesos y servicios de valor agregado basados en el conocimiento y la innovación” [3].

Con respecto a las fortalezas y oportunidades bioeconómicas en el contexto nacional es pertinente observar dos corrientes de ejecución: una de carácter práctico que deviene de las regiones a partir de iniciativas y emprendimientos basados en uso de recursos específicos con lo que van expandiendo experiencia y motivación en otros individuos y comunidades; y otra de carácter político que surge de los lineamientos, estrategias, normas e inversión que realizan las instituciones estatales para fomentar proyectos relacionados con biomasa, bio-procesos y energías alternativas. Las dos corrientes llevan implícito la dependencia a la biomasa existente y la innovación tanto en la “cosecha” de nueva biomasa como en la producción, uso y comercialización de bio-productos.

La Misión de Crecimiento Verde precedente a la Mesa Nacional de Bioeconomía contrató un estudio de Bioeconomía que buscó resolver ¿cuáles son los factores que dificultan el desarrollo de la bioeconomía a nivel nacional? y ¿cuáles son las prioridades para posicionar la bioeconomía al 2030 como un sector que impulsa el crecimiento económico, la competitividad y genera diversificación de la oferta exportable de Colombia? En desarrollo de este estudio se realizaron, entre otras, las siguientes tareas: analizar el mercado internacional y nacional de productos derivados de la biodiversidad colombiana; identificar los sectores con mayor potencial a nivel nacional para el impulso de la bioeconomía; y estimar el impacto potencial de la bioeconomía en el crecimiento de la economía colombiana.

En este marco contextual la bioeconomía debe tratarse como factor estructural para el país, ya que “una estrategia de crecimiento económico basada en bioeconomía es aquella en la que se gestiona de manera eficiente y sostenible la biodiversidad y la biomasa residual para generar nuevos productos, procesos y servicios de valor agregado, basados en el conocimiento y la innovación, que permitan apalancar el crecimiento, desarrollo y progreso en las regiones de Colombia” [47].

Además de la alta biodiversidad y el potencial de biomasa, el país tiene aportes importantes desde las comunidades y etnias y, también, una gran experiencia en comercialización que varios sectores exportadores pueden aportar a los nuevos negocios. Desde las regiones y desde el gobierno se ha avanzado en iniciativas para favorecer los negocios verdes, la biotecnología y la biodiversidad, esfuerzos aún no han sido suficientes para posicionar el tema como una prioridad nacional.

la Dirección de Cambio Climático y Gestión del Riesgo (DCCGR) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) en su Informe de Gestión de 2020 reporta que para el periodo 2018-2022 se propuso reducir 36 millones de toneladas acumuladas de CO₂eq logrando ya el 86% de la meta. También el MADS se propuso reducir el 51% de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) frente al escenario tendencial en 2030 [49] y ante lo cual se están elaborando estrategias, acuerdos de cooperación, acuerdos sectoriales puntuales y algunas regulaciones, destacando que Ecopetrol se reporta como el sector que ha evitado un millón de toneladas de emisión de un compromiso de reducción equivalente al 25% de sus emisiones. [50]

Los datos mejor reportados corresponden al sector hidrocarburos; así, por ejemplo, se informa que las mezclas de biodiésel con diésel fósil y de gasolina con etanol son del 10 %, una proporción alta comparada con la mayoría de los países que aplican esta operación. [4]

El MADS gestiona siete labores intersectoriales, a saber: eficiencia energética, procesos industriales y extractivos, fuentes no convencionales de energía, gestión de residuos, actividades agropecuarias y forestales, deforestación y movilidad baja con cero emisiones, con lo cual busca avanzar hacia la transición de actividades productivas comprometidas con la sostenibilidad y la mitigación del Cambio Climático. [51]

Por otra parte, el MADS lanzó en 2020 la Estrategia de Largo Plazo E2050 para la Resiliencia Climática (Carbono-Neutralidad y Adaptación) en busca de la futura adaptación y resiliencia de los territorios frente a los efectos del Cambio Climático. Con la plataforma del Registro Nacional de Reducción de Emisiones de GEI (RENARE), el MADS hace seguimiento a los procesos de reducción y remoción de emisiones y construye el Sistema de Contabilidad Ambiental del país.

El MADS también ha planteado los flujos de biomasa y los flujos de energía como dos líneas de acción entre seis priorizadas como parte de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC). Los objetivos de reducción y aprovechamiento de los bio-residuos es un tema central en estas líneas de acción al igual que la eficiencia energética.

La Estrategia Nacional de Bioeconomía que está por publicarse en el primer semestre de 2021 y otras planteadas por el MADS se desarrollarán paralelamente con la E2050 para afrontar el Cambio Climático. Se creó en 2020 la Mesa Nacional de Bioeconomía y el Plan de Acción 2020 – 2030. [52]

Los expertos internacionales han demostrado que la bioeconomía genera no sólo grandes beneficios ambientales, sino que representa un aporte mayor a las economías. En Colombia, en 2018 la Misión de Crecimiento Verde estimó que sería un motor de crecimiento que representaría para 2030 el 2,5 % del PIB; en tanto que la “Misión de sabios” en 2019 puso circunstancias ideales en las que el aporte sería de hasta el 10% del PIB. Recientemente el DNP ha proyectado que la bioeconomía aporte para el año 2030 un 2,15 del PIB, bajo el supuesto que en 2022 la participación sea del 0,9%. [47]

9 Bioeconomía Circular

Por sus fundamentos conceptuales, presentar la Bioeconomía con el apelativo de Circular o darle carácter bioeconómico a la economía circular puede entenderse redundante; pero dada la variedad de enfoques aplicables a la bioeconomía es oportuno resaltar que la economía circular se proyecta sobre numerosos recursos no sólo los biológicos y que ciertos planes bioeconómicos pueden tener falencias en el conocimiento de los usos y reusos potenciales que le dan el carácter de manejo circular.

La bioeconomía circular permite destacar como un logro mayor, a aquellas operaciones en donde la energía, la biomasa y los bio-productos permanecen tiempos prolongados dentro de la economía y si al final de cada uso se haya un nuevo provecho o el retorno a su centro de manufactura o extracción.

Hacer que los bio-recursos, bio-productos y energía permanezcan o circulen entre los consumidores requiere de múltiples compromisos empezando por el de los propios consumidores que deben hacer el uso óptimo y, luego, transferirlo a otro escalón del sistema económico ya sea un nuevo usuario, el retorno vía industrial o el retorno al nivel primario. Esto implica consumidores conocedores de los productos adquiridos y conscientes del potencial de circularidad de éstos, es decir, comunidades con nociones claras sobre disposición final y reciclaje.

La “bioeconomía circular” es una sinergia entre la bioeconomía y la economía circular y, por lo tanto, sí de suyo cada una de ellas representa un reto mayor para los actuales esquemas de desarrollo, la bioeconomía circular es un nuevo gran paradigma energético y económico. Definitivamente, este concepto o modelo de economía no se debe recibir como un paquete de restricciones que desbarata tradiciones sino como una nueva manera de mantener o mejorar tres pilares del desarrollo sostenible: productividad y competitividad económica, bienestar social y aprovechamiento racional sostenible de los recursos naturales excluyendo el uso de materiales fósiles. [53]

Para acoger el carácter circular, es conveniente hacer buen uso del mayor conocimiento comunitario, técnico, científico y ambiental de cada uno de los eslabones de un proyecto bioeconómico y, por supuesto, tener claro en que tramo de la cadena se está participando y como desde aquí se contribuye a que los recursos naturales y procesados permanezcan en la economía aportando el mínimo de contaminantes a la atmósfera e hidrósfera.

Con ayuda de los elementos de la Economía Circular tratados por Pearce, Markandya & Barbie (1989) y Pearce & Turner (1990), se puede deducir una categorización de los eslabones de un proyecto bioeconómico que merecen ser objeto de comprensión por los interesados. Tales eslabones son:

- Origen de biomasa y demás recursos: se refiere a clasificar y caracterizar los recursos naturales captados, especialmente en términos de su renovabilidad y disponibilidad (agotabilidad).
- Carácter de los ecosistemas: se refiere a adquirir claridad sobre la fortaleza y vulnerabilidad de las áreas o ecosistemas donde se realizan los aprovechamientos, preferiblemente en términos de su capacidad de carga y de su capacidad de asimilación de impactos en concordancia con las cantidades y métodos de extracción.
- Aprovechamiento inicial o tradicional: hace referencia a la forma como se aprovecha el recurso distinguiendo si es tomado de un ecosistema natural o es captado de cosechas, plantaciones o cultivos; además de precisar si esta captación de recursos forma parte o no del esquema tradicional de consumo de la biomasa en cuestión. Desde este eslabón puede ocurrir un retorno final (total o parcial) del recurso según su carácter y la eficiencia de consumo.
- Usos y reusos potenciales: en este eslabón hay un aporte esencial de la circularidad dado que se pretende optimizar el uso de la biomasa en función de sus bondades alimenticias, industriales y energéticas, buscando la eficiencia integral en su uso y su transferibilidad a la economía secundaria como materia prima o como fuente de energía.
- Transformación de los recursos: en esta etapa la biomasa se procesa para constituir un nuevo producto o una nueva fuente de energía, así que resulta de interés conocer el tipo de industria y tecnología que aquí aplica; así como los análisis de procesos, producción y eficiencia energética.
- Transferencia de productos manufacturados a la sociedad: se trata del desarrollo tanto de aspectos de la comercialización de productos como de los hábitos de consumo que permiten proyectar el negocio y las eventuales mejoras.
- Beneficios y beneficiarios: aunque el primer beneficiario es el dueño del proyecto bioeconómico, aquí se recuerda la importancia de determinar la magnitud y distribución de bienestar social, utilidades y rendimientos en toda la cadena, incluyendo usuarios finales, variables energéticas y costo-beneficios poco tangibles.
- Disposición o retorno de los productos: se espera en este eslabón que se haya hecho el máximo uso de la biomasa y bio-productos, con lo cual se obtendrá el mínimo (ojalá cero) residuos y que cualquier remanente sea un recurso reciclable, por lo que cobra relevancia conocer y promover los procesos de reciclaje.

10 Economía e Ingeniería de Transición

No obstante, la demora de la humanidad en reconocer las dimensiones y consecuencias del cambio climático, ya se está generalizando la conciencia sobre las implicaciones de los hábitos vigentes y de la forma de consumir. El problema actual es que estamos retrasando la respuesta a ese proceso de cambio climático, en lo que mucho tiene que ver la inercia del modelo de desarrollo económico que domina al planeta y la dependencia aún muy fuerte del consumo de combustibles fósiles.

La adquisición y procesamiento de materias primas, así como los sistemas energéticos se transforman en comodidades sociales y generan enormes beneficios e ingresos. Ese bienestar también denominado “felicidad”, amarran las intenciones de cambio de los diferentes actores y estamentos de la sociedad, con lo que persiste la insostenibilidad y los riesgos ambientales y sociales.

Los líderes mundiales tienen muchas incertidumbres sobre cómo hacer crecer las economías sin poner en peligro el planeta y sobre cómo hacer que exista una real participación de todos los grupos sociales, económicos y culturales bajo el entendido que es importante el sacrificio o esfuerzo que cada uno de ellos debe hacer para alcanzar resultados representativos y positivos.

Esa inercia del modelo económico y esas demoras en modificar el status quo descubren la necesidad de aplicar estrategias e innovación no sólo en las reformas específicas sino en el proceso del cambio, que en últimas se muestra como un asunto complejo. Surge así la ingeniería de transición como instrumento que puede dar la confianza, gradualidad y encadenamiento a la necesaria transformación.

De acuerdo con la *Global Association for Transition Engineering*, la ingeniería de transición se aplica teniendo en cuenta una metodología de trabajo consistente en siete fases generales, a saber:

- Línea base histórica. Se refiere al conocimiento más preciso posible de las causas del modelo energético y económico. Los datos, valoraciones y tendencias de la demanda de recursos y energía, de la obtención de materias primas, de las fuentes energéticas y del desarrollo tecnológico, así como los aspectos que particular o integralmente han configurado la realidad climática y ambiental.
- Situación actual. Se refiere a las consecuencias que afronta la sociedad actual por las decisiones históricas. En esta fase se evalúa el resultado de la acción (o inacción) no sólo de los predecesores sino también de la generación actual y se puede aplicar un esquema diagnóstico similar pero no limitado al de identificar debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas. Esto implica tanto auditar los resultados en uso de recursos y energía como examinar la capacidad actual para eventuales respuestas lo cual se puede expresar en términos de capacidad de carga de los ecosistemas, activos / pasivos, participación social, capital humano, inversiones y disposición al cambio, entre otros aspectos.
- Proyección. Se trata de configurar los posibles escenarios que tendrán las generaciones venideras, para lo cual se considera tanto el resultado inercial que deviene de la situación actual como las ganancias y pérdidas que resulten de intervenciones tecnológica o científicamente posibles. Son muchas las disciplinas y variables que pueden intervenir en estas proyecciones y modelaciones, así como las hipótesis que se pueden evaluar. Es recomendable en esta fase, modelar de acuerdo con: varios niveles de riesgo incluyendo extremos, disponibilidad o escasez de recursos, diferentes capacidades de carga de los ecosistemas, cambios en la cantidad y calidad de biomasa, varias energías alternativas, y alguna gama de expectativas tecnológicas, entre otras.
- Concepto Path Break: Es la identificación cualitativa y cuantitativa de los factores que en cada escenario analizado están rompiendo claramente con el discurso pasado y presente del modelo económico y energético. De aquí se pueden obtener valoraciones de cada escenario o hipótesis analizada, incluso podrían surgir categorizaciones, jerarquizaciones y otras valoraciones de interés para proponer o decidir con respecto a proyectos de cambio.
- Análisis retrospectivo: Se refiere a una especie de análisis de alternativas definitivo que incluya el análisis de factores estratégicos, globales, locales o políticos que limiten o potencien los potenciales cambios. De las proyecciones, del análisis path break y de la inclusión de factores externos se espera que salgan los lineamientos y proyectos de cambio más apropiados.

- Mecanismos de activación: entendidos como las estrategias, inversiones y políticas que ponen en funcionamiento los proyectos de cambio y desencadenan la transformación real del modelo energético y económico, resultan ser los componentes más importantes en los resultados de la ingeniería de transición. Estos mecanismos son los encargados de romper la inercia del sistema vigente y por tanto deben tener inmersos los criterios de concienciación, gradualidad, tolerancia y adaptabilidad propios de una gran transformación. Se espera del correcto mecanismo de activación que combine eficientes resultados en el largo plazo como eventos aceptables en el corto plazo por parte de consumidores, industriales y la mayoría de sectores socio-económicos.
- Proyectos de transformación: aunque suele ser un producto de la ingeniería de transición, también puede ser el objetivo de trabajo en cuanto que eventualmente una entidad o tomador de decisión puede poseer un buen avance del proyecto para transformar el modelo vigente, pero no hay claridad en el camino para aplicarlo y lograr resultados; por lo que la ingeniería de transición se empeñaría en diseñar la activación. El proceso detallado de la ingeniería de transición permitirá diseñar o fortalecer los proyectos de cambio por un modelo sustentable.

La economía e ingeniería de transición aplican para lograr mejores resultados en los eslabones de la bioeconomía circular. En realidad, es un esquema multi e interdisciplinario con particularidades para cada región y para cada país y que ofrece excelentes perspectivas de transformación y mejora siempre que emprendedores y líderes (gobernantes) estén abiertos a cambios en la producción y consumo, bajo la conciencia de que se pueden reducir los impactos ambientales locales, incluida la exagerada desigualdad social, y el impacto ambiental global expresado en el cambio climático. [54]

11 Conclusiones

- No existe uniformidad en las definiciones de bioeconomía; pero, las visiones y conceptos tienen convergencia o aspectos clave en el uso eficiente de recursos de base biológica, la búsqueda de nuevas oportunidades tecnológicas y la modificación de patrones de consumo [32]. Las definiciones y enfoques dejan ver la estampa multifacética e interdisciplinaria de la bioeconomía; además de ser extensa en términos de orígenes y sectores representados y muy amplia en términos de fundamentos, valores subyacentes, liderazgos y responsables de su gestión y anhelado éxito. [55]
- Innovar en las diferentes fases o eslabones del proceso bioeconómico siempre permitirá conocer mejor los recursos y perfeccionar los procesos. Nuevas formas de “cosechar” los recursos biológicos, de aplicar biotecnologías o de transformar bio-productos, es muy positivo siempre que se conquiste una mejor comprensión de los ecosistemas y se incrementen las opciones de soluciones sostenibles y el acervo de conocimiento y tecnologías. Con la participación de comunidades, académicos y tomadores de decisión se pueden sintetizar tanto las definiciones como los proyectos y procedimientos bioeconómicos, no sin antes recurrir al apoyo estratégico que puede brindar la experiencia proveniente de acciones similares, del saber ancestral, de las comunidades científicas y académicas o de la “ingeniería de transición”.
- La multiplicidad de componentes que rodean el análisis y evolución de la bioeconomía le dan a su concepto un carácter multidimensional y pueden encontrarse definiciones con argumentos económicos, sociales, botánicos, ingenieriles, comunitarios, industriales, tecnológicos, agrícolas u otros, todas con criterios de interés. Una de las definiciones más concretas dice que la bioeconomía es la extracción sustentable de recursos renovables y su conversión ecológica en alimentos, piensos, combustibles, fibras, productos químicos y materiales, para ser consumidos y reciclados de manera sostenible [12]. En ésta y otras definiciones, están tácitos los argumentos de no usar recursos fósiles y de propender por el uso de energías alternativas; pero en aras de la claridad comunicativa se sugiere siempre expresar explícitamente estos propósitos en las definiciones.
- En Colombia institucionalmente está iniciando el fortalecimiento de la bioeconomía. Han sido identificados como prioritarios para el desarrollo de la bioeconomía en el país, los sub-sectores de productos de limpieza, cosméticos, productos químicos, farmacéutica, ganadería, agricultura y alimentos saludables, entre otros; lo cual da una connotación de que inicialmente ha adquirido importancia la transformación de recursos. Surge entonces como necesidad de gestión, el promover los potenciales bioeconómicos en los niveles de producción agrícola (cultivos, plantaciones, etc.) y en los niveles de uso o generación de energías alternativas. La resolución adecuada de esto asocia una necesidad superior que se refiere a las inversiones en investigación e innovación sobre los bio-recursos y sobre las fuentes de energía. [56]

- La denominada “bioeconomía circular” con la que se quiere enfatizar en el máximo uso de biomasa y bio-productos o. lo que es igual, la máxima permanencia de los elementos dentro de la economía. Se trata, por un lado, que la economía circular haga uso de la bioeconomía siempre que involucre bio-recursos o bio-productos; y por otro lado, que los proyectos bioeconómicos se esmeren por la mencionada permanencia prolongada en el sistema económico. Para esto, la participación de las instituciones colombianas de los diferentes ordenes es importante una vez más en investigación, pero también en ayudar a transformar hábitos en los diferentes eslabones del proceso bioeconómico y con énfasis mayor en las fases relacionadas con consumo.
- En la naciente bioeconomía colombiana ha predominado el fundamento y la prioridad mercantil. Si bien este tipo de enfoque es esencial para motivar a grandes inversionistas y a pequeños negocios a participar en proyectos sustentables; es conveniente elaborar estrategias financieras y culturales para amparar otros tipos de prioridades de la bioeconomía. Para gran parte de las iniciativas auténticamente bioeconómicas las retribuciones monetarias se dan a largo o mediano plazo, ya sea porque así resulta del esquema financiero o porque su fundamento y proyección es esencialmente ambiental o social. Los emprendedores bioeconómicos deben considerar en su modelo de negocio que hay tres pilares de la sostenibilidad: el soporte o meta ambiental, el soporte o meta social y el soporte o meta económica [57]; y por tanto, puede suceder que los beneficios ambientales o los beneficios sociales se perciban mucho antes que la rentabilidad económica.
- La bioeconomía se ha convertido en política mundial de la mayor importancia para los objetivos de mitigación del cambio climático, seguridad alimentaria, eficiencia energética y bienestar humano equitativo; en últimas para ir en línea con lo establecido en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas y con las expectativas del Acuerdo de París sobre Cambio Climático. Los técnicos y políticos han de tener presente que el primer gran objetivo de la bioeconomía fue mitigar el cambio climático con una primera gran acción que es dejar el uso de recursos fósiles y en cambio aprovechar fuentes alternativas existentes o el potencial energético de la biomasa. Clarificado esto, también son importantes los otros objetivos de la transformación económica como son la seguridad alimentaria, la salud, la reestructuración industrial y la optimización energética.

12 Bibliografía

- [1] H. Chavarria, E. Trigo, F. Villarreal y P. P. V. Elverdin, «Bioeconomy: A sustainable development strategy,» www.g20-insights.org, Vols. %1 de %2https://www.g20-insights.org/policy_briefs/bioeconomy-a-sustainable-development-strategy/, nº nd, p. nd, 2020.
- [2] P. Stegmann, M. Londo y M. Junginger, «The Circular Bioeconomy: Its elements and role in European bioeconomy clusters,» *Sust*, vol. nd, nº nd, p. nd, 2020.
- [3] Consejo Nacional de Política Económica y Social de Colombia, «Política de Crecimiento Verde. CONPES 3934,» Consejo Nacional <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Pol%C3%ADtica%20CONPES%203934/CONPES%203934%20-%20Pol%C3%ADtica%20de%20Crecimiento%20Verde.pdf>, Bogotá, 2018.
- [4] Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación -Gobierno de Colombia, «Bioeconomía para una Colombia Potencia viva y diversa: Hacia una sociedad impulsada por el Conocimiento,» MCTI, Bogotá, 2020.
- [5] E. Gawel, N. Pannicke y N. Hagemann, «A Path Transition Towards a Bioeconomy: The Crucial Role of Sustainability,» *Sustainability* 2019, 11, 3005., vol. nd, nº 3005, p. 11, 2019.
- [6] T. G. & A. I. Johnson, «Rural development opportunities in the bioeconomy. Biomass and Bioenergy,» <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.01.028>, vol. nd, nº 63, p. 341–344, 2014.
- [7] S. Giljum, M. Bruckner y B. a. d. S. L. Gözet, «Land Under Pressure: Global Impacts of the EU Bioeconomy.,» Institute for Ecological Economics, Vienna University of Economics and Business & Friends of the Earth Europe., 2016.
- [8] P. N. M. y R. G. Haggitt, *Geografía: Una síntesis moderna.*, España: Omega, 1998.
- [9] M. S. B. I. R. Beluhova-Uzunova., «Concepts and Key Sectors of Bioeconomy,» *Trakia Journal of Sciences*, vol. 17, nº 1, pp. 227-233, 2019.

- [10] L. R. U. H. Hannelore Daniel, «Bioökonomierat,» 31 01 2014. [En línea]. Available: https://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/Englisch/Food_Consumption_Diet_Health.pdf. [Último acceso: 4 Abril 2021].
- [11] G. P. J. T. E. Henry, «La Bioeconomía en América Latina: oportunidades de desarrollo e implicaciones de política e investigación,» *FACES*, vol. 42, n° 4, pp. 125-141, 2014.
- [12] M. N. C. Sillanpää, *A sustainable Bioeconomy: the green industrial revolution*, Switzerland: Springer International Publishing, 2017.
- [13] J. Pezzey, *Sustainable Development Concept: An Economic Analysis*, Washington, D.C.: The World Bank, 1992.
- [14] S. M. Lélé, «Sustainable development: A critical review. World Development,» *World Development*, vol. 19, n° 6, pp. 602-621, 1991.
- [15] K. L. D. B. Erling Holden., «Sustainable development: Our Common Future revisited,» *Global Environmental Change*, vol. 26, n° 1, pp. 130-139, 2014.
- [16] Global Bioeconomy Summit, «Innovation in the Global Bioeconomy for Sustainable,» Berlín, Alemania, 2018.
- [17] A. G. Rodríguez, «La bioeconomía: oportunidades y desafíos para el desarrollo rural, agrícola y agroindustrial en América Latina y el Caribe,» CEPAL, Santiago de Chile, Chile, 2017.
- [18] German Bioeconomy Council, «Bioeconomy Policy (Part III). Update Report of National Strategies around the World,» Office of the Bioeconomy Council, Berlín, Alemania, 2018.
- [19] M. a. H. T. a. K. A. Bugge, «What Is the Bioeconomy? A Review of the Literature,» *Sustainability*, vol. 8, p. 691, 2016.
- [20] A. Karliczek y J. Klöckner, *National Bioeconomy Strategy*, Berlín, Alemania: Project Management Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH, 2020.
- [21] A. Rodríguez, M. Rodrigues y O. Sotomayor, «Hacia una bioeconomía sostenible en América Latina y el Caribe. Elementos para una visión regional,» Naciones Unidas, Santiago de Chile, Chile, 2019.
- [22] J. v. Braun, «Bioeconomy – The global trend and its implications for sustainability and food security,» *Global Food Security*, vol. 19, pp. 81-83, 2018.
- [23] C. I. Pardo Martínez, «Portafolio,» 7 septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.portafolio.co/economia/la-bio-y-sus-perspectivas-para-el-sector-productivo-520857>. [Último acceso: 30 noviembre 2020].
- [24] I. Lewandowski, *Bioeconomy: Shaping the transition to a Sustainable Biobased Economy*, Stuttgart, Germany: Springer Nature, 2018.
- [25] B. De Azevedo, «Conexión Intal,» 28 julio 2018. [En línea]. Available: <https://conexionintal.iadb.org/2018/07/27/ideas2-2/>. [Último acceso: 15 diciembre 2020].
- [26] D. Sawaya y A. Arundel, «La evolución de la bioeconomía hasta 2030: diseño de una agenda política,» *Nota d'economía*, Barcelona, España, 2010.
- [27] I. A. Thomas G. Johnson, «Rural development opportunities in the bioeconomy,» *ELSEVIER*, vol. 63, pp. 341-344, 2014.
- [28] G. Anilló, R. Bisang y E. Trigo, «Bioeconomía: hacia una lógica productiva sostenible,» UNESCO, Montevideo, Uruguay, 2018.
- [29] Comisión Económica para América Latina y el Caribe, «Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2015: desafíos para impulsar el ciclo de inversión con miras a reactivar el crecimiento,» CEPAL, Santiago de Chile, Chile, 2015.
- [30] Global Bioeconomy Summit, «Innovation, Growth and Sustainable Development,» Berlín, Alemania, 2015.
- [31] I. Issa, S. Delbrück y U. Hamm, «Bioeconomy from experts perspectives - Results of a global expert survey,» *Journal Pone*, vol. 14, p. 5, 2019.
- [32] Ó. Carpintero, *La Bioeconomía de Georgescu-Roegen*, Barcelona, España: Montesinos, 2006.
- [33] Organización de Naciones Unidad, «Noticias ONU,» ONU, 9 septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://news.un.org/es/story/2020/09/1480142>. [Último acceso: 19 enero 2021].

- [34] J. V. J. Martínez, *Economía Mundial*, España: McGraw Hill, 1995.
- [35] D. B. P. E. Gómez Rodríguez, *Desarrollo, Ecología y Bioeconomía. El diálogo de saberes frente a las problemáticas del siglo XXI*, Bogotá D.C., Colombia, 2016.
- [36] E. Hodson de Jaramillo, «Bioeconomía: el futuro sostenible,» *Academia Colombiana de Ciencias Exactas. Físicas y Naturales*, vol. 42, n° 164, pp. 188-201, 2018.
- [37] P. d. L. D. & T. S. d. O. Hormaeche Azumendi, *El petróleo y la energía en la economía*, Vitoria, Gasteiz: Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia, 2008.
- [38] OCDE/CEPAL, «Environmental Performance Reviews: Colombia 2014,» *Environmental Performance Reviews*, OECD Publishing, París, Francia, 2014.
- [39] A. Paz Cardona, «Mongabay,» 18 Abri 2018. [En línea]. Available: <https://es.mongabay.com/2018/04/distribucion-de-la-tierra-en-colombia/>. [Último acceso: 5 Enero 2021].
- [40] S. Kalmanovitz, «Nueva historia económica de Colombia,» *Signo y Pensamiento*, vol. XXX, n° 58, pp. 336-337, 2011.
- [41] Misión de Crecimiento Verde, DNP, Gobierno de Colombia, «Colombia hacia el crecimiento verde,» Departamento Nacional de Planeación, Bogotá D.C., Colombia, 2018.
- [42] R. W. T. T. Alfredo Aguilar, «Perspectives on bioeconomy,» *ELSEVIER*, vol. 40, pp. 181-184, 2018.
- [43] E. Guhl Nannetti, «¿Cómo le fue a Santos en términos ambientales?,» *Semana*, 19 7 2018. [En línea]. Available: <https://www.semana.com/medio-ambiente/articulo/balance-del-gobierno-santos-en-terminos-ambientales/41155/>. [Último acceso: 20 Diciembre 2020].
- [44] Misión de Crecimiento Verde, «Macroeconomía y Crecimiento Verde. Análisis y retos para Colombia,» Departamento Nacional de Planeación, Bogotá D.C., Colombia, 2017.
- [45] D. Alarcón, «Crecimiento Verde. Ciencia, Tecnología e Innovación,» Departamento Nacional de Planeación, Bogotá D.C., Colombia, 2016.
- [46] F. Buitrago Restrepo y I. Duque Márquez, *La Economía Naranja. Una oportunidad infinita*, Washington D.C. USA: Banco Interamericano de Desarrollo, 2013.
- [47] Biointropic, Silo, Universidad EAFIT, «Análisis de la situación y recomendaciones de política de bioeconomía,» Departamento Nacional de Planeación, Medellín, Colombia, 2018.
- [48] M. H. Londoño Mesa, «Poliquetos de Colombia: Un reto para la megadiversidad,» *Instituto Oceanográfico de Venezuela*, vol. 1, pp. 81-98, 2017.
- [49] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Minambiente,» Minambiente, 26 noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4877-colombia-reducira-en-un-51-sus-emisiones-de-gases-efecto-invernadero-para-el-ano-2030>. [Último acceso: 8 febrero 2021].
- [50] Empresa Colombiana de Petróleos - ECOPEPETROL, «Reporte Integrado de Gestión Sostenible 2020,» ECOPEPETROL, Bogotá D.C., Colombia, 2021.
- [51] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, «Informe de Gestión 2020,» MADS, Bogotá D.C., Colombia, 2021.
- [52] Consejo Nacional de Política Económica y Social, «Política para la reactivación, la repotenciación y el crecimiento sostenible e incluyente: Nuevo compromiso por el futuro de Colombia,» Departamento Nacional de Planeación, Bogotá D.C., Colombia, 2021.
- [53] C. A. Martínez Riascos, «Economía circular y bioeconomía, pilares del desarrollo sostenible,» *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. 22, n° 2, pp. 3-5, 2020.
- [54] P. C. C. U. S. Ghisellini, «A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 114, pp. 11-32, 2016.
- [55] G. Schütte, «What kind of innovation policy does the bioeconomy need?,» *New biotechnology*, vol. 40, pp. 82-86, 2018.
- [56] Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación - MINCIENCIAS, «Bioeconomía para una Colombia Potencia viva y diversa: hacia una sociedad impulsada por el Conocimiento,» MINCIENCIAS, Bogotá D.C., 2020.
- [57] P. Stegmann, M. Londo y M. Junginger, «The Circular Bioeconomy: Its elements and role in European bioeconomy clusters,» *Resources, Conservation & Recycling: X*, vol. 6, p. 100029, 2020.

