

The background features a large, stylized graphic in shades of green and white. The graphic consists of several overlapping, rounded shapes that resemble leaves or abstract organic forms, creating a layered, textured effect. The colors are a vibrant lime green and a clean white.

Bioeconomía, modelo para un desarrollo territorial sostenible e inclusivo

**Guy Henry y
Elizabeth Hodson de Jaramillo**

Introducción

En un planeta de recursos limitados es urgente implementar alternativas eficientes y razonables para enfrentar el cambio climático y la grave situación de deterioro, agotamiento y contaminación ocasionados por la actividad humana. Es un imperativo ético cambiar la dependencia de las actividades humanas y de los sistemas productivos lineales basados en la energía fósil, hacia el uso de energías renovables, amigables con el ambiente. Es decir, virar del consumo de fotosíntesis de hace millones de años, al consumo de fotosíntesis en tiempo real en una ruta hacia una economía más sostenible y eficiente. La respuesta estratégica hacia ese nuevo sistema socioeconómico ambientalmente amigable es el enfoque de bioeconomía, el cual permite integrar objetivos de bienestar humano y del planeta en coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en la cual se encuentran implícitos la conservación, gestión y uso sostenible de la biodiversidad. Este modelo engloba tanto al medio ambiente (el mundo natural, los recursos biológicos renovables, sus interacciones con las actividades humanas así como los sistemas de soporte a la vida: agua, suelos), así como a las biotecnologías como su principal herramienta. El núcleo de la bioeconomía es el uso de cualquier tipo de recursos biológicos (biomasa) de animales (incluidos los insectos), plantas y microorganismos para su aplicación directa o procesados, así como el aprovechamiento y valorización de todos los residuos (coproductos) obtenidos en las diferentes etapas.

La bioeconomía promueve la producción y utilización intensiva del conocimiento sobre los recursos, procesos y principios biológicos, para el suministro sostenible de bienes y servicios en todos los sectores económicos

—bioenergía, agrícola y bioinsumos, alimentos, fibras, productos para la salud, productos industriales y bioplásticos— (GBS, 2018). Cubre todos los sectores y sistemas que se basan en los recursos biológicos (animales, plantas, microorganismos y biomasa derivada incluyendo desechos orgánicos), sus funciones y principios, así como sus interacciones. Una bioeconomía sostenible y ecoeficiente es el segmento renovable de la economía circular que permite aprovechar la biomasa primaria y los productos, hasta incluso los desechos para convertirlos en recursos valiosos, reducir la contaminación y contribuir a la restauración de ecosistemas (European Commission, 2018). Los recursos biológicos pueden ser reutilizados, degradados y luego utilizados de nuevo. El elemento de la economía circular es inherente a los recursos biológicos.

Se trata de aprovechar los avances en ciencia, tecnología e innovación (C & T + I) para implementar un cambio transformativo bajo el concepto de la cuarta revolución industrial o tecnologías convergentes (nano y biotecnologías, bioinformática y ciencias cognitivas) para el conocimiento, conservación y aprovechamiento de los recursos terrestres y marinos. Esta innovación acelerada en C&T representa un cambio transformativo en tecnologías y capacidades de datos, cambio que no solo está modificando la investigación científica, las industrias y las redes sociales, sino que está remodelando radicalmente las innovaciones en ciencias biológicas y de materiales (World Economic Forum, 2018). Por otra parte, el concepto de bioeconomía circular está íntimamente relacionado con el desarrollo de nuevas actividades productivas a partir del aprovechamiento de la biomasa residual (por ejemplo, de procesos agrícolas y forestales) y de desechos (por ejemplo, desechos domésticos). La bioeconomía en sí misma depende de la aplicación de las nuevas fronteras de la ciencia y la tecnología y sus convergencias para utilizar más eficiente y sosteniblemente los recursos y principios biológicos. Dado que su base material y energética son los recursos biológicos, la bioeconomía es central en el cambio de modelo productivo que se requiere para enfrentar el cambio climático (Cepal-FAO-IICA, 2019). La bioeconomía es, por lo tanto, una respuesta a los desafíos de la creciente población mundial y el cambio climático.

Una característica fundamental de la bioeconomía es el uso sostenible de los recursos biológicos a partir de una amplia gama de tecnologías de punta (Keswani, 2020). El conocimiento científico que implica la bioeconomía constituye un enfoque transformativo para redefinir las relaciones entre el agro, la biomasa y la industria, lo que la hace el instrumento ideal para atender los desafíos interrelacionados de seguridad alimentaria, agotamiento de recursos y cambio climático. Con este enfoque se reduce al mínimo la producción de residuos, se generan nuevos productos y servicios en múltiples sectores, lo que permite abordar de forma integral y coherente los retos de una región y, al mismo tiempo, crear nuevas fuentes de crecimiento económico mediante el aprovechamiento integral y circular de la biomasa en procesos articulados en cadenas o redes de valor novedosas con oportunidades para la creación de empleo. Representa una oportunidad única de buscar mayor eficiencia en los productos y procesos biológicos bajo una perspectiva territorial y posibilitar el desarrollo socioeconómico y el bienestar de las comunidades.

Estado del arte de la bioeconomía en Colombia

El modelo conceptual de la bioeconomía comenzó a ser discutido inicialmente en círculos académicos y con algunas empresas o personas interesadas en bioenergía, y paralelamente en pequeñas empresas buscando la valorización de productos naturales, en particular, productos nativos del bosque. Hace diez años el término *bioeconomía* era fácilmente confundido con *economía verde* o *economía azul*. En Colombia se ha venido avanzando en diferentes frentes en relación con la bioeconomía.

Industria

La bioeconomía en Colombia inició con el desarrollo de bioproyectos y bioempresas, aplicando bioprocesos y generando bioproductos. Los primeros cultivos biotecnológicos (organismos genéticamente modificados [OGM]) utilizados en la agricultura colombiana hacia el 2002 fueron el clavel azul, luego el algodón y más tarde el maíz. Al mismo tiempo, creció el interés hacia la producción de bioenergía, y las empresas de caña de azúcar y de palma de aceite ampliaron sus portafolios desarrollando diferentes bio-combustibles (bioetanol, biodiésel). Paralelamente, los avances científicos y tecnológicos en los laboratorios de biotecnología y similares generaron resultados muy interesantes y con potencial para ser procesados y luego incorporados a sistemas industriales productivos. Una buena discusión sobre la emergencia de las diferentes empresas y bioproyectos en Colombia se encuentra en Pisón y Betancur (2014), Henry *et al.* (2017) y Aramendis y Castaño (2019).

Políticas

La discusión sobre el modelo de la bioeconomía se abordó en la región desde el periodo 2007-2008, pero en Colombia, el primer evento específico sobre el tema tuvo lugar en 2010 mediante un taller, fruto de un proyecto europeo (ALCUE KBBE). Entró en la política colombiana por medio de discusiones dentro de los equipos de biotecnología de Colciencias. En paralelo, en el 2011, la revista *Semana* organizó un taller sobre el potencial de los bionegocios, en el cual varios expertos internacionales hicieron referencias a la bioeconomía.

En el 2016 el modelo de la bioeconomía empezó a tomar más vuelo en Colombia, como marco para el planteamiento de la revolución verde (*Semana*, 2016). En ese momento, el Departamento Nacional de Planeación (DNP), con apoyo del Banco Mundial, inició su proyecto Misión de Crecimiento Verde, que produjo en el 2019 el Conpes 3934 de Crecimiento Verde, en el cual el enfoque central es la “bioeconomía, como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia” (DNP, 2019).

Estas políticas y su relevancia para la bioeconomía en Colombia están discutidas en detalle en Henry *et al.* (en prensa).

Academia

Las primeras notas y discusiones en el ámbito académico sobre el potencial del modelo de la bioeconomía salieron al aire a partir del 2010, con la participación de la Pontificia Universidad Javeriana en el desarrollo del Proyecto “Knowledge Based Bio-Economy (KBBE)”. Varios grupos de investigación de las universidades y centros de investigación enfocados en la biotecnología y sus aplicaciones se fueron sumando al diálogo que se estableció, y se fortalecieron diversas actividades.

Actualmente, en la mayoría de las universidades colombianas más destacadas, así como en los centros de investigación el modelo de la bioeconomía, (1) está siendo aceptado como un marco para discusiones y análisis integrados de temas socioeconómicos y ambientales, especialmente en el marco de los ODS, y (2) está siendo trabajado en proyectos de investigación tecnológica y de innovación. Es así como el modelo está pública y académicamente defendido con sólidos argumentos científicos por la rectora de la Universidad Nacional de Colombia (Montoya, 2019).

Propuestas del Foco Bioeconomía, Biotecnología y Medio Ambiente (BBMA)

Los principales planteamientos del Foco Bioeconomía, Biotecnología y Medio Ambiente (BBMA) de la Misión Internacional de Sabios 2019, indican que la bioeconomía constituye el marco conceptual y político, así como el soporte del desarrollo socioeconómico sostenible de Colombia con enfoque territorial, mediante el uso de las biotecnologías que constituyen la herramienta fundamental para descubrir, conocer y desarrollar una extraordinaria gama de procesos, bioproductos e innovaciones, así como para potenciar la productividad y la eficiencia de la agricultura, la bioenergía, garantizar la seguridad nutricional de los colombianos y resolver

problemas ambientales de salud e industriales (Misión Internacional de Sabios, 2020).

El cambio climático y la destrucción y degradación de los ecosistemas son la razón principal de la pérdida de la biodiversidad, así como una amenaza para el desarrollo y la calidad de vida. Es claro que los pilares fundamentales de la gestión ambiental y el desarrollo de la bioeconomía son el conocimiento científico, el enfoque territorial, la conservación de la biodiversidad y el uso sostenible de los ecosistemas. Es necesario promover la C & T + I con el fin de entender las causas y consecuencias de los retos y proponer soluciones. La búsqueda de soluciones a los problemas ambientales de Colombia requiere el establecimiento de programas de investigación específicos orientados a temas tan relevantes como el agua, los bosques y la reducción de la deforestación. Para avanzar en este sentido la inversión en C & T + I debe incrementarse en los temas de BBMA, con énfasis en el apoyo a los institutos de investigación del Sistema Nacional Ambiental, los grupos de investigación en las universidades, los centros de investigación públicos y privados nacionales y regionales y en las colecciones de soporte (museos y herbarios).

Para el foco de BBMA el desarrollo de la bioeconomía debe ser la política pública clave para el cumplimiento de los ODS, así como para el logro del desarrollo integral sostenible e inclusivo de las distintas regiones del país y para el bienestar de sus comunidades, puesto que el capital natural de Colombia, con su inmensa biodiversidad, constituye el principal activo y la más extraordinaria riqueza presente y futura del país. En consecuencia, es esencial fortalecer la investigación científica y la innovación para mejorar el conocimiento de este capital natural y utilizarlo en la restauración, conservación y uso sostenible. Como tal, la piedra angular del grupo BBMA es mantener la salud, la diversidad y los servicios de los ecosistemas, y de soporte a la vida, al tiempo que se garantiza su sostenibilidad.

La investigación científica que se requiere para desarrollar el cambio productivo dentro de la bioeconomía requiere un enfoque inter y transdisciplinario, e involucra un amplio conjunto de ciencias fundamentales, ciencias socioeconómicas, así como diversidad de ingenierías y herramientas de investigación de avanzada entre las que se encuentran las tecnologías

ómicas (secuenciación de ADN y ARN, proteómica, metabolómica, etc.), *big data*, inteligencia artificial, *machine learning*, *deep learning*, internet de las cosas, informática, robótica, nanotecnología y biología sintética, entre otras.

Asegurar la incorporación de los ODS a la agenda de investigación y desarrollo (I & D) de Colombia es un compromiso ineludible y urgente para la conservación de la biodiversidad, la gestión del medio ambiente y el desarrollo sostenible. El impulso a la bioeconomía circular y las energías renovables con estrategias de valorización de la biomasa en sistemas en cascada y a la investigación fundamental que le da soporte, constituyen un elemento para la mitigación del cambio climático y, particularmente, la deforestación y la reducción de la biodiversidad colombiana en todas sus formas y hábitats. Se plantea promover procesos más eficientes basados en el concepto de “producir más con menos”, y trabajar en el desarrollo de sistemas de uso integral y completo de la biomasa, reduciendo la producción de residuos al mínimo en una bioeconomía inclusiva.

Los mecanismos requeridos para lograr lo anterior incluyen: (1) fortalecer el conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas colombianos y sus componentes, la biodiversidad, con el fin de establecer herramientas de prevención y de acción para mitigar el cambio global, y (2) definir prioridades regionalizadas a partir del conocimiento de los hábitats clave de las diferentes regiones para su desarrollo sostenible. Además, se hace imprescindible definir la agenda de investigación (hoja de ruta de políticas y tecnologías) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y, generar estrategias de financiación estables y sostenibles para favorecer la investigación en los temas trascendentales para Colombia, específicamente en los temas de BBMA (ODS + bioeconomía, biotecnología y medio ambiente).

La visión de una bioeconomía para Colombia

No se puede establecer una bioeconomía sin visión. La visión es un requisito necesario para la formulación de su estrategia. Y la última es el producto de una consulta participativa con todos los actores pertinentes teniendo en cuenta las metas, los objetivos, las limitaciones y el capital de recursos del país. La Unión Europea ha sido pionera en la implementación de este enfoque de desarrollo sostenible. Por ejemplo, el modelo productivo de bioeconomía que planteó la Comisión Europea (European Commission, 2018) busca instaurar una sociedad más innovadora, eficiente en el uso de los recursos y competitiva que concilie la seguridad alimentaria con el uso sostenible de los recursos renovables para fines industriales, al tiempo que garantiza la protección del medio ambiente. La visión que se plantea para Colombia busca, por un lado, conservar y proteger los recursos, y por el otro integrar conocimiento y tecnología para el aprovechamiento productivo sostenible de esos recursos, de manera que genere desarrollo y bienestar a nivel regional.

Durante los últimos años en muchas reuniones y discusiones se ha debatido sobre la estrategia de bioeconomía para Colombia, cuál es su visión, su meta, sus objetivos, etc. Sin embargo, solamente algunos proyectos generaron propuestas concretas. Estos son (1) Misión de Crecimiento Verde, (2) Misión Internacional de Sabios 2019, en el Foco Bioeconomía, Biotecnología y Medio Ambiente (BBMA) y (3) Proyecto de Bioeconomía en Colombia, del Stockholm Environment Institute (SEI), 2019.

Las actividades más relevantes para la implementación del modelo productivo basado en la bioeconomía incluyen las planteadas Misión de Crecimiento Verde, Conpes 3934 Política de Crecimiento Verde del 2018. El crecimiento verde hace referencia a aquellas trayectorias de crecimiento que garantizan el bienestar económico y social de la población en el largo plazo, asegurando la conservación del capital natural y la seguridad climática. Este tipo de crecimiento está basado en la innovación como fuente

de crecimiento sostenible, que a su vez abre paso a nuevas oportunidades económicas. Por lo tanto, adoptar un modelo de crecimiento verde implica encaminar al país hacia una senda del desarrollo sostenible (DNP, 2018). Esta Misión Crecimiento Verde, Visión para Colombia 2030 plantea transitar hacia un modelo socioeconómico sostenible que produzca los bienes y servicios necesarios para garantizar un bienestar inclusivo para la sociedad, preservando el capital natural. Alcanzar este modelo implica un actuar colectivo que aproxime a la sociedad a la comprensión del papel de los recursos naturales como fuente de bienestar y satisfacción de necesidades, y la generación de cambios en la forma de pensar y vivir de los ciudadanos hacia un esquema sostenible y adaptado al cambio climático. El Gobierno debe formular una política pública de crecimiento verde de largo plazo que brinde las herramientas necesarias a los ciudadanos, a la academia y a las empresas para propiciar la transformación social y económica deseada para el año 2030 (DNP, 2018). Es importante destacar que el modelo económico para el DNP es el modelo de crecimiento verde y la bioeconomía solo figura como uno de sus diez objetivos para su hoja de ruta. Sin embargo, eso más bien es una discusión semántica, lo más importante es la visión amplia de desarrollo productivo con sostenibilidad social, ambiental y económica. En su utilización del modelo de la bioeconomía, la Misión de Sabios no planteó una estrategia explícita sino más bien una reflexión sobre la visión de la bioeconomía colombiana. Propuso el modelo con el fin de integrar objetivos de bienestar humano y del planeta, fundamentado en avances de ciencia y tecnología. De esta manera, la misión tomó la bioeconomía como marco conceptual y oportuno con el objetivo de mejorar el bienestar de las personas y todos los activos biológicos en Colombia, en concordancia con los ODS (Misión Internacional de Sabios, 2020).

Proyecto Stockholm Environmental Institute (SEI) Bioeconomía Colombia. Un esfuerzo adicional más reciente es el trabajo liderado por el SEI, como parte de su proyecto en el que se analiza la gobernanza de bioeconomías en diferentes países, siendo Colombia uno de ellos (SEI, 2020). Durante el taller realizado a finales del 2019, coorganizado con el DNP, se analizaron diferentes visiones de la bioeconomía enfocándose en diferentes grupos/sectores a saber: (a) agricultura, (b) bioquímica,

(c) bioenergía, y (d) biofarmacéutica. Por cada sector se identificaron (bio) productos principales y acciones para lograr la visión por sector. Generaron un cuadro de sector/acción. Muy interesante, y de repente como un sustituto por una visión nacional es su formulación de la “identidad” de la bioeconomía colombiana:

La bioeconomía colombiana es circular, basada en la gestión del conocimiento y la innovación en redes de valor (no cadenas de valor). Tiene un enfoque regional, basado en la biodiversidad de las especies nativas del territorio, y apoyando el desarrollo de las comunidades locales. Además, se articula con los ODS y con el Acuerdo de París. (SEI, 2020)

La realidad es que los planteamientos fundamentales y las visiones formuladas en los tres proyectos son muy similares *au fond*. Se encuentran elementos claros y útiles que apuntan a una noción de la visión integral de la bioeconomía para el país. Sin embargo, hace falta una consulta participativa amplia, con los actores principales, para confirmar o por lo menos consolidar lo que hay, de una manera robusta y transparente. Lo que ya es muy evidente es que la visión de la bioeconomía colombiana tendría que estar vinculada estrechamente como marco conceptual y referencial con el trabajo para responder a las metas propuestas por el Gobierno colombiano y satisfacer los ODS.

Construcción de hoja de ruta (senderos) para la transición hacia una bioeconomía en Colombia

Desde el 2017 diferentes grupos e instancias, basados en proyectos y actividades diversas han venido trabajando en la formulación de estrategias y hojas de ruta para la bioeconomía colombiana. En relación con las políticas y las

estrategias nacionales, el tema se encuentra incluido explícitamente en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018-2022 “Pacto por Colombia, pacto por la equidad” el cual incluye 20 metas para transformar a Colombia con pactos transversales y regionales. En este PND la bioeconomía se encuentra relacionada de manera directa en el pacto IV de pactos transversales, “Pacto por la sostenibilidad: producir conservando y conservar produciendo”. La agenda de sostenibilidad es transversal al desarrollo e impulsa acciones que permitan el equilibrio entre la conservación y la producción, en las que la biodiversidad se considera un activo estratégico y se busca el desarrollo de bienes y servicios basados en el uso sostenible de la biodiversidad como una herramienta para dinamizar las economías locales, además, se habla de innovación y reconversión tecnológica para una industria sostenible. Indirectamente el tema también se encuentra en el V Pacto por la ciencia, la tecnología y la innovación: un sistema para construir el conocimiento de la Colombia del futuro, en el que se plantea que la sociedad y la economía del futuro estarán fundamentadas en el conocimiento. El fin es fortalecer las capacidades en C & T + I como estrategia de desarrollo regional, lo cual es el fundamento de los desarrollos biotecnológicos y por ende de la bioeconomía.

Como documentos complementarios de establecimiento de estrategias y hojas de ruta en relación con el enfoque de bioeconomía se encuentra el Conpes 3918 como la estrategia para la implementación de los ODS en Colombia, en el que se establecen 16 grandes apuestas con 16 indicadores trazadores sobre los cuales se tiene un monitoreo particular. Otro de los documentos que representa una valiosa herramienta para delinear estrategias para el desarrollo de la bioeconomía en Colombia es el Plan estratégico de ciencia tecnología e innovación para el sector agropecuario (Pectia) 2017-2022, que incluye orientaciones muy valiosas para el fortalecimiento del sector.

En paralelo con el contexto anterior se han realizado múltiples reuniones de cooperación técnica internacional con varias delegaciones como la Embajada Británica, la Embajada Alemana entre otras. En este capítulo se presentan las que han generado resultados más concretos, a saber: (1) el Modelo Crecimiento Verde, DNP, (2) el Foro Nacional de Bioeconomía:

Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo (Cirad, por su sigla en inglés) y Colciencias, y (3) el Proyecto Stockholm Environmental Institute (SEI) Bioeconomía Colombia.

Modelo de Crecimiento Verde (Conpes 3934)

Según el modelo del Crecimiento Verde, habrá 10 objetivos dentro su hoja de ruta. El primero es la construcción de la bioeconomía, así “Promover la bioeconomía como estrategia de desarrollo económico contribuye a la gestión sostenible de la biodiversidad, genera productos de mayor valor agregado, y apalanca el progreso regional” (DNP, 2018).

Para ello, se formularon como prioridades: (1) aprovechar sosteniblemente los recursos, procesos y principios biológicos de la biodiversidad colombiana, (2) impulsar las actividades bioeconómicas, “incluyendo” el aprovechamiento de la biomasa, (3) incrementar la inversión pública y privada en el impulso a la bioeconomía, (4) promover el desarrollo tecnológico, y (5) priorizar la formación de capital humano en áreas estratégicas (DNP, 2018). Además, se priorizaron diferentes sectores para iniciar las actividades bioeconómicas: cosméticos y aseo, químicas, farmacéuticas, salud, agrícola y pecuaria, alimentos y bebidas.

La hoja de ruta Crecimiento Verde, para diferentes grupos de actores se propuso de la siguiente manera (DNP, 2018):

Gobierno:

- Crear un comité de coordinación de bioeconomía.
- Diseñar un programa de compra pública de tecnologías verdes innovadoras.
- Establecer un plan de superación de retos regionales con soluciones bioeconómicas.
- Crear un fondo de fondos para capital de riesgo, especializado en bioeconomía.
- Diseñar beneficios tributarios de corto plazo a emprendimientos (*start-up*) de bioeconomía.
- Consolidar un repositorio genético de referencia mundial.

Empresas

- Sustituir y actualizar tecnologías.
- Conformar y gestionar un portafolio de proyectos impulsores de bioeconomía regional y nacional.
- Cofinanciar el desarrollo de pequeñas y medianas empresas de bioeconomía.

•

Sociedad

- Apoyar la conservación de la biodiversidad.
- Privilegiar el consumo de productos bio y que cuenten con sellos ambientales.
- Participar en plataformas de interacción y coordinación sobre bioeconomía.
- Impulsar innovación en centros tecnológicos y academia.

Foro Nacional de Bioeconomía 2017

Otro trabajo realizado en el 2017 como fruto de la cooperación del Cirad con Colciencias y otros socios, y haciendo parte de varios proyectos europeos, fue formulado en su Foro Nacional de Bioeconomía (Henry *et al.*, 2017). La siguiente hoja de ruta para la bioeconomía colombiana está enfocada en las acciones regulatorias y económicas/sociales para cada uno de los seis senderos propuestos:

Tabla 1. Acciones requeridas por sendero de la bioeconomía

Sendero	Regulatorio	Económica/comercial	Instrumentos habilitantes
Valoración de la biodiversidad	a) Revisión del marco nacional acceso a recursos genéticos	Realización de estudios sectoriales de mercado (cosméticos, fármacos, extractos biológicos, cosméticos) que determinen potenciales de mercado con fines de exportación.	Alianzas público-privadas. Generación de fondos para apoyar el desarrollo de <i>start-up</i> . Financiamiento y capital de riesgo. Incentivos fiscales y tributarios. Implementación de capacidades de escalamiento.
	b) Racionalización del proceso con ventanilla única		
	c) Mejora de la predictibilidad y tiempos de procesos		
	d) Valoración de nuevos modelos de compensación justa y equitativa de beneficios de acuerdo con el Protocolo de Nagoya.		
	e) Definición del marco normativo para las New Breeding Techniques (NBT).		
Biorrefinerías y bioenergía	a) Cumplimiento de lo establecido por ley sobre volúmenes de mezcla para etanol y biodiésel.	Ejecución de evaluaciones de impacto económico y comercial por la ejecución de lo dispuesto en los tratados de libre comercio sobre importación de alcohol con arancel cero.	
	b) Expedición de la normatividad para motores Euro VI.		
	c) Normatividad para regular energía a partir de fuentes lignocelulosa, dendroenergía y algas.		

Sendero	Regulatorio	Económica/comercial	Instrumentos habilitantes
Ecointensificación: bioinsumos, agricultura orgánica, agricultura de precisión, alimentos funcionales.	a) Regulación del uso de la agricultura de precisión.	Estudios comparativos de costos sobre uso de agricultura de precisión, imagen satelital (imágenes obtenidas con drones de uso agrícola).	
	b) Adaptación o modificación de reglamentaciones existentes para que incluyan a las nuevas categorías de alimentos funcionales.		
Productos y procesos biotecnológicos.	a) Adaptación de las normas de insumos médicos a nuevos materiales. Bioplásticos, biochips, biosensores y enzimas.	Desarrollo de análisis de factibilidad técnica y económica que permitan determinar cuándo el nuevo material puede ser reemplazo de un material obsoleto o en desuso.	
Explotación sostenible de los recursos de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.	Adaptación y reflejo de la nueva realidad política del proceso de paz en Colombia para redefinir nuevas zonas y áreas de ecoturismo en el país.	Profundización de esquemas de incentivos financieros basados en experiencias de programas como fondos rotatorios y créditos.	Financiamiento y capital de riesgo. Incentivos fiscales y tributarios.
		Fortalecimiento y establecimiento de incentivos fiscales o tributarios a las reservas de la sociedad civil.	
		Creación de fondos para el apoyo a la transformación de productos (certificación, comercialización, estándares).	
		Mejora de la autosostenibilidad y la generación de mecanismos de financiación propios que eviten depender excesivamente de los donantes internacionales.	

Fuente: Henry *et al.* (2017)

Proyecto Bioeconomía para Colombia (SEI, 2019)

Como ya fue discutido en relación con la visión, el proyecto Bioeconomía de SEI formuló para cada de sus cuatro rubros las acciones correspondientes a la hoja de ruta, y que están resumidas a continuación (SEI, 2020)

Rubro agricultura

1. Crear o fortalecer redes institucionales con actores públicos y privados para la articulación de la bioeconomía en el sector.
2. Fortalecer capacidades para la transformación de la biomasa: investigación, transformación *in situ*, y buenas prácticas de producción.
3. Establecer un sistema de incentivos para un ecosistema empresarial favorable.
4. Desarrollo de empresas de base bioeconómica: empresas de base comunitaria, *spin-off* y modelos de negocio a mayor escala.
5. Intercambio de experiencias con programas exitosos en otros países (p. ej. Uruguay, Brasil).
6. Acompañamiento del gobierno para priorizar mercados y posicionar productos.
7. Monitoreo y seguimiento de desarrollo de la bioeconomía a través de indicadores.

Rubro bioquímica

1. Desarrollo y publicación de un vademécum bio de ingredientes naturales con potencial comercial.
2. Desarrollo de estudios de mercado para nuevas cadenas de valor.
3. Desarrollo e implementación de sellos ambientales, metrología y gestión de la calidad para cadenas consolidadas.
4. Portafolio Colombia biocosméticos.
5. Desarrollo e implementación de incentivos: instrumentos tributarios y de mercado, mejoras normativas.

Rubro bioenergía

1. Establecer estándares de sostenibilidad ambiental y social para el sector.

2. Crear cambios regulatorios para promover el aprovechamiento de residuos sólidos urbanos y del sector agropecuario para la bioenergía.
3. Fomentar la transferencia de tecnología y el desarrollo de infraestructura para el sector.
4. Desarrollar tecnología financiera (*financial technology*) (*fintech*) para el sector, en donde el financiamiento provenga de los mismos actores (*stakeholders*).
5. Desarrollar la demanda de bioenergía a nivel nacional.

Rubro biofarmacéutica

1. Incentivos tributarios para impulsar la investigación y desarrollo como inversión y no como gasto.
2. Incentivos financieros para la empresa privada.
3. Investigación y desarrollo para identificar nuevos componentes activos para avances en fitofarmacéutica.
4. Cumplimiento de estándares internacionales en laboratorios de toxicología preclínica, para fomentar la innovación.
5. Incrementar la formación profesional y técnica a nivel nacional.

Las hojas de ruta de los tres proyectos discutidos coinciden en sus planteamientos con acciones generales propuestas en (1) necesidad de fortalecimiento de mercados nacionales e internacionales, a través de mejor información (estudios/análisis), a través de la adopción de estándares internacionales, y a través de incentivos y/o compras públicas nacionales etc.; (2) la organización de plataforma/comité/red de coordinación a nivel nacional y/o regional; (3) organización de fondos/capital de riesgo; (4) crear incentivos empresariales e impulsar innovaciones; (5) fortalecer capacidades, formación profesional, etc.

Un tema que en el que puso énfasis el Foro Nacional de Cirad/Colciencias son las acciones reglamentarias y normas, importantes en los seis senderos propuestos. Dos temas interesantes que se mencionaron son: un repositorio genético de referencia mundial y una actividad de monitoreo de la bioeconomía. Otro tema que tal vez necesitaría más énfasis y detalles es la

gobernanza (estructura, organización etc.). Al final, como fue discutido aquí, existen diferentes hojas de ruta, diferentes listas de recomendaciones y acciones propuestas, pero, ¿con quiénes y cómo se va a construir un consenso con el cual Colombia podría avanzar de una manera concreta y factible?

Condiciones requeridas para promover la bioeconomía en Colombia

La bioeconomía representa una estrategia de producción y organización económica que es transversal a todos los sectores productivos incluyendo no solamente los sectores modernos y de innovación, sino también los tradicionales (agricultura familiar, agroecosistemas de comunidades y pueblos originarios y otros), de diversas escalas de producción, que comparten el concepto del uso de los procesos y recursos biológicos como un componente central de sus actividades de producción y servicios (Cepal, FAO e IICA, 2019). Implica una oportunidad trascendental de innovación y apertura de nuevos senderos para robustecer y reactivar el sector agrícola y las áreas rurales, es decir, representa un motor para el desarrollo territorial inclusivo.

Para avanzar en el viraje hacia un modelo productivo sostenible y competitivo se requiere una visión clara y definida que cuente con un enfoque de prospectiva estratégica y planes de desarrollo e implementación a corto, mediano y largo plazo. Debe plantearse como un esfuerzo común en el que se acuerdan grandes soluciones para grandes problemas bajo el concepto de investigación-innovación orientada por la misión, y contando con la participación proactiva de todos los miembros de la sociedad (Misión Internacional de Sabios, 2020). Esta planeación y definición de actividades específicas debe ser fruto de formulaciones participativas en las que todos los actores involucrados contribuyan, además, debe contar con un respaldo sólido de políticas públicas estables a largo plazo. Lo anterior implica un cambio en las relaciones e interacciones intersectoriales, en las

que todos los actores participen, privilegiando el enfoque territorial sobre el nacional, ajustado a los recursos, capacidades, intereses y necesidades de cada región.

La bioeconomía no es solo una oportunidad para el país por su gran riqueza en biodiversidad, recursos genéticos, suelos productivos y capacidad de producción de biomasa, sino que es fundamental para encontrar nuevas rutas para el desarrollo rural y agrícola (Cepal-FAO-IICA, 2019). Para que el aprovechamiento productivo de la bioeconomía sea viable, factible y seguro para todas las agriculturas y sistemas rurales, se debe contar con las condiciones políticas, económicas y ambientales requeridas. Puesto que la bioeconomía se fundamenta en la biomasa, la agricultura es el elemento fundamental en este paradigma. El enfoque es hacer más eficiente la agricultura, producir más con menos y promover la agricultura circular, con utilización intensiva, adaptado a las condiciones y los recursos naturales, físicos, científicos e incluso culturales de los territorios específicos.

Puesto que, en general, en la mayoría de sus formas la biomasa es un recurso voluminoso y de muy bajo precio, cuyo transporte representa costos ambientales y económicos, lo más eficiente y conveniente es realizar los procesos de adición de valor *in situ*, o a distancias cercanas a su origen, especialmente cuando se busca desarrollar nuevas cadenas o redes de valor en procesos asociados a esa biomasa (Cepal-FAO-IICA, 2019). La aplicación de avances en C & T + I en esas redes de valor permiten el proceso en cascada de la biomasa para la obtención de alimentos y piensos, fibras, energía, biomateriales y otros bioproductos de alto valor agregado. Como resultado de esto se logra una densificación económica regional que a su vez promueve el desarrollo de una mejor infraestructura y bienestar para la región (vías, comunicaciones, educación, salud, empleo digno, entre otros)

Es necesario renovar las estrategias de inserción de las economías y los territorios rurales en la economía global, y definir nuevos senderos productivos a partir de lo biológico, que generen empleos e ingresos con los recursos del entorno. Uno de los ejemplos es el uso de la biomasa residual (agrícola, industrial y doméstica) en aprovechamientos productivos usando C & T + I para la innovación mediante la obtención de bioenergías, bioinsumos, productos para alimentación humana y animal

y biopolímeros e insumos entre otros. Además, debe tenerse en cuenta la dinámica actividad de los emprendedores jóvenes en este campo a través de bioemprendimientos pioneros promotores de innovación, especialmente en temas de frontera del conocimiento.

Elementos primordiales para el fomento del modelo de bioeconomía circular:

- La transferencia de conocimiento y la colaboración empresarial son el núcleo de un sistema de innovación, base del desarrollo de la bioeconomía y de nuevas aplicaciones para la biomasa. Es necesario estimular y fortalecer la colaboración entre las empresas en las etapas, de manera que se estructuren verdaderas redes de innovación.
- La definición en forma eficiente y en cascada los flujos de biomasa para la reducción de desechos (subproductos).
- El establecimiento de redes y aplicación del conocimiento para el desarrollo de nuevos bioproductos.
- La promoción de actividades de comunicación y divulgación para la sensibilización de toda la sociedad sobre la necesidad y beneficios del modelo de bioeconomía.

Etapas a seguir y recomendaciones

- El éxito de la adopción de la bioeconomía requiere un discurso social sobre cómo la sociedad puede reconciliar crecimiento económico y la sostenibilidad, para lo cual se necesita adaptación y ajuste permanente de iniciativas y agendas, así como de cooperación internacional eficiente.
- Es urgente y prioritario que en el actual proceso de revisión y concertación del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad, la concepción que se tiene de bioeconomía sea revisada de fondo y el país pueda beneficiarse de las enormes posibilidades que esta ofrece en campos como la

agricultura y el desarrollo rural, la salud humana y animal, el ambiente y la descarbonización de la economía y la generación de energías limpias, entre otras. De no hacerlo el país y el Gobierno perderán una oportunidad de oro para generar riqueza y bienestar basados en el conocimiento y la innovación como motores de las sociedades del conocimiento.

- Debe integrarse una comisión de expertos internacionales y nacionales de reconocida solvencia científica y tecnológica para que apoye y colabore en el país con dichas materias.
- De alta prioridad sería constituir un Consejo Nacional de Bioeconomía, que tendrá como una primera acción corregir y adecuar la estrategia de la bioeconomía y comenzar la grande tarea de sensibilizar a la sociedad civil, en las diferentes regiones y territorios del país.
- Una primera etapa para lograr una adopción del modelo de la bioeconomía por parte de la sociedad civil colombiana es elaborar e implementar una estrategia de sensibilización: explicar el modelo, sus principios, sus aplicaciones, productos e impactos. Justo en este momento de choque por la pandemia de COVID-19, la sociedad en general se está dando cuenta de que pos-COVID “business as usual” ya no es más posible, ni aconsejable. Como recién comentó el “padre de la bioeconomía europea”, Christian Patermann (2020):

from all existing strategies to cope with the post-Corona future, the Bio-based Economy is the best one to reconcile the fundamental desires of the people for affordable living, decent working with respecting nature and environment, in a sustainable co-existence...¹

1 De todas las estrategias disponibles para enfrentar el futuro pos-covid, la bioeconomía es la mejor opción para reconciliar los objetivos fundamentales de una vida factible y trabajo digno en una coexistencia sostenible con el respeto a la naturaleza y el ambiente [traducción propia].

- Una etapa complementaria siguiente requiere la elaboración e implementación de una estrategia de formación enfocada a diversos públicos. Esto incluye cursos especializados para industrias, posgrados multidisciplinarios para diferentes carreras universitarias, así como seminarios y talleres para grupos interesados y/o grupos de actores cuyo objetivo es instaurar una bioeconomía territorial... Por otro lado, es importante sensibilizar y educar a los consumidores en general sobre los beneficios de los (nuevos) bioproductos. El papel de las agencias de consumidores es significativo y la complementación a través de instancias como Consumers International puede ser oportuno.
- Adicionalmente, y de acuerdo con los análisis globales iniciales del pos-COVID-19, parece haber consenso en que una de las lecciones más evidentes es la importancia fundamental de la producción y comercio (de agroalimenticia) a nivel local y regional, lo cual se traduce en el enfoque de bioeconomía que proponemos, es decir, un modelo de desarrollo territorial. Es un hecho que la agricultura y la alimentación van a ser consideradas actividades estratégicas de interés público nacional y que probablemente van a contar con más apoyo no solo de todos los órganos del Estado, sino también de toda la sociedad en general. Se plantea el fortalecimiento y la integración a nivel local de los diversos sistemas productivos y la adición de valor a los recursos en un contexto de sostenibilidad social, ambiental y económica. Se trata de interconectar diversas actividades productivas y económicas y así establecer verdaderas redes de valor de los productos para su valorización *in situ* con los consiguientes beneficios para las comunidades y empresas así como para el bienestar de la población.
- La mejor alternativa para la definición de estrategias y soluciones en este tipo de desarrollo y afianzar sus posibilidades de éxito es la acción participativa y proactiva de todos los actores involucrados a partir de la base, es decir, la denominada *bottom up* porque es la comunidad misma la que conoce sus características, sus recursos, sus capacidades, sus productos estratégicos que le pueden dar

competitividad y, también conocen cuáles son las actividades que pueden facilitar emprendimientos exitosos que generen empresas estables y sostenibles que proporcionen prosperidad, salud y empleo para quienes han visto reducidas sus fuentes de ingresos.

Referencias

- Aramendis, R. y Castaño, A. (2019). Bioeconomía en Colombia. En E. Hodson de Jaramillo, E. Trigo y G. Henry (eds.), *La bioeconomía: nuevo marco para el crecimiento sostenible en América Latina* (pp. 81-101). Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas (Cepal), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2019). Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2019-2020. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45111-perspectivas-la-agricultura-desarrollo-rural-americas-mirada-america-latina>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2018). Conpes 3934 Política de Crecimiento Verde. https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Resultados/PDF_Colombia%20hacia%20el%20crecimiento%20verde_MP.pdf
- European Commission. (2018). A sustainable bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment. Updated Bioeconomy Strategy. https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/ec_bioeconomy_strategy_2018.pdf
- Global Bioeconomy Summit (GBS). (2018). Communiqué. Global Bioeconomy Summit 2018 - Innovation in the Global Bioeconomy for Sustainable and Inclusive Transformation and Wellbeing. http://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/Downloads/GBS_2018_Communique.pdf
- Henry, G., Aramendis, R. y Hodson de Jaramillo, E. (En prensa). *La bioeconomía: una asignatura pendiente en la política pública colombiana*. Editorial Universidad Externado.

- Henry, G., Hodson, E., Aramendis, R., Trigo, E. J. y Rankin, S. (2017). La bioeconomía: motor de desarrollo integral para Colombia. CIAT. <http://hdl.handle.net/10568/90548>
- Keswani C. (ed). (2020). *Bioeconomy for sustainable development*. Springer Nature Singapore Pte Ltd. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-9431-7>
- Misión Internacional de Sabios. (2020). Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Bioeconomía, Biotecnología y Medio Ambiente. En AA. VV., *Colombia - Hacia una sociedad del conocimiento. Reflexiones y propuestas (vol. 1)*. Colección Misión Internacional de Sabios 2019. Vicepresidencia de la República de Colombia, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Montoya Castaño, D. (2019, 2 de marzo). Bioeconomía: un camino al desarrollo sostenible. *El Espectador*.
- Patermann, C. (2020). Comment. <https://www.linkedin.com/in/christian-patermann-80599975/>
- Pisón, A. C. y Betancur, M. A. (2014). Experiencias exitosas en bioeconomía en América Latina y Caribe. En E. Hodson (ed), *Towards a knowledge based bioeconomy in Latin America and the Caribbean*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Rodríguez A. G. (2018). La bioeconomía y la agenda 2030. Cuarto Diálogo Latinoamericano sobre Agricultura y Cambio Climático. Consejo Económico para América Latina y el Caribe. Cepal. Santiago de Chile. Noviembre.
- Stockholm Environment Institute (SEI). (2020). Informe del taller Diálogo nacional de bioeconomía en Colombia, Bogotá, 18 de noviembre del 2019.
- Una revolución verde. (2016, 25 de junio). *Revista Semana*. <https://www.semana.com/economia/articulo/bioeconomia-nuevo-negocio-para-biodiversidad-en-colombia/479156>
- World Economic Forum. (2018). Harnessing the fourth industrial revolution for life on land: Towards an inclusive bio-economy. Fourth Industrial Revolution for the Earth Series. http://www3.weforum.org/docs/WEF_Harnessing_4IR_Life_on_Land.pdf