

## Artículo de revisión

# BIOECONOMÍA: UNA ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD EN LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

## Bioeconomical: a sustainability strategy in the fourth industrial revolution

Hernández, RE.<sup>1</sup>; Céspedes J.<sup>2</sup>

### RESUMEN

El mundo enfrenta una serie de grandes desafíos ambientales, económicos y sociales que deben ser atendidos para garantizar un futuro con bienestar para todos, así mismo enfrentar el cambio climático progresivo, la vulnerabilidad de algunas regiones, la reducción de la biodiversidad, la seguridad alimentaria y nutricional, el agotamiento del agua y el suelo, y las desigualdades sociales. Recientemente, se ha presentado a la bioeconomía como un camino viable, para hacer frente a las demandas emergentes de los patrones de producción y consumo, más en línea con los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) sintetizados en la Agenda 2030. Este artículo examina a través de revisión bibliográfica el concepto de bioeconomía, haciendo énfasis en el beneficio ante los desafíos que se enfrenta. Una evaluación ante esta realidad puede tratar un gran número de tópicos; sin embargo, el contenido principal está centrado en la constitución de la bioeconomía como estrategia, que rápidamente está evolucionando hacia una visión amplia para el desarrollo sostenible, haciendo uso de los nuevos conocimientos, innovaciones y tecnologías de la cuarta revolución industrial, que permiten comprender y aprovechar el valor potencial de la naturaleza en formas antes inimaginables, permitiendo un cambio total del papel de los recursos biológicos en la estructuración de las economías y la búsqueda del bienestar social. El artículo contribuye al debate sobre la materia, específicamente en dos aspectos metodológicos: 1) La verificación de la hipótesis Economía circular + bioeconomía = sostenibilidad y 2) La replicación de los hallazgos científicos en sectores y tecnologías emergentes en la revolución 4.0.

**Palabras clave:** bioeconomía, economía circular, sostenibilidad, biotecnología, revolución 4.0.

### ABSTRACT

The world faces a series of great environmental, economic and social challenges that must be addressed to guarantee a future with well-being for all, as well as face progressive climate change, the vulnerability of some regions, the reduction of biodiversity, food security and nutrition, the depletion of water and soil, and social inequalities. Recently, the bioeconomy has been presented as a viable way to face the emerging demands of production and consumption patterns, more in line with the Sustainable Development Goals (SDGs) synthesized in the 2030 Agenda. This article examines Through a bibliographic review the concept of bioeconomy, emphasizing the benefit in the face of the challenges it faces. An assessment of this reality can address a large number of topics; However, the main content is focused on the constitution of the bioeconomy as a strategy, which is rapidly evolving towards a broad vision for sustainable development, making use of the new knowledge, innovations and technologies of the fourth industrial revolution, which allow understanding and harnessing the potential value of nature in ways previously unimaginable, allowing a total change in the role of biological resources in structuring economies and the pursuit of social well-being. The article contributes to the debate on the matter, specifically in two methodological aspects: 1) The verification of the hypothesis Circular economy + bioeconomy = sustainability and 2) The replication of scientific findings in emerging sectors and technologies in the 4.0 revolution.

**Keywords:** bioeconomy, circular economy, sustainability, biotechnology, revolution 4.0.

<sup>1</sup>Instructora Investigadora, Centro Agroempresarial y Acuícola, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Colombia. rhernandezb@sena.edu.co

<sup>2</sup>Instructor Investigador, Centro Industrial y de Energías Alternativas, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Colombia. jcespedesr@sena.edu.co

## INTRODUCCIÓN

La bioeconomía lleva mucho tiempo entre nosotros, en el mundo actual hace parte de la revolución de nuevos productos en la industria del bienestar, como son los cosméticos, farmacéuticos, alimenticios, textiles entre otros; los cuales toman como fuente el aprovechamiento de la biodiversidad. La importancia de estudiarla de manera independiente, radica en comprender su utilización en el desarrollo económico de los países. En América Latina hemos sido muy tímidos en la implementación de modelos económicos basados en la capacidad de la bioeconomía para responder a varios de los principales desafíos globales del futuro, convirtiéndola en una oportunidad con amplio potencial.

La bioeconomía, nace como respuesta a cuatro retos globales: 1) el incremento de la población mundial y seguridad alimentaria; 2) el aumento de residuos sin destinación específica; 3) el cambio de combustibles fósiles a fuentes de energías alternativas y 4) las preocupaciones sobre el cambio climático. Los elementos centrales de la bioeconomía son los recursos naturales, sistemas, principios y procesos biológicos, así como todas las tecnologías asociadas a su conocimiento, desarrollo, emulación, transformación o regeneración (Hodson, Henry y Trigo, 2019).

Más que un sector, es una red de cadenas de valor interconectadas, que incluyen la totalidad de las actividades agropecuarias, forestales, de pesca y acuicultura, las industrias de alimentos y bebidas y de la pulpa y el papel, así como segmentos de las industrias química, farmacéutica, cosmética, textil y automotriz y energética (Von Braun, 2015). En América Latina existe un gran potencial para el desarrollo de la bioeconomía, como una alternativa para la diversificación productiva y la agregación de valor en el medio rural, especialmente en los sectores agrícola y agroindustrial (Rodríguez et al., 2017).

La riqueza de Colombia en biodiversidad brinda una ventaja para el desarrollo de la bioeconomía, se

considera que hacer un uso razonable es imprescindible para generar una transición hacia un modelo de crecimiento verde, y que un desarrollo sólido de la bioeconomía puede garantizar la conservación de recursos naturales que podrían ser desperdiciados o agotados si no hay un esquema de aprovechamiento sostenible (Gómez, 2018).

El otro factor determinante en el desarrollo reciente de la bioeconomía es el surgimiento, en el marco de la llamada Cuarta Revolución Industrial, de innovaciones científicas y tecnológicas que permiten comprender y aprovechar el valor potencial de la naturaleza en formas antes inimaginables. Gracias a los avances en biogenética, los investigadores pueden mapear, secuenciar y replicar la dotación biológica de la tierra. Al mismo tiempo, las interacciones entre nanotecnología, inteligencia artificial, robótica y una miríada de innovaciones biológicas están produciendo nuevos avances en materiales inteligentes, desarrollo de biorrefinerías competitivas, generación de energía y remediación de la contaminación, entre otros (WEF, 2018).

El impulso que la Cuarta Revolución Industrial ofrece, es generar nuevas fuentes de conocimiento e innovación y nuevas cadenas de valor mediante el aprovechamiento de los “activos biológicos” de la naturaleza (sus bioquímicos y biomateriales) y sus “activos biomiméticos” (sus funciones y procesos) (De Azevedo, 2018).

### Concepto de bioeconomía

La bioeconomía no tiene un concepto único y ha recibido poca atención en las políticas públicas de los países de Latinoamérica, pese al aporte que podría hacer al logro de los ODS. Dada la diversidad de situaciones nacionales no se considera pertinente proponer una definición de bioeconomía con la pretensión de que sea aceptada por todos los países. Ante esta realidad diferentes organizaciones mundiales han expuesto sus propios conceptos, plasmados en la Tabla 1:

Tabla 1. Conceptos de bioeconomía.

Concepto	Referencias
La bioeconomía es un proceso de transformación social dinámico y complejo, que exige una perspectiva de política a largo plazo; los países pueden definir sus bioeconomía en función de sus realidades y capacidades nacionales, así como sus elementos programáticos.	Rodríguez et al., (2019)
La bioeconomía tiene el propósito de recordarnos continuamente el origen biológico del proceso económico y así destacar el problema de la existencia de la humanidad con una limitada cantidad de recursos accesibles, desigualmente ubicados y desigualmente apropiados.	Georgescu-Roegen (1975)
La bioeconomía basada en el conocimiento (KBBE) puede definirse como la transformación del conocimiento de las ciencias de la vida en productos nuevos, sostenibles, ecoeficientes y competitivos.	Unión Europea (2005) New perspectives in the knowledge-based bio-economy (2007) En Route to the Knowledge-Based Bio-Economy
La bioeconomía se refiere al conjunto de actividades económicas relacionadas con la invención, desarrollo, producción y uso de productos y procesos biológicos.	OECD (2009) - The Bioeconomy to 2030: designing a policy agenda
La Bioeconomía incluye producción de recursos biológicos renovables y la conversión de estos recursos y flujos de desechos en productos de valor agregado como alimentos, piensos, productos de base biológica y bioenergía.	Unión Europea, (2012) - Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe
La bioeconomía definida como la producción basada en el conocimiento y la utilización de recursos, principios y procesos biológicos, para proveer productos y servicios a todos los sectores del comercio y la industria dentro del contexto de un sistema económico adecuado para el futuro.	Consejo Alemán para la bioeconomía (2017)
La bioeconomía es la producción, utilización y conservación de los recursos biológicos, incluidos los conocimientos relacionados, la ciencia, la tecnología y la innovación, para proporcionarle información, productos, procesos y servicios a todos los sectores económicos, con el objetivo de avanzar hacia una economía sostenible.	Global Bioeconomy Summit, FAO (2018)
La bioeconomía propone un modelo económico en el cual la producción de bienes y servicios se basa en el uso eficiente y sostenible de los recursos biológicos (genes, biomasa de bacterias, plantas y animales) y de los recursos naturales (como suelo y agua), así como el aprovechamiento de los desechos que se generan en su transformación, reduciendo el uso de energía fósil y contribuyendo al objetivo global de descarbonizar la economía.	Hodson De Jaramillo, Henry y Trigo (2019)

### Enfoque de la bioeconomía

Uno de los objetivos principales de la bioeconomía es ser una herramienta que dé respuesta a grandes desafíos tales como la alimentación de una población creciente, garantizar el suministro equitativo de los alimentos, la mitigación de los efectos del cambio climático y la reducción de la dependencia de combustibles fósiles, la bioeconomía representa una estrategia eficaz para un cambio estructural orientado a la descarbonización de la economía. En tanto se fundamenta en el desarrollo de estrategias de innovación para el sector agropecuario y agroindustrial intensivas en conocimiento, potenciando capacidades y fomentando la colaboración en biotecnología y otras tecnologías habilitantes, favoreciendo desarrollos en bioenergía (bioenergía biomásica, bioenergía solar, biogas), diversificando la base económica de las economías regionales e incrementando la agregación de valor. BioPlat, (2018) ha elaborado la infografía

“Biorrefinerías, elemento esencial de la bioeconomía circular” donde se ilustra cómo el desarrollo de biorrefinerías permitirá instaurar nuevos conceptos empresariales que den respuesta a la creciente demanda, por parte de muchos sectores de la población y del sector privado, de innovaciones tecnológicas y soluciones sostenibles, que lleven implícito el ahorro energético y de recursos a la vez que procuran la protección del medio ambiente.

### Economía circular + bioeconomía = sostenibilidad

Los conceptos de economía circular y bioeconomía, se encuentran relacionados entre sí, que no es otra más que, colaborar de forma eficiente en aportar al mundo un modelo económico y social sostenible, con una menor huella de carbono. Ambos conceptos aún se encuentran en una etapa inicial, más sólidos en el papel que en la práctica, pero tienen un gran potencial. La economía circular es una forma de organización

económica, en la que se procura que el valor de los productos e insumos materiales, se mantengan dentro del ciclo económico durante tanto tiempo como sea posible, apuntando con ello a que la generación de residuos se minimize; propone un cambio sistémico radical que apunta al ecodiseño, la simbiosis industrial, la economía de la funcionalidad, reuso, reparación, remanufactura y valorización. Este enfoque promueve la innovación y la resiliencia a largo plazo y permite el desarrollo de nuevos modelos de negocio (FEC, 2017). La bioeconomía en cierta medida trata sobre la «biologización» de la creación de valor industrial. Proporciona carbono renovable a la industria y puede reemplazar directamente el carbono fósil en casi todas las aplicaciones, en contraste con los minerales y

metales, es un desafío mantener el valor de la biomasa en cascada, que es mucho más fácil en metales y minerales. El principio del “uso en cascada” significa que la biomasa se debe usar primero como material, y la energía que contenga será recuperada al final de la vida del producto, respetando además la jerarquía de los residuos, que implica reutilización y reciclaje previo a la eliminación (Carus y Dammer, 2018).

Por lo tanto, la economía circular está dominada por las industrias de metales y minerales. En comparación la biomasa se considera menor respecto a otros materiales. La bioeconomía está agregando una ruta de reciclaje orgánica adicional que expande la economía circular (Figura 1).

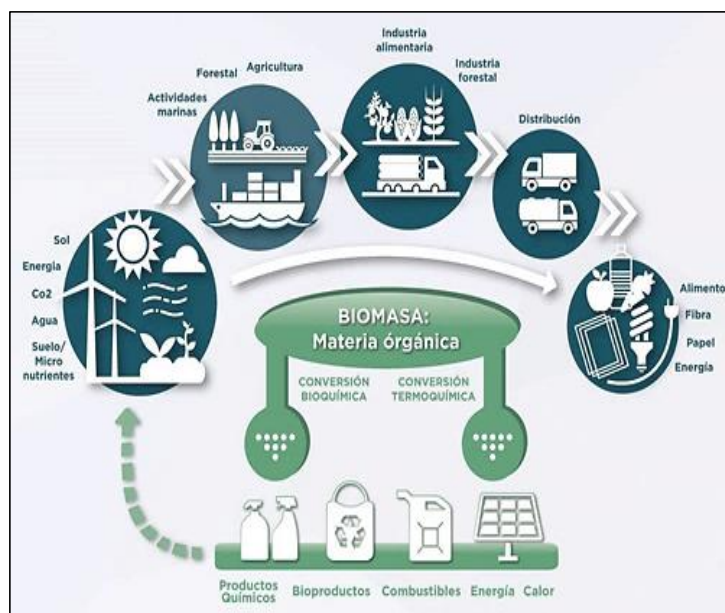


Figura 1. Ciclo de la bioeconomía (FONTAGRO, 2016).

### Sectores y tecnologías emergentes en la revolución 4.0

Las tecnologías que emergen en este contexto ofrecen una capacidad sin precedentes de reorganización de los procesos productivos. Tienden, además, a redefinir las fronteras sectoriales y a modificar las formas de competencia prevalecientes en un amplio espectro de sectores. La velocidad con que se suceden estas transformaciones plantea un desafío formidable para la política industrial y tecnológica de Colombia, pero las brechas que restan por cerrarse son, en general, muy amplias, y están atravesadas por una fuerte incertidumbre, propia de todo proceso de transición tecnológica (CEPAL, 2019).

La Industria 4.0 se basa en los llamados “sistemas de producción ciberfísicos”. En estos, los procesos de producción sean físicos o biológicos, son controlados o monitoreados por algoritmos estrechamente integrados con Internet. Para ello, se apoyan en una modelización digital de los procesos de producción y en el intercambio de datos en el proceso de fabricación, entre productos y máquinas y/o entre diferentes actores de la cadena de producción (Bidet-Mayer, 2016). En la intersección de los distintos dominios asumen un rol central la analítica de grandes datos (Big Data Analytics), la computación en la nube y la inteligencia artificial. Esta nueva fase del paradigma tecno-productivo de las TIC ofrece una promesa de reducción del tiempo (y costos) de circulación para avanzar sobre

los tiempos de producción, generando un aumento de la rentabilidad a partir de la reducción del tiempo en el cual los medios de producción (materias primas, maquinarias) que se encuentran en estado latente. Para la bioeconomía la “Industria 4.0” plantea nuevos desafíos en la medida que la nueva genómica y los avances en la digitalización de los bioprocesos abren nuevas oportunidades de desarrollo, con varios elementos que contribuyen a la convergencia tecnológica entre las tecnologías digitales y las biotecnologías; nuevas fuentes de conocimiento e innovación en diferentes sectores: (CEPAL, 2019).

**Sector farmacéutico:** En la actualidad, uno de cada cuatro medicamentos disponibles en el mercado farmacéutico es un biofármaco, los cuales se utilizan en el tratamiento de diversas patologías, como cáncer, anemias, alteraciones de la hemostasia, enfermedades neurológicas, hematológicas, endocrinológicas y metabólicas, y también en trasplantes y enfermedades autoinmunes. Los biofármacos son producidos a partir de sistemas biológicos vivos (bacterias, hongos, levaduras, células de mamíferos, tejidos de origen vegetal o animal, animales de laboratorio). El proceso completo incluye técnicas de biología molecular e ingeniería genética, complejos sistemas de producción industrial a gran escala, tecnología especializada en aislamiento, purificación y análisis de productos biológicos y formulación del producto para ser administrado en pacientes (Matar, 2009).

**Sector químico:** Una de las crisis que amenaza especialmente la vida y la sanidad de los océanos es la contaminación con plásticos y desechos de envases y empaques no degradables. Los desarrollos tecnológicos han permitido que actualmente se cuente con la posibilidad de usar bioplásticos biodegradables en la mayoría de las industrias que usan material plástico convencional. El desarrollo de nuevas y avanzadas tecnologías de procesamiento de la biomasa de residuos permitirá, en algún momento, que este material no sea enviado a los rellenos sanitarios, sino que se utilice como materia prima de procesos circulares de elaboración de valiosos e innovadores productos (Bell et al., 2018).

**Sector alimentos:** Los consumidores son cada vez más conscientes del efecto de la alimentación en la salud y en la prevención de las enfermedades y buscan alimentos naturales y que les proporcionen un valor adicional preventivo. Son igualmente conscientes del

efecto de los sistemas productivos en el medio ambiente y buscan procesos sostenibles. Sin embargo, con la industria 4.0 se habla de alimentos biodiseñados, haciendo uso de la inteligencia artificial, a partir de alimentos conocidos en base a ingredientes vegetales más saludables y económicos. Algunas empresas están evaluando la viabilidad comercial de la carne sintética o artificial, producida en laboratorio a partir de la multiplicación de células del tejido muscular. En un futuro, estos procedimientos podrían ayudar a proveer alimentos con menor impacto ambiental (De Azevedo, 2018).

**Sector agrícola:** La bioeconomía en la agricultura se basa no solo que contribuya a la seguridad alimentaria, sino también a la producción de biomasa como materia prima renovable para la industria, la generación de energía y otros usos. Actualmente, se adelantan estudios de híbridos entre plantas y robots que podrían servir para construir estructuras complejas. Las plantas crecen a través de una red de sensores, computadoras y nodos robóticos que están conectados entre sí y supervisan constantemente su desarrollo. A medida que el sistema crece puede tomar formas arquitectónicas significativas, incluyendo eventualmente una casa (De Azevedo, 2018).

La mejora de eficiencia y eficacia de productos para el campo a partir de nuevas tecnologías como la microencapsulación, técnica que suelen ser habitual en otros sectores como cosmética, farmacia o alimentación también tiene interés para productos aplicados en el sector agrario.

**Sector salud:** En relación con consideraciones de salud humana, es necesario destacar que la industria médica y de cuidado de la salud es uno de los sectores más activos en la bioeconomía mundial y que su aprovechamiento de los avances en la tecnología del ADN recombinante ha tenido un importante papel en el desarrollo de nuevos productos, tratamientos, vacunas, servicios diagnósticos y biofármacos, los cuales incluyen la insulina, los anticuerpos monoclonales para diagnóstico o terapias, el interferón, la eritropoyetina, y los moduladores enzimáticos, entre otros (Lokko, et al., 2018). La biología sintética une ingenieros, biólogos y médicos para diseñar nuevos organismos programables que se comportan como pequeños robots. Tiene incontables aplicaciones potenciales, desde biosensores, bioagentes capaces de actuar en forma terapéutica, fármacos inteligentes y microorganismos capaces de múltiples acciones, desde

eliminar o transformar compuestos tóxicos a facilitar fermentaciones industriales (De Azevedo, 2018).

**Sector construcción:** La conexión entre nuevas tecnologías y la biodiversidad está inspirando innovaciones con incalculable valor económico. La ventaja significativa de los materiales de construcción de base biológica es que retienen dióxido de carbono, la fotosíntesis artificial ofrece la posibilidad de eliminar el dióxido de carbono de la atmósfera a gran escala. El estudio y digitalización de la fluidez de los sistemas de tráfico de las hormigas está ayudando al desarrollo de algoritmos para sistemas autónomos y compartidos de transporte para ciudades inteligentes (De Azevedo, 2018).

**Sector energético:** En lo energético, además de los biocombustibles convencionales (etanol o biodiésel), la oportunidad apunta a la circularidad implícita en la bioeconomía y la posibilidad de transformar costos actuales (disposición de los residuos biológicos de la industria, así como residuos sólidos urbanos) en insumos energéticos, que no solo contribuyan positivamente al balance energético del país, sino que representen una fuente de competitividad industrial mediante la reducción de los costos de la energía local (Golden y Hanfield, 2014). Otro de los enfoques principales de los desarrollos en bioeconomía son las biorrefinerías para la obtención de bioenergía que permita la sustitución gradual de los combustibles fósiles por bioproductos renovables, o la obtención de bioproductos. Los productos y procesos biotecnológicos son, en principio y por definición, más limpios que los procesos petroquímicos o termoquímicos. En este campo, ha habido una serie de avances en los sistemas de transformación de biomasa.

En todo caso, la combinación de nuevas tecnologías, avances en biotecnología y mejor conocimiento de las propiedades naturales recién está empezando a rendir sus frutos.

### Retos y oportunidades 2030

Los retos como los que presenta el ingreso de las tecnologías provenientes de la revolución 4.0 o los enormes desafíos que está mostrándole al país la época Post Covid-19. Nos encontramos ante un escenario de barreras. El impacto que tendrá el Covid-19 sobre la bioeconomía en el país no será homogéneo. Dependerá de las características de cada

uno de los departamentos y de su sistema agroindustrial. Del mismo modo, se prevé que los impactos variarán entre los eslabones de las diferentes cadenas productivas, siendo la producción de alimentos una de las actividades agroindustriales menos afectada. No obstante, toda crisis representa una oportunidad. Habrá espacio para generar nuevas situaciones, nuevas acciones e iniciativas innovadoras (Blanco, et al., 2020).

El desarrollo de la bioeconomía requiere que las innovaciones se implementen y tengan éxito. Todas las acciones, inversiones y resultados de la I+D+i biotecnológica deben tener un fin específico: productos de alto valor que sean comercializables. Sin embargo, influyen numerosos factores, como las condiciones legislativas, la propiedad intelectual, los recursos humanos, la aceptación social, la estructura del mercado y los modelos de negocio.

Dentro de los ODS el Objetivo Estratégico 3 “generar estrategias sostenibles de trabajo en red, aprovechando las capacidades científicas y tecnológicas para el desarrollo competitivo del sistema biotecnológico del país”, Colombia aspira que para el año 2032 se le reconozca como líder en el desarrollo, producción, comercialización y exportación de productos de alto valor agregado, derivados del uso sostenible de su biodiversidad. (Gómez y Ossa, 2015). De ahí que, en respuesta a esta iniciativa, el Gobierno Nacional desarrolló distintas estrategias para crear las condiciones tanto económicas, técnicas e institucionales, como legales, que faciliten el desarrollo de empresas con productos comercializables basados en el uso sostenible y con la aplicación de la biotecnología (Procolombia, 2015).

El Centro de Bioinformática y Biología Computacional de Colombia (BIOS) procura impulsar la bioeconomía para Colombia, como alternativa de solución y respuesta a las necesidades de investigación científica y a los problemas que aquejan nuestro contexto nacional. Iniciativas, que vistas desde una perspectiva empresarial, requieren del conocimiento de las condiciones que afectan el desarrollo de su mercado, y para ello necesariamente se tienen que determinar las características dominantes que identifican la situación actual de la biotecnología en nuestro país, en términos del espectro empresarial que la implementa, su inversión y el desarrollo de productos, entre otros aspectos.

Las perspectivas de desarrollo futuro que plantean los escenarios para I+D en materia de bioeconomía, se establecen en coherencia con las tendencias detectadas en la revolución 4.0. En ese orden de ideas se definen marcos de actuación que buscan procesos, empaques y productos amigables con el medio ambiente, la diversificación del portafolio donde se pretende el cambio de productos e insumos por alternativas más naturales, donde el desarrollo de líneas relacionadas con colorantes, antioxidantes, textura y conversiones agroindustriales, marcan una pauta de investigación, al igual que los productos fitness, bajos en azúcar, con probióticos y prebióticos, funcionales, con valores agregados, sabores dulces sin estevia, que apunten a la salud y bienestar del consumidor, considerando la población adulta, su salud ósea, cardiovascular y cognitiva (Gómez y Ossa, 2015).

Como factor fundamental para enfrentar los retos y adoptar estrategias que promuevan el fortalecimiento tales como: 1) La transferencia de conocimiento se convierte en elemento clave de desempeño, y para ello se requiere implementar de distintas estrategias que permitan una mayor dinámica, potenciación y aprovechamiento de los conocimientos adquiridos y explotados. Para ello las empresas utilizan como su herramienta más predominante la participación en ferias tanto nacionales como internacionales. 2) La vigilancia tecnológica es una estrategia de algunas empresas para adquirir conocimiento sobre temas de su interés, tanto así algunas de ellas utilizan un software para sistematizar la información capturada por las distintas fuentes de información. 3) La contratación de expertos temáticos o con especialidades específicas según las necesidades establecidas, para adelantar procesos de consultoría es una práctica común de los empresarios. 4) Alianzas con otras entidades: la Universidad del Valle, Universidad Nacional, Universidad Libre, Sena, Fomipyme e Innova, laboratorios contratados y gremios constituyen los aliados más destacados de las empresas para adelantar los programas y proyectos que constituyan un proceso de I+D. Por lo general, las empresas que adelantan los procesos de I+D establecen alianzas y redes de cooperación para su desarrollo, donde las universidades están cumpliendo una función destacable; en su mayoría las empresas se vinculan con ellas para adelantar estos procesos. De igual forma, las empresas reconocen que los proveedores juegan un papel muy importante en los procesos investigativos y de innovación, al ser ellos en

muchas ocasiones quienes adelantan procesos de mejoramiento y de laboratorio según las necesidades expresadas por la empresa, más cuando esta no cuenta con la estructura para ello (Gómez y Ossa, 2015).

## CONCLUSIONES

La bioeconomía es una oportunidad de desarrollo para el país y lo seguirá siendo y con más fuerza luego de la crisis. Su utilidad y efectividad en la coyuntura actual ayuda para que sea considerada estratégica en el mañana. Esta crisis, deja en evidencia que el modelo de desarrollo que se construya debe ser más resiliente, sostenible e inclusivo. En este escenario la bioeconomía es una respuesta estratégica a partir de las ventajas comparativas que tiene la región para industrializar de forma eficiente los recursos biológicos.

Las necesidades del sector biotecnológico del país están principalmente asociadas con la adopción y uso de tecnologías que les permita mejorar el desarrollo de sus productos y servicios y, a la vez, mejorar sus procesos internos. Los sectores analizados: agroindustria, cosméticos, alimentos y salud muestran que la realidad del sector biotecnológico en el país está caracterizada por la heterogeneidad de sus procesos de I+D. Dichas empresas han venido haciendo esfuerzos importantes para desarrollar productos y servicios acordes con las tendencias mundiales de consumo. Sin embargo, el camino por recorrer aún es largo. El reto para las empresas en el marco de la revolución 4.0 es aumentar sus niveles de inversión en investigación y desarrollo y seguir fortaleciendo el trabajo conjunto con la academia.

La bioeconomía es un sector clave para incentivar el crecimiento en las zonas rurales y que, en un mundo de ecosistemas y recursos biológicos finitos, es necesario hacer un esfuerzo de innovación para alimentar a la población, suministrar agua potable y energías limpias.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bell, J; Paula, L; Dodd, T; Németh, S; Nanou, C; Mega, V; Campos, P. 2018. EU ambition to build the world's leading bioeconomy-Uncertain times demand innovative and sustainable solutions. *New Biotechnology*. 40: 25-30.
- Bidet-Mayer, T; Ciet, N (2016). L'industrie du futur: une compétition mondiale. *La Fabrique de l'Industrie*.
- Blanco, G; Van Meijl, H; Chavarría, H; Witkowsky, K; Artuso, A; Michela Morese, M. 2020. *Plenaria II*.

- Cambio climático, medioambiente y bioeconomía post COVID-19. In Conferencia internacional de bioeconomía aplicada.
- Carus, M; Dammer, L. 2018. The circular bioeconomy—concepts, opportunities, and limitations. *Industrial biotechnology*, 14(2): 83-91.
- CEPAL, N. 2019. Industria 4.0: oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe.
- Consejo Alemán de Bioeconomía - BÖR. 2017. Bioeconomy policies and strategies established by 2017. Diagram prepared by the German Bioeconomy Council (Bioökonomierat – BÖR), Berlin. Fecha de consulta: marzo de 2018. Consultado 12 jun. 2018. Disponible en: <http://biooekonomierat.de/en/international0/>
- De Azevedo, B. 2018. Banco Interamericano de Desarrollo. Consultado 20 ago. 2018. Disponible en: <https://conexionintal.iadb.org/2018/07/27/ideas2-2>
- European Commission. 2005. New Perspectives on the Knowledge-Based Bio-Economy. European Commission, Brussels, Belgium.
- European Commission 2012. Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. Directorate General for Research and Innovation. European Commission, Brussels. Consultado 02 may. 2019. Disponible en: [http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/bioeconomycommunicationstrategy\\_b5\\_brochure\\_web.pdf](http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/bioeconomycommunicationstrategy_b5_brochure_web.pdf).
- FEC. 2017. Foro Mundial de Economía Circular. Finlandia.
- Georgescu-Roegen, N. 1975. Energy and economic myth. *Southern Economic Journal*, XLI: 347–81.
- Global Bioeconomy Summit. 2018. Innovation in the Global Bioeconomy for Sustainable and Inclusive Transformation and Wellbeing. Consultado 20 sep. 2019. Disponible en: [http://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/Downloads/GBS\\_2018\\_Communique.pdf](http://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/Downloads/GBS_2018_Communique.pdf)
- Golden, J. S; Handfield, R. B. 2014. Why biobased? Opportunities in the emerging bioeconomy. US Department of Agriculture, Office of Procurement and Property Management: Washington, DC, USA.
- Gómez, S. P. M; Ossa, Y. K. H. 2015. Biotecnología aplicada al desarrollo agropecuario colombiano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 6(2): 97-108.
- Gómez, HJ. 2018. Avances en la formulación de la política pública para el desarrollo de la bioeconomía en Colombia. Departamento Nacional de Planeación. Seminario Regional CEPAL.
- Hodson, E; Henry, G; Trigo, EJ. 2019. La bioeconomía. Marco para el crecimiento sostenible en América Latina. Pontificia Universidad Javeriana.
- Lokko, Y; Heijde, M; Schebesta, K; Scholtès, P; Van Montagu, M; Giacca, M. 2018. Biotechnology and the bioeconomy-Towards inclusive and sustainable industrial development. *New biotechnology* 40: 5-10.
- Matar, P. 2009. Biofármacos y biosimilares. *Revista Argentina de Reumatología* 20(3): 8.
- OECD. 2009. The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda, Scoping Document. Paris, France: Organisation for Economic Cooperation and Development.
- BIOPLAT. 2018. Consultado 24 jul. 2019. Plataforma Tecnológica Española Biomasa. Disponible en <https://blog.bioplat.org/2018/12/12/biorrefinerias-elemento-esencial-de-la-bioeconomia-circular/>
- Procolombia. 2015. Inversión en el sector Biotecnología. Consultado 17 oct. 2019. Disponible en: <http://www.inviertaencolombia.com.co/sectores/servicios/biotecnologia.html>
- Rodríguez, AG; Mondaini, AO; Hitschfeld, MA. 2017. Bioeconomía en América Latina y el Caribe: contexto global y regional y perspectivas. CEPAL.
- Rodríguez, AG; Rodrigues, MDS; Sotomayor Echenique, O. 2019. Hacia una bioeconomía sostenible en América Latina y el Caribe: elementos para una visión regional. CEPAL.
- Von Braun, J. 2015. Science and technology policy to harmonize biologization of economies with food security. *The Fight Against Hunger and Malnutrition: The Role of Food, Agriculture, and Targeted Policies*, 240.
- WEF. 2018. Harnessing the Fourth Industrial Revolution for Life on Land: Towards an Inclusive Bio- Economy.

Artículo recibido en: 18 de agosto 2020

Aceptado en: 13 de diciembre 2020