

Perspectivas científicas del agro

Serie de documentos de trabajo

Bioeconomía Circular: Megatendencia para las actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación en el sector agropecuario

Diego Hernando Flórez Martínez
Alexis Morales Castañeda





Bioeconomía Circular: Megatendencia para las actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación en el sector agropecuario

Autores

Diego Hernando Flórez Martínez
Alexis Morales Castañeda

Mosquera, enero 2020

La elaboración de este documento se deriva de las acciones de monitoreo y seguimiento de información científica, desarrollados por el Departamento de Inteligencia Científica y Tecnológica de la Dirección de Investigación y Desarrollo de Agrosavia.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)
Sede Central. Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera, Cundinamarca. Código postal 250047, Colombia.

Citación sugerida: Flórez Martínez, D. H. (2020). *Bioeconomía Circular: Megatendencia para las actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación en el sector agropecuario*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

DOI:

10.21930/agrosavia.inteligenciaestrategica.2020.1

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

<http://www.agrosavia.co>



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

Tabla de Contenido

Introducción.....	5
1. Perspectivas Globales y regionales de la Bioeconomía.....	7
1.1. Bioeconomía como estrategia de desarrollo - FAO.....	8
1.2. La bioeconomía en la política pública - OCDE.....	9
1.3. Bioeconomía para América Latina – CEPAL.....	11
2. Análisis evolutivo de la investigación en bioeconomía.....	17
3. Integralidad.....	28
4. Importancia de la Bioeconomía en las iniciativas de política.....	29
5. Extrapolación de la bioeconomía más allá del sector agropecuario y agroindustrial....	35
Referencias.....	38

Lista de Figuras

Figura 1. Factores clave del desarrollo de la bioeconomía.....	5
Figura 2. Enfoque Cascada.....	10
Figura 3. Elementos constituyentes de la bioeconomía.....	13
Figura 4. Visión estilizada de la bioeconomía.....	14
Figura 5. Interacción de la bioeconomía con sectores clave.....	16
Figura 6. Dinámica de publicaciones para la megatendencia de bioeconomía.....	19
Figura 7. Relación entre países, instituciones y tópicos de trabajo.....	20
Figura 8. Principales Autores.....	21
Figura 9. Colaboración entre Instituciones y países en temáticas de bioeconomía.....	22
Figura 10. Evolución temática de la Bioeconomía para el sector agropecuario.....	23
Figura 11. Clústeres base del análisis fraccional.....	25
Figura 12. Red de clústeres para el análisis de textos en título y resumen.....	26
Figura 13. Marco de referencia temático del desarrollo sostenible.....	32
Figura 14. Economía circular.....	34
Figura 15. Mapa de evolución temática.....	35
Figura 16. Evolución y migración de tópicos en bioeconomía.....	36

Autores

Diego Hernando Flórez Martínez

Correo: dhflorez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1246-6513>

Ingeniero Químico, Máster en Ingeniería Industrial, MBA en Transformación Digital y Doctor en Ingeniería - Industrias y Organizaciones (Ph.D.). Investigador Asociado reconocido por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia y Jefe del Departamento de Inteligencia y Divulgación Científica de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. Sus principales áreas de investigación comprenden la gestión del conocimiento, la gestión de la innovación, la gestión de la tecnología, la inteligencia competitiva, la vigilancia tecnológica, la cienciometría, los estudios de ciencia para la ciencia, el análisis de las cadenas de valor de la agricultura, la hoja de ruta tecnológica, el benchmarking, el análisis cualitativo de las políticas públicas y la prospectiva tecnológica. Durante más de 10 años, ha trabajado en el diseño, la aplicación y la evaluación de metodologías para la planificación estratégica del sector agroindustrial, agendas de investigación, proyectos de I+D, evaluación de la investigación, cartografía científica, modelización de cadenas de valor, tendencias y análisis de megatendencias.

Alexis Morales Castañeda

Correo: amoralesc@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1246-6513>

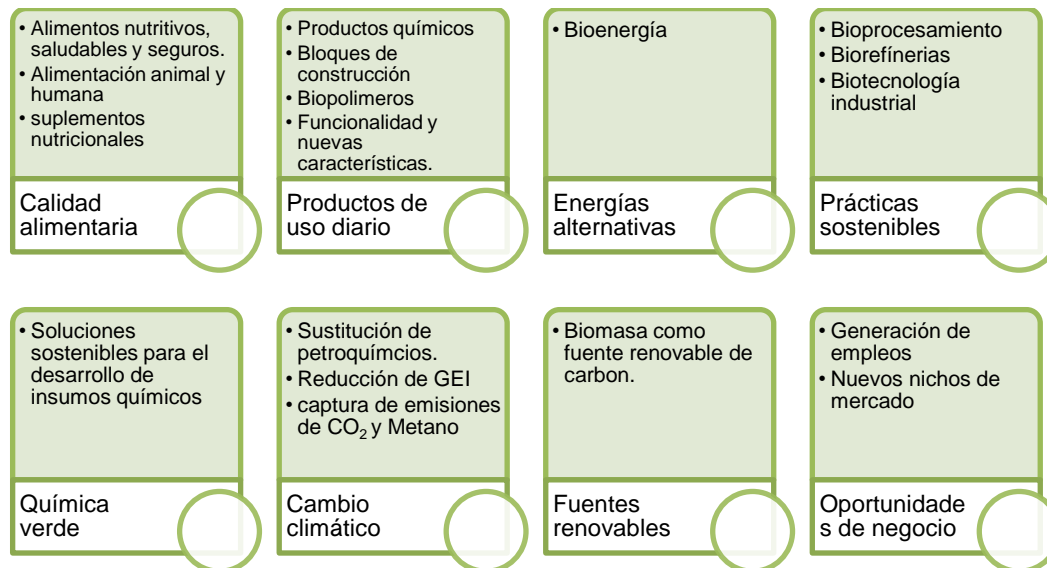
Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia, con experiencia en vigilancia científica y tecnológica, inteligencia competitiva, análisis de redes de investigación, información de propiedad intelectual y redacción de patentes. Su trabajo se ha enfocado en el análisis de información bibliográfica y procesamiento con software de análisis bibliométrico con el fin de contribuir al análisis de tendencias en investigación, desarrollo e innovación para el sector agropecuario.

Introducción

El origen del término bioeconomía aparece por primera vez en 1975 introducido por Nicholas Georgescu-Roegen en su propuesta sobre el “origen biológico de los procesos económicos”, dónde se establece un programa bioeconómico frente a la disminución de los recursos no renovables. Entre los puntos clave de este programa, se destacan la necesidad del uso de energías alternativas como la solar, consumo sostenible, planificación de la producción, productos de valor agregado, calidad de vida y disminución de la producción de insumos para la guerra.

Actualmente, acorde con la Comisión Europea (2012) la bioeconomía abarca la producción de recursos biológicos renovables y la conversión de estos recursos y los residuos generados en productos de valor agregado cómo alimentos, alimentación para animales, bioenergía y productos de base biológica. Complementariamente la FAO la define cómo la producción de bienes y servicios a partir de recursos, procesos y métodos biológicos (FAO, 2016). Su conceptualización y potencial adopción, pretende desarrollar ocho factores clave:

Figura 1. Factores clave del desarrollo de la bioeconomía



Fuente. Elaboración propia a partir de Carus y Dame (2018)

Estos factores enmarcan el uso diferencial y sostenible de Biomasa¹ a través de unidades especializadas y escalables como las biorrefinerías. Estas unidades buscan homologar las funciones de las refinerías de combustibles fósiles como el petróleo, pero con el uso de recursos biológicos para la generación de productos de valor agregado como productos bio-basados, materiales para otras industrias, y energía. En otras palabras, las biorrefinerías enmarcan la biologización de la economía con nuevos procesos sostenibles, productos con valor agregado, disminución de efluentes y emisiones.

En 2017 el consejo alemán para la bioeconomía propone que la bioeconomía es: “la producción basada en el conocimiento y uso de los recursos, principios y procesos 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”².

Para Colombia, en el año 2018 la Misión de crecimiento verde del Departamento de Nacional del Planeación (DNP), realizó un estudio comparativo y analítico de los diferentes conceptos en el ámbito mundial y regional sobre conceptos de bioeconomía y construyó la siguiente definición.

“ 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 conocimiento e innovación que permitan apalancar el crecimiento, desarrollo y progreso en las regiones de Colombia”

Este concepto es afín a sectores como el agropecuario y alimentario, en el que se requiere la innovación en productos y servicios, la incorporación de tecnologías derivadas de otras megatendencias como las TIC, la Biotecnología y la Nanotecnología, un enfoque de

¹ 1. Biomasa Natural, Biomasa Residual, Residuos agrícolas, Residuos forestales, Residuos de industrias agrícolas y agroalimentarias, Residuos de industrias forestales, Residuos ganaderos, Residuos urbanos, Excedentes Agrícolas y Cultivos Energéticos. Prospectivas de aprovechamiento de algunos residuos agroindustriales: Felipe Rojas-González, Andrés; Flórez-Montes, Ciliana; Fernando López-Rodríguez, Diego. Revista Cubana de Química. ene-abr2019, Vol. 31 Issue 1, p30-52. 23p.

² German Bioeconomy Council (2015). Making Bioeconomy Work for Sustainable Development. Communiqué of the Global Bioeconomy Summit 2015, Berlin, November 26th.

investigación, desarrollo tecnológico e innovación inter y transdisciplinaria, un uso respetuoso y sostenible de la biodiversidad, impactos positivos en las variables económicas y ambientales, valoración e incorporación del conocimiento local y tradicional; así como la generación de negocios globales y sostenibles.

Finalmente, como marco de referencia en política pública para el desarrollo productivo sostenible del país el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, reconoce sobre la bioeconomía elementos como:

- Alternativa para el uso sostenible de capital natural
- Bioeconomía³ para generar valor tecnológico a la biodiversidad
- Impulso de la bioeconomía a partir de: desarrollo empresarial, expediciones biológicas marinas y continentales con fines de bioprospección, conformar un portafolio nacional de bioproductos para escalamiento, nuevos registros de especímenes, generación y sistematización de información estadística en bioeconomía.
- Comisión Interinstitucional de Bioeconomía, que formule y oriente la implementación de una estrategia nacional para el desarrollo de proyectos de bio-prospección y biotecnología.

1. Perspectivas Globales y regionales de la Bioeconomía

Las perspectivas en temas emergentes y consolidados que afectan en el entorno mundial, regional y local, son objeto de análisis por parte de instituciones con reconocimiento e impacto en sus estudios de análisis de contextos, temas emergentes y tópicos tendencia. Entre las entidades más destacadas para el tema de bioeconomía se destacan:

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo económicos – OCDE

³ El PND 2018-2022 presentan el siguiente concepto de bioeconomía: Entendida como la economía que gestiona eficiente y sosteniblemente la biodiversidad y la biomasa, para generar nuevos productos, procesos y servicios de valor agregado, basados en el conocimiento y la innovación (Biontropic, EAFIT y SILO, 2017).

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL

1.1. Bioeconomía como estrategia de desarrollo - FAO

La FAO (2018) estableció en su estudio de evaluación de la contribución de la bioeconomía a los países, elementos clave sobre cómo esta megatendencia se ha convertido en una nueva visión de desarrollo. Lo anterior ha conllevado a generar estrategias y mecanismos para monitorear y evaluar su impacto, principalmente, frente a la sostenibilidad y el crecimiento verde.

La medición ha contemplado el valor agregado al uso de la biomasa, la generación de energías alternativas, reducción de gases efecto invernadero, reducción de desechos sólidos y efluentes. Analizado en variables de contexto los beneficios pueden ser económicos (contribución al PIB, crecimiento económico, comercio, servicios), socioeconómicos (gasto en derechos de propiedad intelectual para la I+D, producción y consumo sostenible, seguridad alimentaria, seguridad energética, infraestructura, educación, otros.) y, ambiental (uso sostenible de los recursos naturales, reducir el uso de recursos no renovables, reducción de GEI y la huella de carbono, conservación de la biodiversidad, adaptación y mitigación al cambio climático).

Otro factor relevante es como las estrategias y las políticas en bioeconomía incluyen las cadenas de alimentación animal y humana; economía de base biológica para materiales de construcción, empaques, productos químicos, productos médicos y farmacéuticos, textiles y bioenergía; productos de valor agregado como nutraceuticos, alimentos funcionales; y, industrias de base biológica que contemplan todos los posibles productos (Ej. Biorrefinerías).

Los principales sectores beneficiados con la bioeconomía son: agricultura, forestal, pesca-
acuicultura, sector automotriz, industria química, biocombustibles, bioplásticos, construcción, bienes de consumo (aseo y cosméticos), energía, alimentos, bebidas alcohólicas, salud, minería, farmacéutica, pulpa y papel, conocimiento e innovación.

Lo anterior ha conllevado al diseño de modelos bio-económicos de medición para evaluar la contribución de la bioeconomía, contemplando algunas variables como:

- Uso de recursos de la bioeconomía (cultivos, madera, desperdicios, tierra, capital, etc.)
- Biomasa de fuentes de producción primarias (agricultura, forestal, residuos, desperdicios, pesca y acuicultura, etc.)
- Importación de biomasa
- Uso global de la tierra para el consumo de biomasa
- Producción de productos de base biológica
- Precio de los productos de base biológica
- Consumo de productos de base biológica
- Inversión en industrias de base biológica
- Generación de empleos
- Desarrollo de I+D+i

Así, dependiendo de las características de la economía de cada país, se definen prioridades sobre el desarrollo de la bioeconomía. En economías con alto desarrollo en sectores primarios y con una alta disponibilidad de recursos de biomasa, las prioridades son el desarrollo económico y la industrialización, generación de empleo rural, valor agregado en productos de la agricultura y manufactura de base biológica. En contraste, las economías con limitada biomasa deben enfocarse en la industria química y farmacéutica de base biológica, el desarrollo de la cadena de suministros y nuevos modelos de negocio, el desarrollo de tecnologías de punta y nuevos materiales de base biológica, la innovación y las industrias creativas.

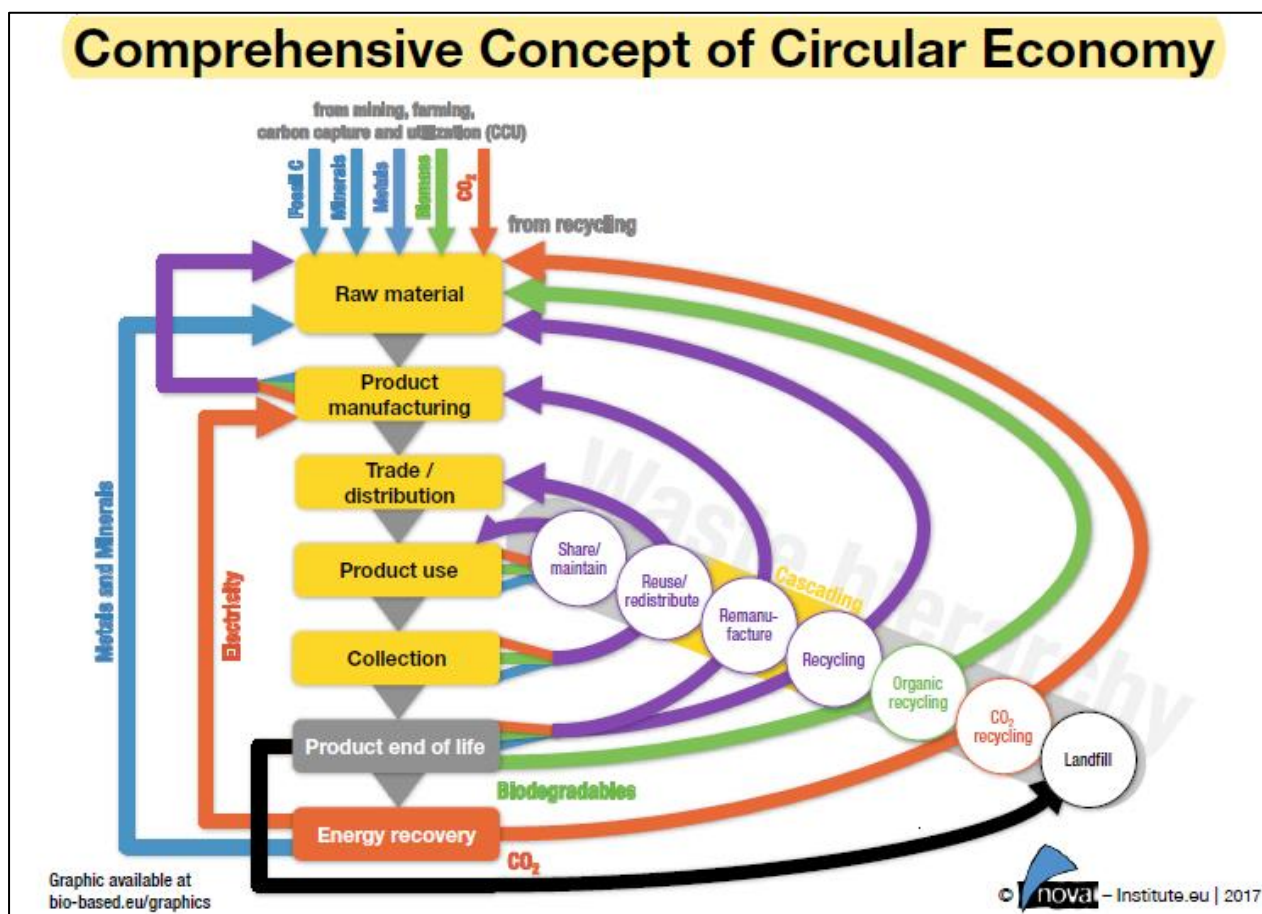
1.2. La bioeconomía en la política pública - OCDE

La OCDE definió en 2009 como el conjunto de actividades económicas en que la biotecnología contribuye a la producción primaria y a la industria, especialmente cuando las ciencias de la vida se orientan a la conversión de biomasa en materiales, químicos y

combustibles. A esto se le suma el impacto en la seguridad alimentaria y en la salud, al orientar el desarrollo de productos de valor agregado.

La OCDE se ha enfocado en establecer la interrelación entre la bioeconomía y las políticas públicas de los países, buscando complementariedades y conflictos. El punto clave de sinergia es el uso de la biomasa, proveniente de actividades primarias como la agricultura, la pesca y forestales. La clasificación adecuada de productos, subproductos y residuos, bajo un concepto de uso en cascada (Figura 2).

Figura 2. Enfoque Cascada



Fuente. Tomado de Carus y Damer (2018)

El enfoque de cascada permite entender la sinergia entre la economía circular y la bioeconomía. Expertos del foro económico mundial⁴ ubican como punto de inicio de esta

⁴ <https://intelligence.weforum.org/>

interrelación a la biodiversidad presente en las actividades primarias de la agricultura, la ganadería, la pesca, la acuicultura y cultivos forestales (forestería). La Biodiversidad al ser un recurso renovable que ha tenido un uso no sostenible, debe abordarse desde actividades de conservación, restauración y regeneración para contar con inventarios de biomasa; análisis de los límites de la naturaleza para entender las dinámicas específicas de las fuentes de biomasa; innovación y soluciones basadas en naturaleza, como fuente de productos y servicios de valor agregado, que contribuyan al bienestar socioeconómico. Todo esto a través de un marco de gobernanza de la naturaleza basado en la cooperación de los sectores público y privado.

La biodiversidad como insumo de la bioeconomía se apalanca de la biotecnología, en los flujos de materia prima y producción a través de: i) biotecnología verde, para el desarrollo verde, la seguridad alimentaria y el cambio climático; ii) biotecnología blanca, para la energía, materiales avanzados, la industria química y farmacéutica; y, iii) la bioinformática, para soporte al diseño de nuevos productos y servicios.

La integración de la biodiversidad y la biotecnología como elementos clave de la bioeconomía conforman la interrelación con la economía circular y los servicios ecosistémicos, a través de la generación de nuevos modelos bio-económicos sostenibles. La economía circular comprende elementos del flujo cascada en los materiales primarios (agricultura), la producción y transformación (la cuarta revolución industrial y el emprendimiento), el comercio y la distribución (movilidad y cadena de suministros), consumo (cambios de comportamiento, mercadeo minorista, bienes de consumo y estilo de vida). De igual manera se destacan elementos transversales como la innovación, la economía digital, y la gobernanza global.

1.3. Bioeconomía para América Latina – CEPAL

La evolución de la bioeconomía ha pasado de un enfoque centrado en el desarrollo del conocimiento de las ciencias biológicas como la biotecnología, hasta un enfoque que rescata la importancia de recuperar la base biológica de la actividad económica, así como la relevancia del conocimiento biológico desde la evolución del planeta.

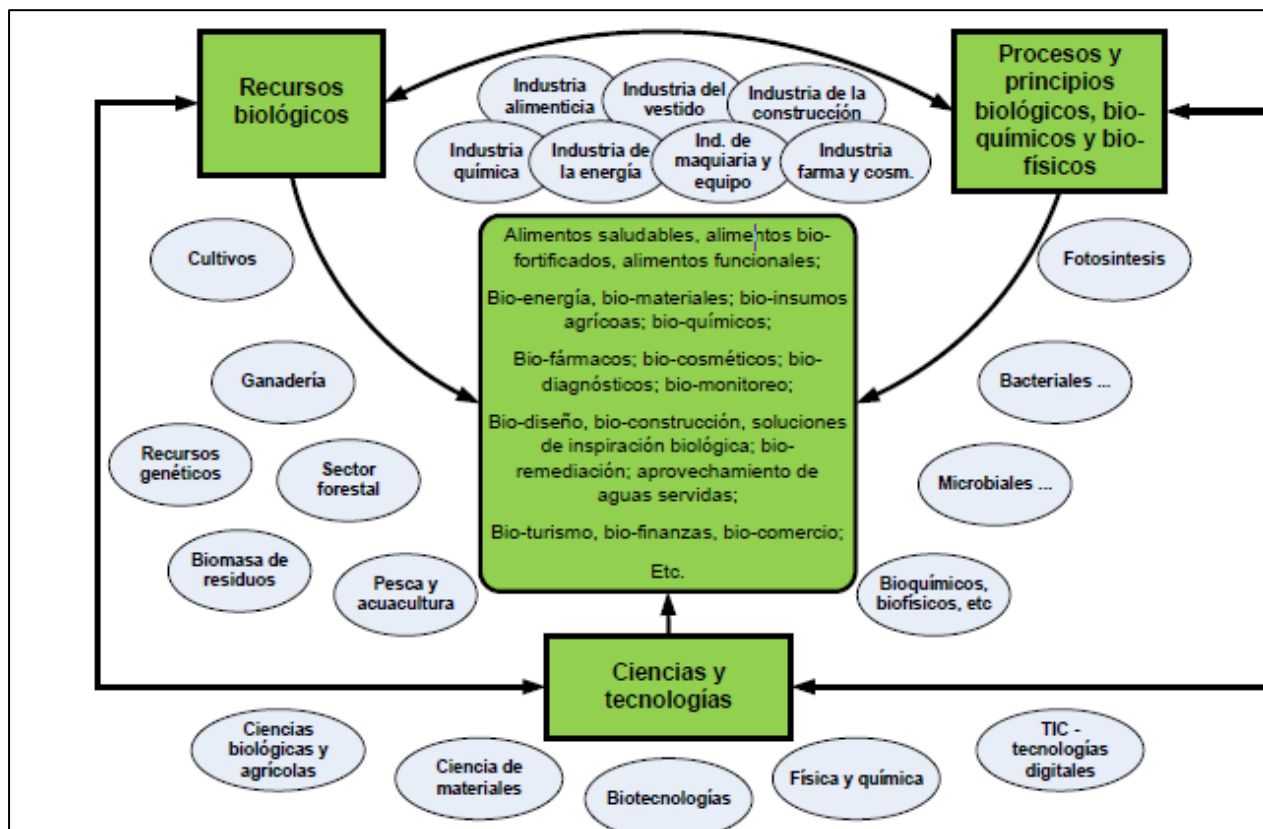
La CEPAL (2018), analiza la bioeconomía en sus elementos constituyentes desde los insumos biológicos y los procesos productivos, hasta las técnicas y tecnologías necesarias y las industrias que las incorporan (Figura 3). Los bio-insumos son todo el conjunto de formas de vida, formas de biomasa y la información genética que portan. Los procesos se basan en el bio-mimetismo es decir en la replicación de los procesos biológicos en los procesos productivos, en el diseño de sistemas socio-tecnológicos, y la innovación sostenible inspirada en la naturaleza.

Complementariamente la bioeconomía comprende también el concepto de economía azul, en el que las innovaciones, se basan en principios físicos, químicos y biológicos, para la reducción del gasto de energía y la generación de desechos en los procesos de transformación. Lo anterior a través de la convergencia de tecnologías como la biotecnología, la nanotecnología y las tecnologías digitales (Industria 4.0).

Mayormente la bioeconomía soporta el concepto de bio-refinería en el que se tiene como base el ejercicio de una refinería, pero basada en procesos e insumos biológicos, para la producción conjunta de bioenergía y bio-productos, a partir de la optimización del uso de biomasa cultiva y producto de subproductos y desechos. Otros conceptos asociados son la economía circular, los ecosistemas industriales y la simbiosis industrial.

El desarrollo de la economía circular y la bioeconomía tienen puntos en común que conforman los tópicos clave de trabajo: i) eficiencia en el uso de recursos de la producción y consumo; ii) manejo de desechos para la obtención de subproductos y generación de energía; iii) reutilización de agua; iv) uso de biomasa y elaboración de productos de base biológica; y, v) el desarrollo de bio-industrias.

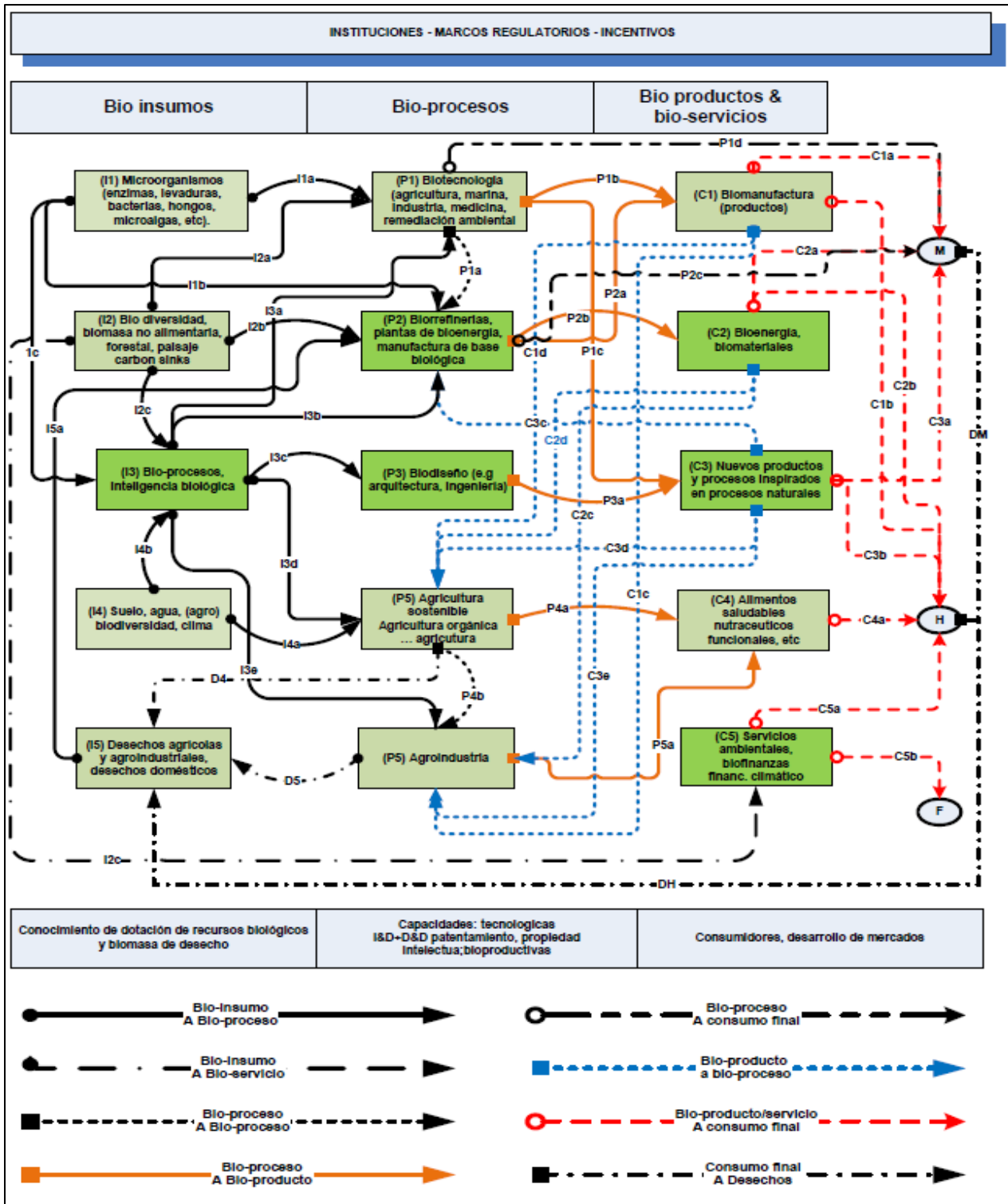
Figura 3. Elementos constituyentes de la bioeconomía



Fuente. Tomada de CEPAL (2018)

A partir de estos tópicos la CEPAL (2018) ha propuesto un marco de referencia que interrelaciona los bio-insumos, los bio-procesos productivos, los bio-productos y bio-servicios intermedios y finales, y los usuarios finales e intermedios de los bio-productos y bio-servicios (Figura 4).

Figura 4. Visión estilizada de la bioeconomía



Fuente. Tomado de CEPAL (2018)

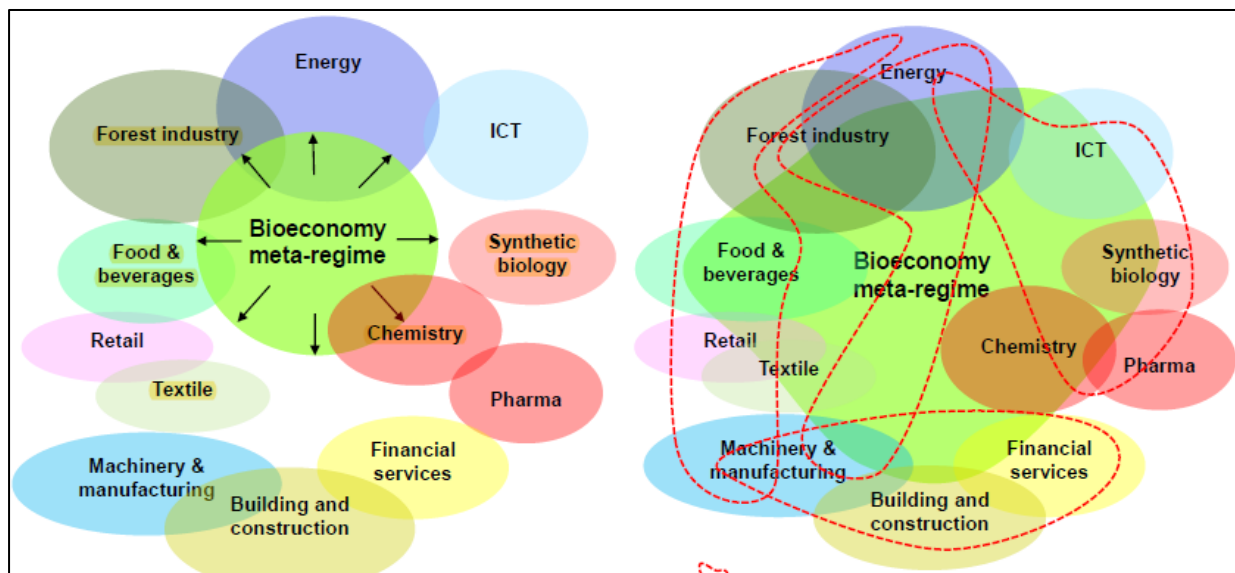
Esta visión estilizada comprende la ruta de uso, transformación y circularidad de las diferentes fuentes de bioinsumos, para la generación de bioproductos y bioservicios. Es importante destacar como principales bioproductos-bioservicios-clientes:

- Biocidas naturales, biofertilizantes y biofármacos: Agroindustria e industria farmacéutica.
- Bioelectricidad y biomateriales de construcción: sociedad civil e industrias
- Procesos naturales de acondicionamiento de ambientes: infraestructura
- Servicios ambientales: agropecuario y sociedad civil

La bioeconomía se ha convertido en un elemento recurrente de la política pública latinoamericana, al ser un eje de respuesta a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en la agenda 2030. Principalmente a través de la descarbonización de la economía, el uso sostenible de la biodiversidad, el desarrollo de nuevos modelos bio-económicos, la producción sostenible de alimentos, la generación de energía sostenible y accesible para todos, así como la innovación en productos y servicios a través de la réplica de procesos y sistemas de la naturaleza. Se incluyen también elementos de bio-remediación de suelos y aguas, el cierre de ciclos productivos y la captura y reintroducción de GEI.

Finalmente, se debe destacar la interacción evolutiva de la bioeconomía con los diferentes sectores industriales tanto primarios, de transformación y de alta tecnología (Figura 5), los cuales generan las dinámicas de interacción entre bio-insumos, bio-proceso y bio-productos/bio-servicios.

Figura 5. Interacción de la bioeconomía con sectores clave.



Fuente. Tomado de informe de la mesa temática de bioeconomía misión la Red de negocios basados en tecnología entre Europa y América Latina - ELAN (2016)

Para Colombia el concepto de Bioeconomía definido por Biontropic en la Misión de crecimiento es:

“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 conocimiento e innovación que permitan apalancar el crecimiento, desarrollo y progreso en las regiones de Colombia”.

Lo anterior converge en la Política de Desarrollo económico y Social – Conpes 3934, que establece la política de crecimiento verde para Colombia. Se destacan en este documento conceptos clave y términos afines a la bioeconomía y la economía circular, principalmente: i) crecimiento verde; ii) desarrollo sostenible; iii) empleos verdes; iv) negocios verdes; v) bioproductos; vi) economía forestal; vii) capital natural; y, viii) energías renovables.

Algunos de los puntos de inflexión que identifica este Conpes que pueden orientar la conformación de estrategias, programas, planes y acciones en bioeconomía, en específico acciones en CTi son:

- No existen cifras nacionales que den cuenta del aporte del uso de la biodiversidad al PIB (desarrollo metodológico requerido).
- Actualizar el inventario de biodiversidad del país en términos de especies, colecciones biológicas, expediciones de biodiversidades, entre otras.
- Promover la consolidación de empresas de base biológica, biotecnológica y de crecimiento verde.
- Generar una instancia que lidere este tema, a través de una clara orientación de articulación interinstitucional.
- Incrementar el desarrollo de proyectos de CTI en bioeconomía a través de diferentes mecanismos de financiación (Ej. A 2018 en el SGR el 13% del presupuesto de 3,14 billones de pesos se asignó a temas de bioeconomía).
- Incrementar el portafolio de productos bio-basados.
- Estrategias para la promoción de la bioeconomía desde un marco de gobernanza que permita definir líneas de acción, apalancar recursos públicos y privados, coadyuvar al desarrollo de regulaciones, promover el desarrollo de mercados para productos y servicios derivados de la bioeconomía.

2. Análisis evolutivo de la investigación en bioeconomía

El punto de partida de la bioeconomía parte de su conceptualización en 1975 como se mencionó con antelación y de las diferentes palabras claves identificadas en los conceptos y documentos institucionales abordados.

A partir de la implementación de una estrategia de vigilancia tecnológica enfocada a publicaciones científicas en el motor de indexación Scopus, el análisis de información bibliográfica a través de software especializado y teniendo como premisa encontrar elementos clave de la bioeconomía para el sector agropecuario colombiano.

La estrategia de búsqueda es una ecuación estructural de tres constructos:

TITLE-ABS-KEY (("bioeconom*" OR "circular bioeconom*" OR "circular bioeconom*" OR "bio-econom*") AND ("circular economy" OR "biomass" OR "bio-based product" OR "biological cycle" OR "technical cycle" OR "bioeconomy value chain*" OR "circular economy value chain" OR "bioeconomic polic*" OR "biological resiliency*" OR "ancestral bioeconomy" OR "biodiversity potencial" OR "bioenerg*" OR "ecoinnovat*" OR "sustainable technolog*" OR "impact reduction" OR "life cycle assessment" OR "bio-based economy" OR "green economy" OR "bioprospection" OR "cascade process*" OR "green business" OR "biofuel" OR "bioprocess" OR "bioeconom*" OR "biological resources" OR "biodiversity" OR "biotechnology" OR "nanotechnology" OR "ICT" OR "food security" OR "biorefiner*" OR "life product cycle" OR "residual biomass" OR "value-added products" OR "biomaterial" OR "bioinputs" OR "sustainable innovation" OR "omics" OR "bio-refiner*" OR "bioproduct*" OR "GEI" OR "greenhouse gases" OR "food quality" OR "biodesign" OR "decarbonization" OR "public policy" OR "policies" OR "low-carbon econom*" OR "bioindustries")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "AGRI"))

El primer **constructo** hace referencia a los temas base de análisis la bioeconomía y la bioeconomía circular. El segundo **constructo** incluye todos los tópicos relacionados con los temas de base obtenidos del análisis desarrollado en las secciones previas. Finalmente, el tercer **constructo** focaliza los temas y tópicos de análisis en agricultura y ciencias biológicas.

Se recuperaron 1.591 publicaciones, 347 de acceso abierto y 1.244 de acceso a través de bibliotecas y editoriales especializadas. 1.263 de las publicaciones son artículos científicos, 166 actas de conferencias, 97 reseñas, 61 capítulos de libro, 16 notas editoriales y 8 libros principalmente.

La dinámica de publicaciones en bioeconomía tiene una tendencia creciente a partir del año 2005 y manteniéndose así hasta 2018. En lo corrido de 2019, las publicaciones alcanzan el 88 % de las registradas en 2019, lo que prevé que se mantiene la tendencia creciente, que se ha mantenido en un 11,25 %. Complementariamente se muestran adjuntos a la gráfica de crecimiento de hechos históricos de la ciencia y afines a la megatendencia (Figura 6).

Figura 6. Dinámica de publicaciones para la megatendencia de bioeconomía

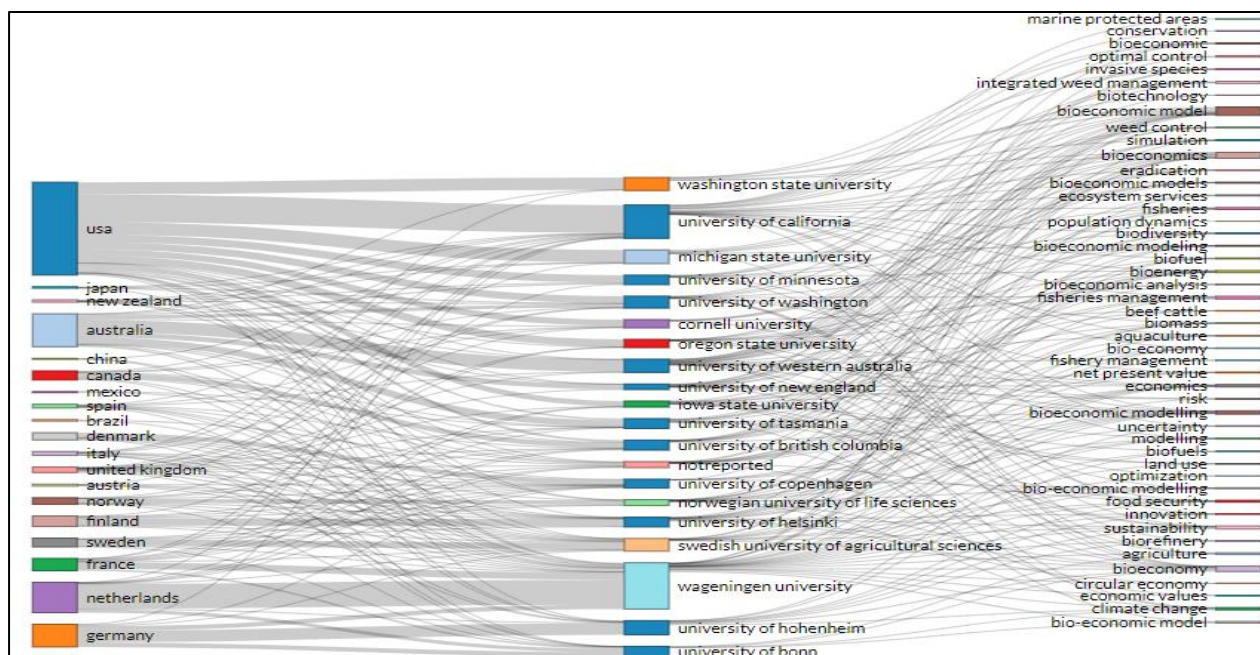


Fuente. Elaboración propia a partir de información en Scopus® fecha de consulta agosto de 2019. Software de análisis Microsoft Excel®

La generación de publicaciones en bioeconomía tiene en Estados Unidos con 251 publicaciones (215 de colaboración con autores estadounidenses y 36 con autores de otros países); Australia con 138 (103 endogámicos y 35 en colaboración externa); Canadá con 69 (49 y 20), son los tres países líderes en esta megatendencia. Destacan en América latina y el Caribe Brasil con 53 y México con 44.

En la figura 7 se presenta de manera amplia la relación entre países, instituciones y tópicos clave de trabajo. Estados Unidos con las universidades de Washington, Michigan, California, Cornell, Oregón, entre otras, trabaja en biotecnología, control de malezas, modelos bioeconómicos, gestión de la producción pesquera, biodiversidad, bioeconomía para la agricultura y biocombustibles. Alemania con la Universidad de Bonn y Hohenheim trabaja en temas de economía circular, bioeconomía y biodiversidad, cambio climático y valoración económica de modelos bioeconómicos. Holanda con la Universidad de Wageningen trabaja en bioenergías, modelos bioeconómicos para la agricultura, biodiversidad y servicios ecosistémicos.

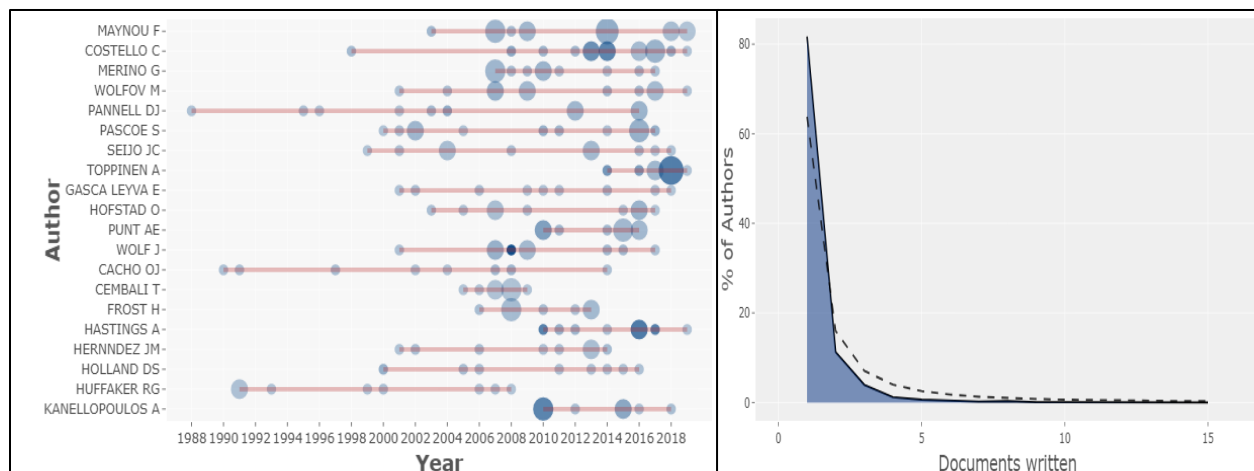
Figura 7. Relación entre países, instituciones y tópicos de trabajo



Fuente. Elaboración propia a partir de información en Scopus® fecha de consulta agosto de 2019. Software de análisis Bibliometrix®

Los autores más relevantes en esta megatendencia son Maynou (Instituto de Ciencias del Mar (ICM), Barcelona, Spain), Costello (University of California), Merino (AZTI Fundazioa, Derio, Spain), (Wolfv Institute of Animal Science, Prague, Czech Republic) y Pannel (University of Western Australia, School of Agriculture and Environment, Perth, Australia), quienes junto con los 68 autores más prolíficos concentran cerca del 80% de la producción, mientras que más de 4000 autores concentran el 20% de la esta. La productividad en coherencia con la dinámica de publicaciones incrementa de manera notoria desde 2006 en los principales autores.

Figura 8. Principales Autores

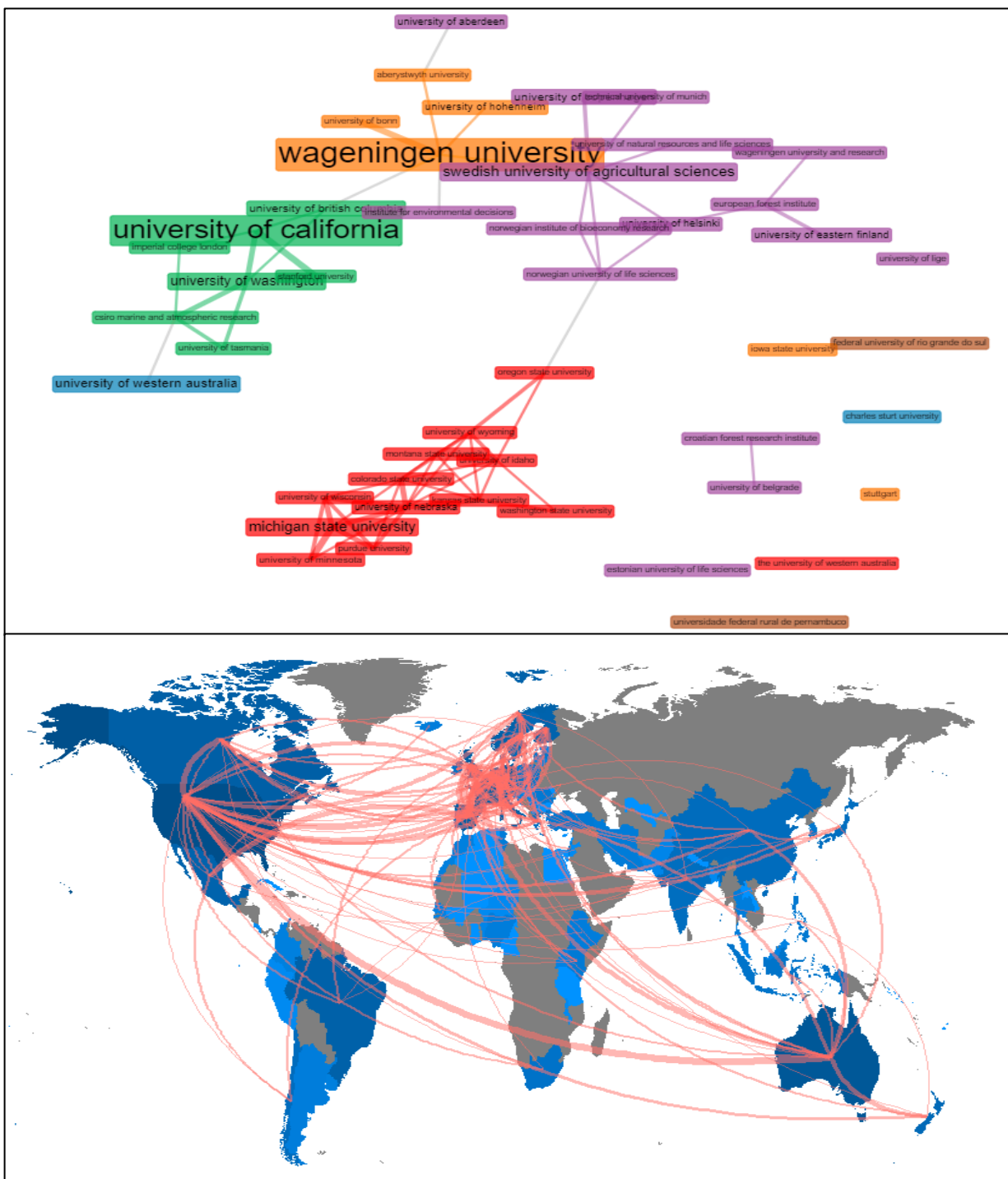


Fuente. Elaboración propia a partir de información en Scopus® fecha de consulta agosto de 2019. Software de análisis Bibliometrix®

Las investigaciones en bioeconomía se han desarrollado en universidades y centros de investigación. Dichos actores han generado redes de trabajo conjunto en el que se puede analizar la interacción interinstitucional e internacional. En la Figura 9 se evidencian tres clústeres de trabajo liderados principalmente por: i) Universidad de Wageningen en Holanda, que trabaja de manera directa con las universidades alemanas de Bonn y de Hohenheim, y la Universidad de Aberdeen en Escocia; ii) Universidad de Ciencias Agrícolas de Suecia, que trabaja de manera directa con la Universidad de Múnich en Alemania, las universidades de Helsinki y Oriental de Finlandia, la universidad noruega de ciencias de la vida y el instituto noruego de investigación en bioeconomía y el instituto europeo de ciencias ambientales; iii) Universidad de California en Estados Unidos, que trabaja con las universidades de Columbia Británica, el Colegio Imperial de Londres, las universidades estadounidenses de Washington, y Stanford, las universidades australianas de Tasmania y Australia occidental.

Además de estos tres clústeres existe un cuarto clúster de trabajo que genera sinergias con el clúster ii). Este nuevo clúster es liderado por la Universidad de Michigan en Estados Unidos, y conforma la escuela de trabajo estadounidense en temas de bioeconomía integrando a gran parte de las langrand universities. Oregón, Nebraska, Washington, Wisconsin, Purdue, Minnesota, Kansas, Idaho y Colorado.

Figura 9. Colaboración entre Instituciones y países en temáticas de bioeconomía



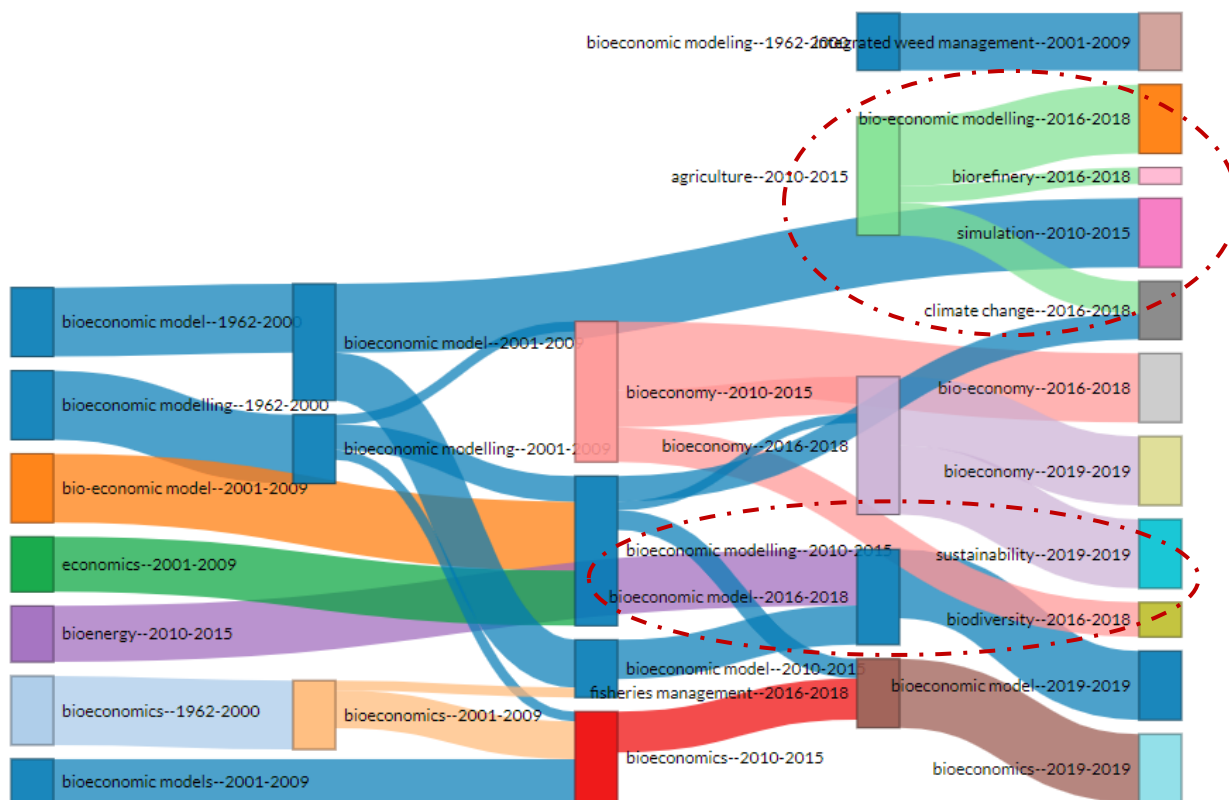
Fuente. Elaboración propia a partir de información en Scopus® fecha de consulta agosto de 2019. Software de análisis Bibliometrix®

El relacionamiento de países evidencia claramente una ruta de trabajo robusta entre Estados Unidos y Europa, así como con Australia y Nueva Zelanda. Se destaca la conexión con algunos países de Asia como China, India, Japón, y Corea del Sur. La participación de

américa latina y el caribe⁵, se evidencia en las redes de trabajo de Brasil con Estados Unidos, Australia y Europa Nórdica, y México y Chile.

En la Figura 10 se presentan la evolución temática macro de las investigaciones en bioeconomía en el mundo. Se evidencia que el término clave que direcciona las investigaciones es el modelamiento y la generación de modelos bioeconómicos. Estos han perfilado que los modelos en los últimos tres años se orienten principalmente a bio-refinerías, cambio climático, biodiversidad y sostenibilidad.

Figura 10. Evolución temática de la Bioeconomía 1975-2019 para el sector agropecuario



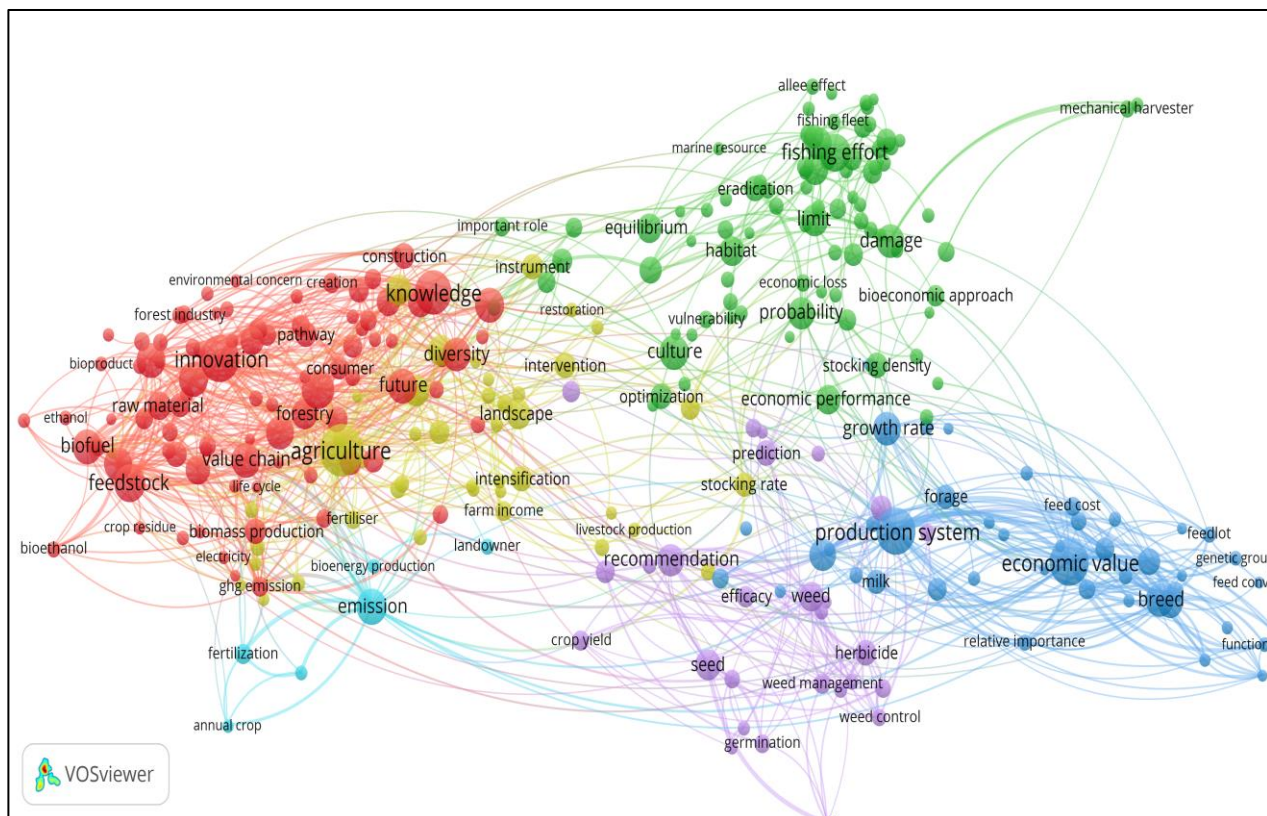
Fuente. Elaboración propia a partir de información en Scopus® fecha de consulta agosto de 2019. Software de análisis Bibliometrix®

⁵ Las presentaciones del Seminario Regional Bioeconomía América Latina y el Caribe 2018 pueden verse a través del siguiente link: http://conferencias.cepal.org/bioeconomia_AL; Sasson, Albert y Malpica, Carlos. (2017). Bioeconomy in Latin America. New Biotechnology, <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.07.007>

Un análisis más detallado a través de la técnica de análisis factorial de palabras clave permite agrupar términos recurrentes de los 1.591 artículos abordados en la estrategia de búsqueda, para la identificación de cuatro clústeres base. En la Figura 11 se presentan los cuatro clústeres base:

- **Clúster Rojo** – Ejes centrales: sostenibilidad, biodiversidad, biotecnología, biorrefinería, biomasa, biocombustibles e innovación
- **Clúster Azul** – Bioeconomía y agricultura: modelamiento, análisis bioeconómico y modelamiento de sistemas agrícolas, forestales y pecuarios.
- **Clúster Verde** – Bioeconomía y sostenibilidad ambiental: optimización, modelamiento, gestión y control de ecosistemas acuícola, ecosistemas agroforestales para servicios ecosistémicos, conservación, etc.
- **Clúster Violeta** – Simulación: de modelos bioeconómicos con variables como dinámica de poblaciones, gestión de sistemas productivos, y comportamiento económico.

Figura 12. Red de clústeres para el análisis de textos en título y resumen



Fuente. Elaboración propia a partir de información en Scopus® fecha de consulta agosto de 2019. Software de análisis VOSviewer®

En la Figura 12 se visualizan seis clústeres diferenciados por colores, los cuales interactúan a través de líneas de conexión.

- **Clúster Rojo – Bioeconomía en la cadena de valor:** este clúster comprende las innovaciones y el conocimiento generado para la producción de biomasa y bioproductos, el aprovechamiento de residuos en las cadenas de valor forestal, agrícola, pesquera y pecuaria, así como el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad. Este clúster tiene conexiones con el **clúster cian** en el tópico de gases efecto invernadero, con el **clúster amarillo** en el sector agrícola como fuente biomasa y bioproductos, con el **clúster verde** en el tópico de cultura de la bioeconomía y el equilibrio de los ecosistemas, y con el **clúster azul** en los modelos bioeconómicos para los sistemas de producción.
- **Clúster amarillo – Sector Agrícola:** este clúster comprende tópicos relacionados con el sector agrícola como la gestión de cultivos forestales, sistemas de producción

- agrícola, paisajes rurales, seguridad alimentaria y modelos bioeconómicos para la producción primaria. Se relaciona con el **Clúster Rojo** en las cadenas productivas agroindustriales, el uso de residuos agrícolas para la generación de bioproductos y bioenergía, y con el **clúster cian** en los temas de emisión de gases de efecto invernadero y la capacidad de captación de estos con servicios ecosistémicos,
- **Clúster verde – ecosistemas marinos:** se enfoca en la eficiencia económica, análisis de probabilidad, aproximaciones bioeconómicas y análisis de cadena de valor en ecosistemas marinos productivos de pesca y acuicultura. Se relaciona con el **clúster rojo** en temas de biodiversidad, con el **clúster azul** en temas de valor económico de sistemas productivos y con el **clúster violeta** en análisis predictivo en sistemas productivos.
 - **Clúster azul – sistemas de producción:** se enfoca en la generación de valor económico en sistemas de producción a través de análisis de eficiencia bioeconómica; además se contemplan tópicos de análisis de genotipos, análisis de sistemas de producción pecuaria de leche y carne, entre otros. Se relaciona con el **clúster verde** en tópicos de análisis probabilístico y simulación bioeconómica y con el **clúster amarillo** en tópicos de intensificación sostenible y con el **clúster rojo** en innovación en bioeconomía.
 - **Clúster violeta – manejo de arvenses:** se enfoca en temas relacionados con el control de malezas, la germinación de semillas, rendimientos de cultivo y control de situaciones de emergencia. Se relaciona con el **clúster rojo** en tópicos como biodiversidad e innovación bioproductos y con el **clúster verde** en tópicos de densidad de cultivos y erradicación.
 - **Clúster cian – gestión de emisiones:** este clúster se enfoca en la generación de emisiones y su mitigación, así como en la producción de bioenergía. Se relaciona con el **clúster amarillo** en la generación de GEI y en el secuestro de carbono; con el **clúster rojo** en temas de producción sostenible, biorrefinerías, biocombustibles y alimentación animal; con el **clúster azul** en los sistemas de producción agrícolas y pecuarias y con el **clúster verde** en eficiencia económica.

3. Integralidad

La estrecha relación entre la bioeconomía y la circularidad tiene su expresión integral en el impacto en temas globales o faros (*lighthouses*), uno de estos es la acción por el clima en el enfoque de circularidad se enfoca en el desarrollo de fuentes de energía sustentable integradas, diseño de procesos para la captura, almacenamiento y uso de carbono, que conlleven en el mediano plazo a la transformación de las industrias ha industrias con emisiones cero. Lo anterior generar nuevas oportunidades de negocio para los denominados procesos industriales climáticamente neutrales.

Otro faro fundamental en la bioeconomía es la suficiencia de recursos, la cual propende por desarrollar la sabiduría para balancear los recursos finitos y el crecimiento del consumo. El uso inteligente de nuestras materias primas, a través de una visión holística de diseño, transformación, entrega y uso, a través de la circularidad para extraer el máximo valor de estas desde su reutilización y reciclaje. Más aún generar procesos para la explotación de residuos y subproductos. Lo anterior conlleva a tener unos tópicos clave que sintetizan los hallazgos de este documento:

- Materiales renovables: celulosa y lignina (reemplazo de sintéticos), mezclas de materiales reciclados y madera, biopolímeros de síntesis y materiales renovables con aplicaciones tecnológicas.
- Materiales no renovables sustentable: uso de residuos y subproductos
- Materiales de carbono: producción de hidrogeno, metano, metanol, hidrocarburos.; ciclos de carbono para la industria forestal, productos de alto valor agregado (químicos de base)

Finalmente, la bioeconomía circular en el sector agropecuario contribuye al desarrollo de la Alimentación 4.0 y la Agroindustria 4.0, para revolucionar la producción de alimentos a través de métodos no convencionales. El repensar el procesamiento de alimentos, nos lleva a considerar **materiales agropecuarios** de bajo valor, generación de variedades vegetales de base proteica, producción de insectos para alimentación; reducir la cadena de suministros acercando la producción al consumidor (espacios cerrados y urbanos para

la producción primaria), nuevos alimentos e ingredientes, plataformas locales de producción, transformación, comercio y consumo, agricultura celular, entre otros.

4. Importancia de la Bioeconomía en las iniciativas de política

De manera complementaria y articulada con la evolución en la investigación en bioeconomía en el mundo, el desarrollo de políticas e iniciativas en torno a esta temática transversal al desarrollo económico, productivo y competitivo de las naciones es un punto de análisis clave⁶.

A través del aplicativo web STIP compass de la Organización para la Cooperación y el desarrollo económicos (OCDE), se identificaron para el término Bioeconomy 82 registros. De estos registros 31 se categorizan en iniciativas de política e instrumentos de política en CTI para el año 2017. Los 82 registros comprenden tópicos clave cómo:

- Energía en 21 registros
- Agricultura en 19 registros
- Biotecnología en 14 registros
- Cambio climático en 13 registros
- Cambios sociales, recursos naturales y energías renovables en 8 registros
- Seguridad alimentaria, biodiversidad, proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en 7 registros.

Entre estos estudios aparecen para Colombia la iniciativa Colombia BIO y el acuerdo de cooperación bilateral entre centros de investigación de países de la OCDE. Lo anterior presupone que el contar con políticas de país en torno a temas de sostenibilidad ambiental, crecimiento verde, bioeconomía, economía circular, bio-prospección, negocios verdes,

⁶ Dubois, O. & Gomez, M. - 2016 - How Sustainability is Addressed in Official Bioeconomy Strategies at International, National and Regional levels: An overview. FAO, Rome.

desarrollo sostenible entre otros, deben derivar en estrategias que permitan su materialización en resultados e impactos, especialmente en temas de CTI.

La Unión Europea en 2016 desarrolló la iniciativa regional BioStep para generar una puesta en común de carácter regional, para la identificación y análisis de elementos en común de las políticas nacionales y territoriales en Bioeconomía y proponer una visión conjunta de estas para el bloque europeo. Los principales hallazgos se resumen en:

- El enfoque integrativo para el desarrollo de la bioeconomía se debe enfocar en los sistemas tecnológicos de innovación (*Technological Innovation Systems – TIS*).
- Los TIS comprenden una integración con cadenas productivas y clústeres que comprenden actores económicos y no económicos que promueven o limitan el desarrollo de temáticas específicas y transversales.
- Los componentes primordiales para una estructura de gobernanza de la bioeconomía, pueden basarse en clústeres que comprendan los actores de la triple hélice (academia, estado e industria), que en específico serían: actores relacionados con la generación y suministro de biomasa; actores generados de productos tecnológicos y no tecnológicos derivados de actividades de la I+D; actores formuladores de política pública que coadyuven a su promoción y desarrollo; actores que desarrollen emprendimiento o negocios en torno a la bioeconomía. Esta articulación debe conllevar al desarrollo de productos de base bioeconómica orientados a un mercado de consumo.
- Los clústeres del TIS deben desarrollar como funciones primordiales: actividades de emprendimiento, desarrollo de conocimiento, redes y difusión de conocimiento, acompañamiento, creación de mercados, movilización de recursos y soporte institucional y gubernamental.
- Al igual que cualquier desarrollo tecnológico o innovación, el desarrollo de productos derivados de la bioeconomía: pre-desarrollo, desarrollo, despeje, aceleración y estabilización.
- Líneas de desarrollo de la bioeconomía: biocombustibles (convencionales y avanzados); bio-plásticos (incluidos los bio-plásticos de base maderable – *Wood plastic composites*); partes industriales, automotrices y aeronáutica-espacial;

química verde (incluidos los solventes industriales); lubricantes; cuidado personal y cuidado del hogar; productos a base de fibras (textiles, pulpa-papel y materiales aislantes); Alimentos y aditivos para la industria de alimentos.

Complementariamente, Ferrerira, Píe & Terceño (2018), desarrollaron una revisión sistemática de literatura enfocada a tres conceptos hermanos: Bioeconomía, Economía verde y Economía circular. Como resultado de este estudio se evidencia que, pese a las diferencias o especificidades de cada enfoque, su meta común es el desarrollo sostenible; el concepto de economía verde comprende a la bioeconomía y a la economía circular; y, el concepto más concreto es el de economía circular.

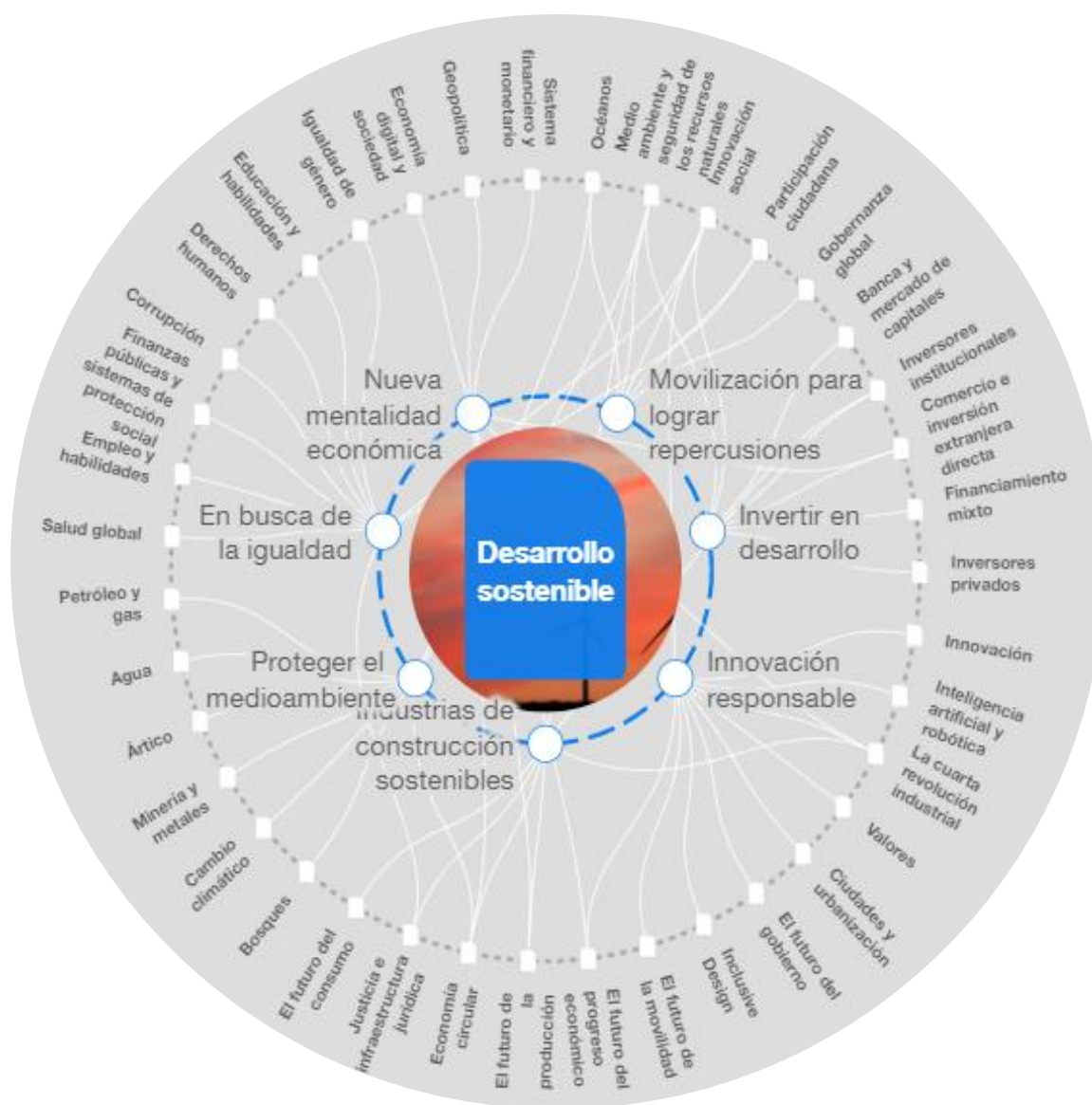
La meta de desarrollo sostenible se considera uno de los principales tópicos de trabajo prioritario a incluir en las agendas nacionales y territoriales de desarrollo económico, social, científico-tecnológico, político, normativo, ético y transversal. El foro económico mundial establece siete pilares para este tópico: Movilización para lograr repercusiones, invertir en desarrollo, innovación responsable, industrias de construcción sostenible, proteger el ambiente, búsqueda de la igualdad y nueva mentalidad económica (Fig. 13).

Cada pilar se relaciona con tópicos específicos que comprenden la red de articulación temática del desarrollo sostenible. Dichos tópicos se pueden categorizar en factores *PESTAL* (políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales), además de considerar la ética como transversal a estos:

- Políticos: **geopolítica**, gobernanza global, el futuro del gobierno.
- Económicos: banca y mercado de capitales; comercio e inversión extranjera directa; financiamiento mixto; inversores privados; **el futuro del consumo**; finanzas públicas y sistemas de protección social; sistema financiero y monetario, inversores institucionales.
- Sociales: **innovación social**, participación ciudadana, valores, diseño inclusivo, empleo y habilidades, derechos humanos, educación y habilidades, igualdad de género.

- Tecnológicos: innovación, inteligencia artificial y robótica, **la cuarta revolución industrial**, el futuro de la producción, **economía circular**, minería y materiales, economía digital y sociedad, petróleo y gas
- Ambientales: Medio ambiente y seguridad de los recursos naturales, ciudades y urbanización, el futuro de la movilidad, bosques, **cambio climático**, ártico, agua, océanos.
- Legales: justicia e infraestructura jurídica, corrupción.

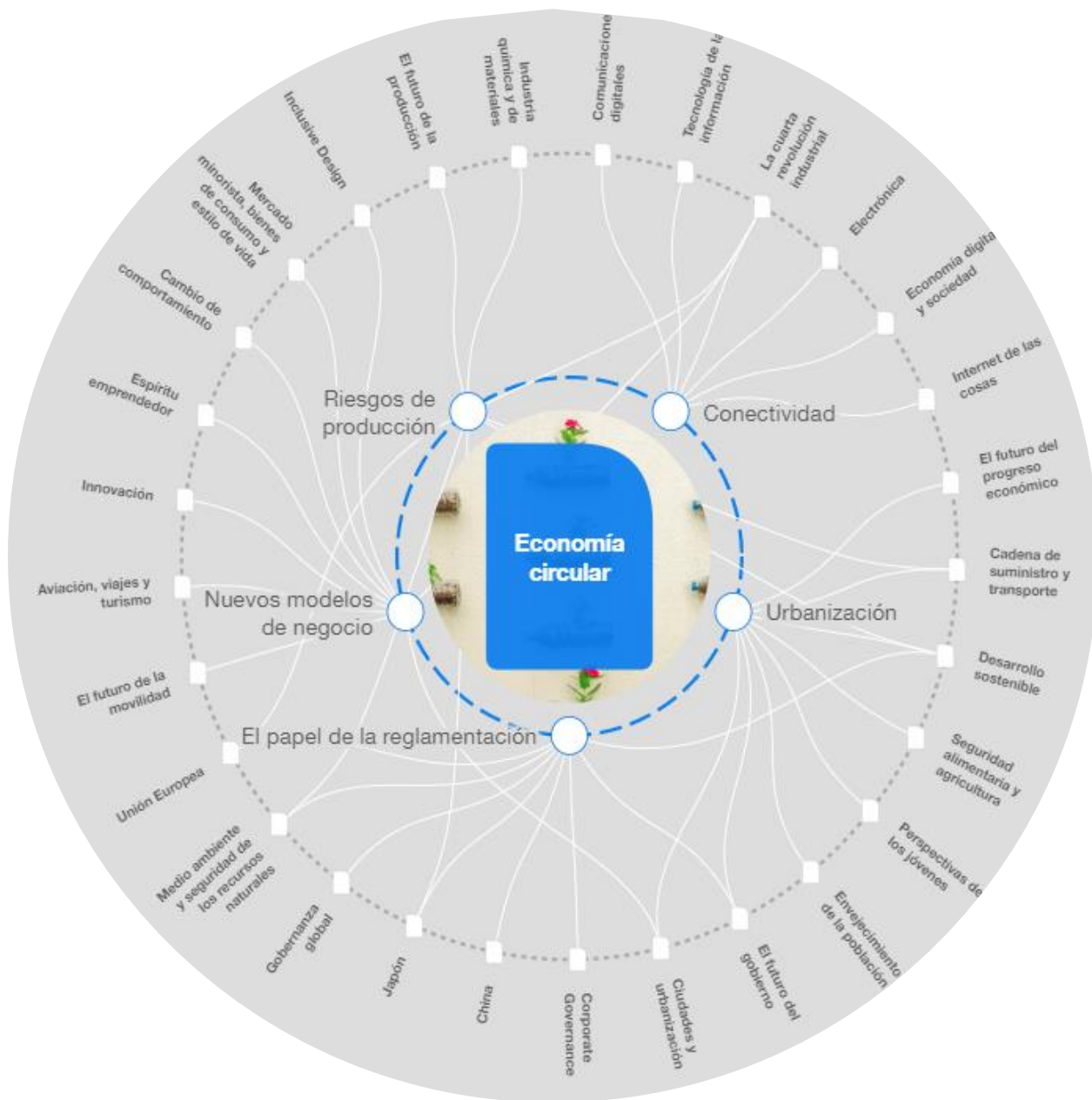
Figura 13. Marco de referencia temático del desarrollo sostenible



Fuente. Tomado de Foro Económico Mundial. Información disponible en <https://intelligence.weforum.org/>

Cada uno de los ítems en negrita son per se una red temática específica, en la que se evidencian factores transversales que inciden en el desarrollo sostenible. En la figura 14 se presenta el mapa temático de la economía circular, en el que se destacan: **el internet de las cosas, la cadena de suministros, Seguridad alimentaria y agricultura, Mercadeo minorista, bienes de consumo y estilo de vida, Industria química y de materiales, Tecnologías de la información, Nuevos modelos de negocio, Biodiversidad**

Figura 14. Economía circular

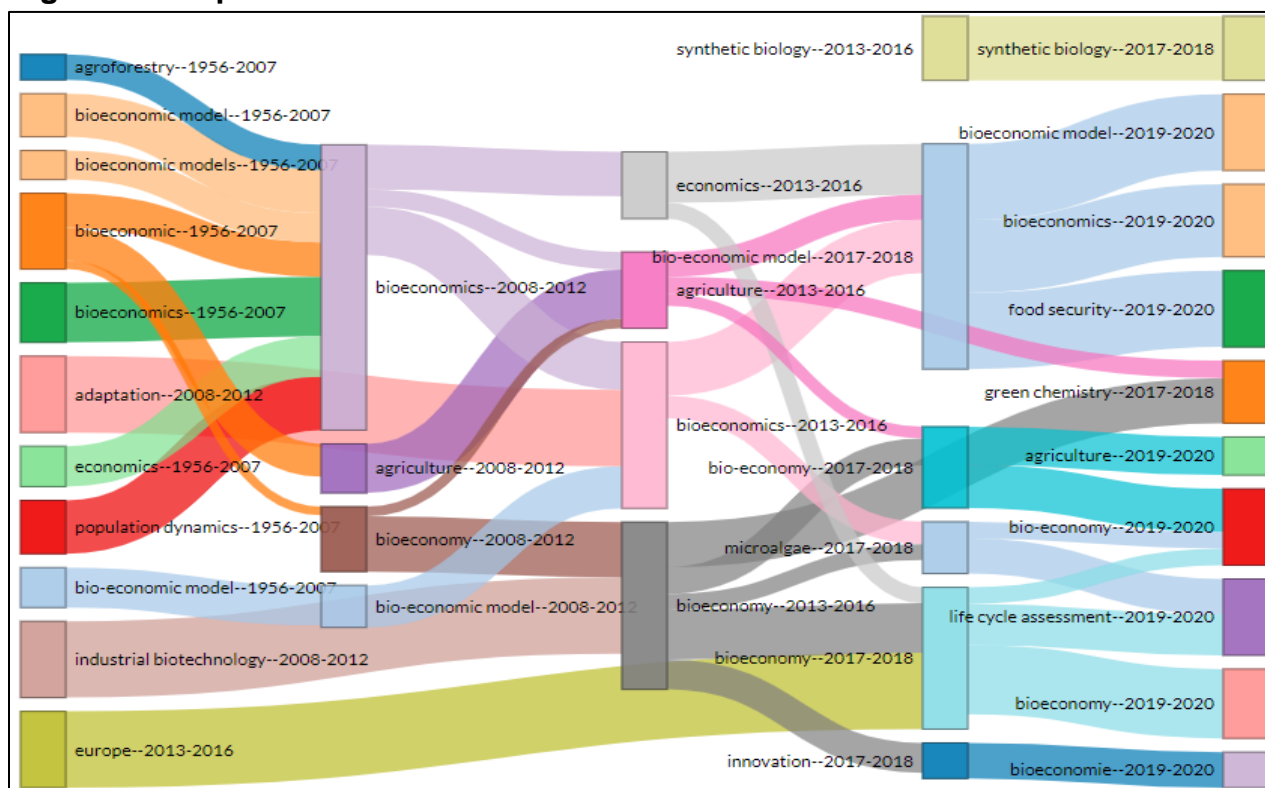


Fuente. Tomado de Foro Económico Mundial. Información disponible en <https://intelligence.weforum.org/>

5. Extrapolación de la bioeconomía más allá del sector agropecuario y agroindustrial

Retomando la ecuación de búsqueda planteada en la sección 3, se realiza un análisis homólogo de la evolución temática de la bioeconomía, pero sin la restricción de limitar la búsqueda de publicaciones a temas de agricultura y ciencias biológicas. En la figura 15 se observa que en la ventana de tiempo desde 1956 a 2019, el desarrollo del concepto de bioeconomía ha desarrollado rutas de crecimiento apoyándose en tópicos del desarrollo sostenible como: la agroforestería, las dinámicas poblacionales, la industria biotecnológica, la agricultura, la seguridad alimentaria, la biología sintética, la química verde y el análisis de ciclo de vida de productos y servicios. Todo lo anterior apalancado desde el diseño, adopción, apropiación e innovación en modelos bioeconómicos.

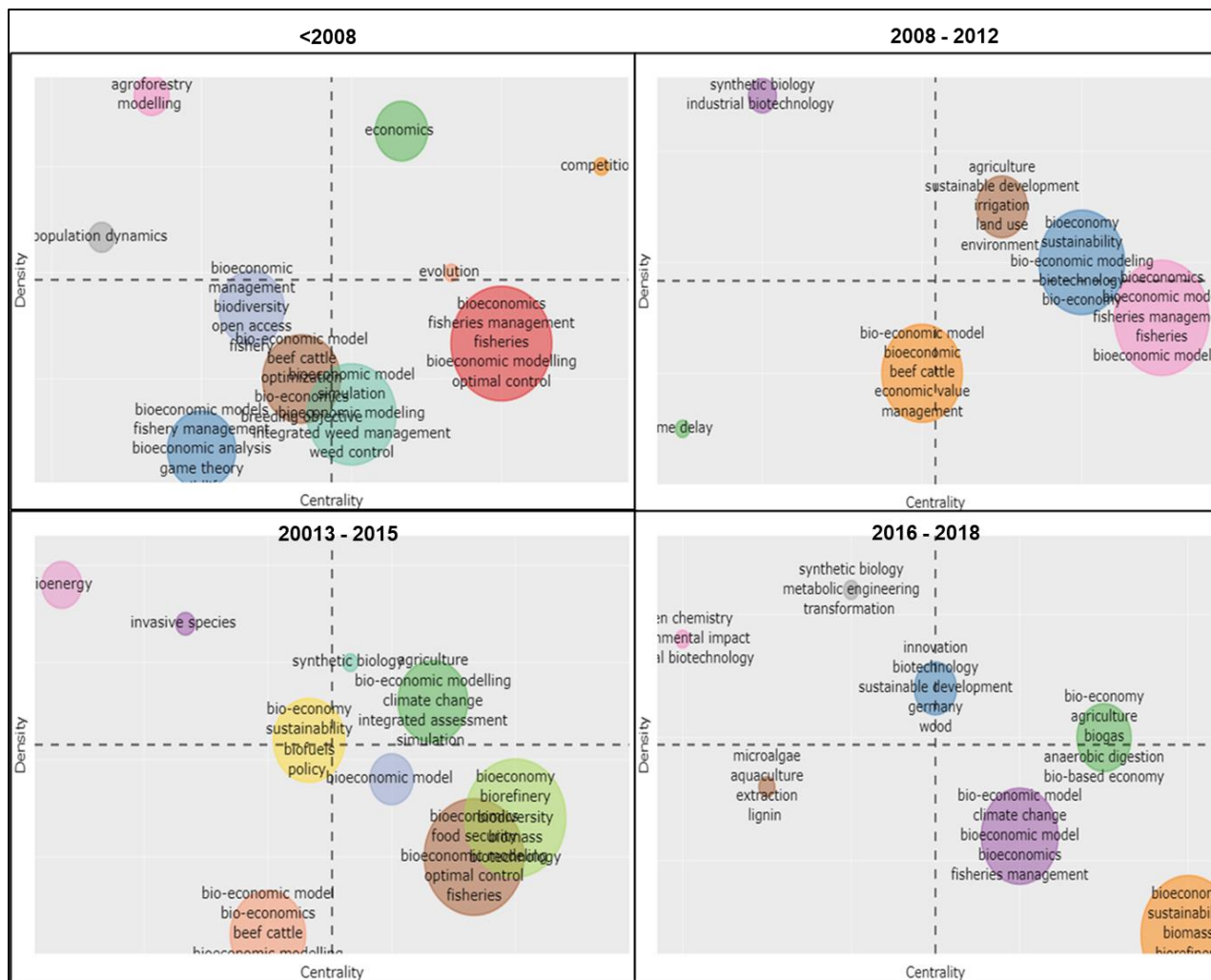
Figura 15. Mapa de evolución temática.



Fuente. Elaboración propia a partir de información en Scopus® fecha de consulta agosto de 2019. Software de análisis Bibliometrix®

Un análisis más en detalle a través de la selección de ventanas temporales permite la categorización de los tópicos clave en cuatro tipologías de análisis, teniendo en cuenta dos variables, centralidad (importancia del tópico en todo el campo de investigación o análisis) y densidad (medición de que tan desarrollado está el tema).

Figura 16. Evolución y migración de tópicos en bioeconomía



Fuente. Elaboración propia a partir de información en Scopus® fecha de consulta agosto de 2019. Software de análisis Bibliometrix®

- i) Cuadrante superior derecho, temas motor con un alto desarrollo y una importancia alta;
- ii) Cuadrante inferior derecho, temas básicos y transversales, temas de alta importancia y un desarrollo básico;
- iii) Cuadrante inferior izquierdo, temas emergentes y en declive, con importancia y desarrollo básico;
- y, iv) Cuadrante superior izquierdo, temas altamente desarrollados y aislados, con un alto desarrollo, pero importancia básica.

El tamaño de la burbuja es proporcional al número de ocurrencias del tópico en los registros recuperados y el color indica que pertenece a un clúster (agrupación de tópicos), específica que guarda una valoración entre sí (Fig. 16).

- Ventana de tiempo 1 < 2007: Si bien el concepto global de la bioeconomía emerge en 1975 como respuesta al origen económico de los recursos biológicos y la competitividad de los sistemas productivos como tema motor, su interacción con el sector agropecuario se desarrolló a partir de su integración con temas emergentes como la biodiversidad, la gestión de recursos de pesca, la gestión de unidades productiva para ganado de carne y el control de arvenses. Cómo tema motor se consolida el diseño y adaptación de modelos bioeconómicos y cómo temas con alto desarrollo los sistemas productivos agroforestales y el estudio de las dinámicas poblacionales en ecosistemas.
- Ventana de tiempo 2, (2008 – 2012): en este periodo se consolidan como temas motor el desarrollo sustentable en los diferentes sistemas productivos, tópico que per se es una megatendencia en el sector agropecuario, enfoque en el uso sostenible de los recursos agua y suelo, desarrollo de modelos bioeconómicos contemplando tópicos de sostenibilidad y biotecnología y gestión de recursos pesqueros. Los tópicos emergentes se mantienen en el diseño de modelos bioeconómicos para ganadería y valoración económica. Los tópicos de alto desarrollo y que aún no son motor se enfocan en la biología sintética y la biotecnología industrial.
- Ventana de tiempo 3, (2013-2015): en esta ventana se empiezan a consolidar los tópicos en las cuatro categorías de análisis. Tópicos motor clave como la biología sintética, el modelamiento bioeconómico en agricultura, el cambio climático y la simulación de evaluación integrada de sistemas productivos. Tópicos transversales en temas de biomasa, biodiversidad y biotecnología. Temas en alto desarrollo como las bioenergías y las especies invasivas y temas aún en consolidación como los modelos bioeconómicos para la ganadería.
- Ventana 4, (2016-2018): Se generan cambios asociados a la dinámica de investigación en bioeconomía y la influencia de otras megatendencias. Se generan

nuevos avances en temas de ingeniería metabólica, transformación y biología sintética, química verde, impacto ambiental de la producción y biotecnología industrial. Se mantienen como tópicos transversales y motor los modelos bioeconómicos para cambio climático, agricultura, biomasa, biorrefinerías y desarrollo sostenible. Emergen tópicos en el desarrollo de microalgas y la innovación es punto de transición entre temas altamente desarrollados y temas motor, así como entre temas emergentes y altamente desarrollados.

Referencias

Biontropic, EAFIT, & SILO. (2017). Estudio de bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia. Fase I. Bogotá. DC. DNP

Carus M., & Lara, D. (2018). The “Circular Bioeconomy” – Concepts, Opportunities and Limitations. nova-Institut. Huerth, Germany.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. (2018). Bioeconomía en América Latina y el Caribe: Contexto global y regional y perspectivas. Santiago de Chile. ISSN 1680-8754 (versión electrónica)

Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. (2018) ASSESSING THE CONTRIBUTION OF BIOECONOMY TO COUNTRIES' ECONOMY. A brief review of national frameworks. Rome. FAO

Comisión Económica Europea (2012). Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. Directorate-General for Research and Innovation. European Commission, Brussels. Recuperado de http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/bioeconomycommunicationstrategy_b5_brochure_web.pdf.

Europe and Latin America Technology Base Business network, ELAN (2016). Thematic Season: Bioeconomy. Misión Técnica en Finlandia. Desarrollos sostenibles de la Bioeconomía, energía renovable y digitalización. ELAN network PPT

FAO. (2016). How sustainability is addressed in official bioeconomy strategies at international, national and regional levels: An overview. Rome: FAO

GEORGESCU-ROEGEN, N. (1978). Los modelos dinámicos y el crecimiento económico, *Lecturas del Trimestre Económico*, 26 (pp. 284-319).



AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria