

## Tendencias de la bioeconomía en la búsqueda de un modelo económico sustentable

Trends of bioeconomy in search for a sustainable economic model

Juan Manuel Vargas-Canales<sup>1</sup>, Sergio Orozco-Cirilo<sup>1</sup>, Nicasio García-Melchor<sup>1</sup>, Sergio Ernesto Medina-Cuéllar<sup>2</sup>  
y Joaquín Hutzilihuitl Camacho-Vera<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Estudios Sociales. División de Ciencias Sociales y Administrativas Campus Celaya-Salvatierra. Universidad de Guanajuato.

<sup>2</sup> Departamento de Empresa y Arte. División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato.

<sup>3\*</sup> División de Estudios de Posgrado, Universidad de la Sierra Sur. Guillermo Rojas Mijangos s/n, Col. Ciudad Universitaria. Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca. C. P. 70800. Teléfono móvil: 5514209686. Correo electrónico: camachovera@yahoo.com.mx

\*Autor de correspondencia

### Resumen

El objetivo de esta investigación fue analizar el estado actual del conocimiento de los estudios sobre bioeconomía, con el fin de identificar su desarrollo, evolución y tendencias. Para su análisis se utilizó el método de revisión sistemática, mientras que para la codificación, extracción de datos y resultados se utilizó el software VOSviewer. En los últimos años se dio un crecimiento sobre las investigaciones en bioeconomía, concentrado en pocos países, instituciones y disciplinas. Los resultados identifican la consolidación de tres campos científicos con temas e intereses específicos. Actualmente, se percibe mayor interés en estudios referentes a la economía circular, la bioeconomía circular y la sustentabilidad. Finalmente, se perciben pocas investigaciones técnicas relacionadas con mejoras de procesos y productos; es decir, las investigaciones se enfocan a cuestiones socioeconómicas y en menor magnitud al desarrollo tecnológico.

**Palabras clave:** Biocombustibles; desarrollo científico; economía circular; paradigmas científicos; sustentabilidad.

### Abstract

The aim of this research was to analyze the current state of knowledge of bioeconomy studies, in order to identify its development, evolution, and trends. For its analysis, the systematic review method was used, whereas for coding, data extraction, and results, the VOSviewer software was used. In recent years there has been a growth in bioeconomy research, concentrated in a few countries, institutions, and disciplines. The results identify the consolidation of three scientific fields with specific themes and interests. Currently, there is greater interest in studies related to circular economy, circular bioeconomy, and sustainability. Finally, few technical investigations related to process and product improvements are perceived; that is, investigations focus on socioeconomic issues and to a lesser extent on technological development.

**Keywords:** Biofuels; scientific development; circular economy; scientific paradigms; sustainability.

Recibido: 23 de junio de 2023

Aceptado: 30 de agosto de 2023

Publicado: 04 de octubre de 2023

**Cómo citar:** Vargas-Canales, J. M., Orozco-Cirilo, S., García-Melchor, N., Medina-Cuéllar, S. E., & Camacho-Vera, J. H. (2023). Tendencias de la bioeconomía en la búsqueda de un modelo económico sustentable. *Acta Universitaria* 33, e3920. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2023.3920>

## Introducción

La bioeconomía surgió hace varios años como respuesta a la búsqueda de alternativas viables para enfrentar las problemáticas ambientales derivadas de la producción de bienes y servicios y a la necesidad de generar un modelo de desarrollo económico sustentable que garantice lograr los objetivos de seguridad alimentaria mundial. En ese sentido, la bioeconomía se concibe como una gran visión para el desarrollo de la sociedad y la economía que abarca objetivos políticos específicos como el crecimiento económico y la mitigación del cambio climático (Dieken *et al.*, 2021).

La bioeconomía es un concepto relativamente nuevo que ha evolucionado a través del tiempo, se piensa en este término como un conjunto de suposiciones sobre la sostenibilidad y la economización de la naturaleza (Dieken & Venghaus, 2020; Giurca, 2020). Este paradigma emergente pretende dar solución a la degradación de los recursos naturales ocasionada por el actual modelo de producción. Para tal fin, toma como base el desarrollo de tecnologías de bajo impacto ambiental y más eficientes en el uso de estos recursos, aunadas a un involucramiento de la sociedad en dichos objetivos (Aguilar *et al.*, 2019). Una de las definiciones más utilizadas es la de la Comisión Europea (European Commission, 2021), quien establece que la bioeconomía utiliza recursos biológicos renovables de la tierra y el mar, como cultivos, bosques, peces, animales y microorganismos, para producir alimentos, materiales y energía.

La bioeconomía es un concepto que abarca todos los sectores y sistemas que utilizan la biomasa en sus procesos productivos (Lakner *et al.*, 2021). Incluye el uso de la biotecnología y la reutilización de biomasa en esos o en otros procesos, de ahí que se crea que acelerará el progreso hacia una economía circular y con bajo impacto ambiental (European Commission, 2021).

Derivado de lo anterior, para este caso se entiende a la bioeconomía como la ciencia que se enfoca al estudio de las formas sobre cómo utilizar y reutilizar de manera racional, integral y sustentable los recursos biológicos que se generan en la producción, acopio, transformación, distribución y comercialización de alimentos, energía, materiales de construcción, biomateriales y productos consumibles no alimentarios esenciales para producir medicamentos, saborizantes y colorantes naturales, solo por mencionar algunos.

Un mayor uso de recursos renovables de base biológica en todos los sectores económicos se asocia a una estrategia de crecimiento verde (Stark *et al.*, 2022). Es decir, se trata de configurar un modelo de desarrollo que tenga una economía de base biológica (Brambila, 2011). Es conveniente aclarar que la bioeconomía se confunde con otros términos debido a que comparte ciertas similitudes que también se consideran enfoques de desarrollo sostenible, como la economía circular y la economía verde; sin embargo, la bioeconomía incluye a los conceptos anteriores y aporta nuevos elementos. Además, la bioeconomía busca desarrollar políticas e instrumentos para transformar a los sistemas agroalimentarios de modo sustentable (Chavarría *et al.*, 2021).

La bioeconomía es una disciplina de carácter interdisciplinario y, a medida que se va consolidando, muestra más interconexiones (con la física, química, derecho, política, estadística, biotecnología, entre otras) (von Braun, 2018). La visión del uso de recursos biológicos se centra en el procesamiento y la mejora de las materias primas biológicas, así como en el establecimiento de nuevas cadenas de valor en las que se optimice el uso de energía y nutrientes, se promueva la biodiversidad y se eviten los monocultivos y la degradación del suelo (Bugge *et al.*, 2016). La actual crisis ocasionada por el covid-19 (síndrome respiratorio agudo severo relacionado con coronavirus 2, o SARS CoV-2) ha hecho aún más evidente la necesidad de proteger el medioambiente y garantizar un desarrollo sostenible que permita minimizar el futuro riesgo de intensificación de pandemias (Esteban & Sanz-Hernández, 2021).

En ese sentido, el desarrollo de la bioeconomía implica la necesidad de que otros países se integren y participen en acuerdos ambientales internacionales, presionen para lograr una sostenibilidad vinculante segura (acuerdos comerciales bilaterales y multilaterales) y definan mecanismos de compensación internacional, que contribuyan a formas socialmente aceptables de compartir los beneficios y las cargas ambientales inevitables que implica esta transformación (Stark *et al.*, 2022). En pocas palabras, el desarrollo de la bioeconomía implica la construcción de una gobernanza global para el diseño e implementación de las estrategias y políticas que la tienen como meta (Korhonen *et al.*, 2018; Papadopoulou *et al.*, 2022).

La aplicación conjunta de la bioeconomía, la economía verde y la economía circular promueve el uso sostenible de los recursos naturales (Abad-Segura *et al.*, 2021); sin embargo, falta un análisis más profundo de estos conceptos en los campos de la economía (Ferreira *et al.*, 2018). Lo anterior es necesario para desarrollar un enfoque más completo e integrado hacia la sostenibilidad ambiental, la extracción de materiales biológicos, la protección de la biodiversidad e incluso la función principal de la producción de alimentos en la agricultura (Abad-Segura *et al.*, 2021).

Un reto fundamental para economías y sociedades a corto plazo es el mantener una lucha constante contra el cambio climático y promover un crecimiento sostenible (Esteban & Sanz-Hernández, 2021). Para tal fin, es fundamental compartir los nuevos conocimientos que se van desarrollando sobre la bioeconomía a nivel mundial, esto para facilitar la adaptación a circunstancias locales en un contexto de transformaciones sociales, tecnológicas y económicas (von Braun, 2018). Las crisis actuales manifiestan la capacidad de países y grupos sociales para luchar en situaciones de emergencia, desplegando respuestas innovadoras y la co-creación de valor (Esteban & Sanz-Hernández, 2021). Por otra parte, las interacciones entre la bioeconomía y la biotecnología son esenciales para desarrollar nuevas tecnologías y aplicaciones útiles para la sociedad. Además, esto permitiría extender las interacciones con varias disciplinas de la ingeniería, las ciencias naturales o moleculares y la bioingeniería. El problema es que la bioeconomía no es uniforme en sus conceptos ni una entidad única y universal. No hay claridad de sus alcances y avances, y se genera confusión en su capacidad para desarrollar alternativas viables. Por lo tanto, es importante el intercambio mutuo de enfoques, iniciativas y tendencias a nivel local, nacional y regional, con la finalidad de conocer los desafíos que la humanidad enfrenta en esta área y los logros que se han obtenido (Wohlgemuth *et al.*, 2021).

Pese a que en la actualidad ya se han desarrollado investigaciones relacionadas con la bioeconomía, aún se sigue considerando como un concepto ambiguo que es interpretado y analizado de diversas formas, dependiendo de la disciplina y del tipo de actores que la estudian (Dallendörfer *et al.*, 2022). En consecuencia, existe mucha heterogeneidad de enfoques, perspectivas y posturas sobre la bioeconomía. Derivado de lo anterior, para comprender con claridad a la bioeconomía y que se adopte el concepto entre la población general, es importante profundizar en su conceptualización, desarrollo, comportamiento y evolución. En ese sentido, el objetivo de esta investigación fue analizar el estado actual del conocimiento y los estudios sobre la bioeconomía mediante una revisión sistemática de literatura, con el fin de explorar las tendencias de desarrollo y sus líneas de investigación.

## Materiales y métodos

### Método de análisis

Para el análisis del estado actual del conocimiento sobre las investigaciones en bioeconomía, se realizó una revisión sistemática de literatura especializada en el tema. Este método consiste en la revisión, análisis e interpretación de la literatura existente a fin de localizar, evaluar y sintetizar la mejor evidencia disponible relacionada con un tema de investigación específico (Boland *et al.*, 2017). La revisión sistemática consiste en la evaluación ordenada y explícita de la literatura, acompañada de un análisis crítico de acuerdo a diferentes herramientas y un resumen cualitativo de la evidencia (García-Perdomo, 2015). Además, es particularmente útil cuando el cuerpo de la literatura aún no ha sido revisado exhaustivamente o cuando el tema de estudio exhibe una naturaleza compleja o heterogénea susceptible de una revisión (Peters *et al.*, 2015), como es el caso del desarrollo y evolución de la bioeconomía.

Este tipo de metodologías presenta algunas particularidades. Se trata de investigaciones en las cuales los resultados dependen de la fecha de su realización, del tipo de palabras clave y de las condiciones y restricciones de búsqueda. Es decir, si se realiza algún cambio, los resultados serán distintos. Sin embargo, es preciso mencionar que se obtiene información valiosa y precisa sobre el estado actual del conocimiento, y es posible identificar una tendencia sobre el desarrollo de un tema específico.

### Obtención de la información

La búsqueda de la información se realizó en diciembre de 2021 con la finalidad de identificar la literatura científica disponible hasta el final de este año. El rastreo de los documentos se realizó en la base de datos científica Scopus. Se planteó lo anterior tomando en consideración las eficaces prestaciones de su motor de búsqueda, el volumen y calidad de la información almacenada, la riqueza de metadatos, así como la facilidad para descargar archivos (Cruz-Ramírez *et al.*, 2020). Además, es considerada la base de datos de literatura científica más completa a nivel mundial (Baier-Fuentes *et al.*, 2019; Mongeon & Paul-Hus, 2016). Para la búsqueda en la base de datos se usó una estrategia de búsqueda limitada a "tema", concretamente en el título del documento (*Title*). La palabra de búsqueda fue "bioeconomy"; se utilizó solo una palabra con la intención de integrar una visión global sobre el desarrollo de las investigaciones que se han realizado sobre este tema. Finalmente, se solicitó la descarga masiva de metadatos en un archivo CSV, con lo cual se construyó la base de datos.

## Criterios de inclusión y exclusión

La búsqueda se restringió por tipo de documento - "artículos científicos"- y se filtró por coincidencia de las palabras clave solo en el título; es decir, no se consideró la búsqueda en las palabras clave, el resumen, ni en cualquier otra parte del documento. Se excluyeron las palabras clave y resumen debido a que en ocasiones se identifican documentos a partir de esto, sin embargo, son tangenciales al tema y objetivo de investigación. Se realizó lo anterior con la finalidad de tener certidumbre sobre la elección de documentos con el tema exacto de investigación. Se excluyeron conferencias, libros, capítulos de libro y revisiones de literatura. Respecto al tiempo de publicación, no se presentó ninguna restricción, con la intención de ubicar la evolución de las publicaciones sobre estos temas desde que se inició la investigación sobre ellos. En otras palabras, se buscó identificar cuándo se dio el surgimiento de este nuevo paradigma científico (Kuhn, 1971). Además, se limitó el tipo de fuente de publicación al incluir solamente las palabras "journal" y "trade journal". Asimismo, no se tuvieron restricciones sobre el idioma, país de origen y disciplina o área temática, ya que la intención era analizar la mayor cantidad de documentos relacionados con el tema de interés. Por último, se procedió a una primera revisión de los artículos para incluir únicamente aquellas investigaciones que consideran la bioeconomía como el tema central.

## Codificación y extracción de datos y resultados

Los resultados obtenidos de la base de datos científica Scopus se procesaron, y se obtuvo información que permitió obtener datos estadísticos sobre el origen y evolución de las investigaciones, así como las áreas temáticas, los países y las instituciones o centros de investigación donde se realizan este tipo de investigaciones. Posteriormente, se utilizó el *software* VOSviewer para generar, agrupar y visualizar redes (Van Eck *et al.*, 2020). VOSviewer permite visualizar clústeres existentes en relación con coautorías, citas, co-ocurrencias de palabras del título y palabras clave; además, sus prestaciones nos facilitan un análisis pormenorizado de cada uno hacia lo interno (Cruz-Ramírez *et al.*, 2020). A estos clústeres se les identificó como grupos con intereses disciplinarios similares o como campos científicos (Bourdieu, 1976).

Una vez finalizada la selección de los artículos, se procedió a analizar los distintos clústeres en relación con sus investigaciones y sus principales planteamientos. Además de los datos mencionados, se evaluó el riesgo de sesgo de los artículos, ya que las conclusiones de la revisión sistemática de literatura son válidas en la medida en que los estudios que la componen, llamados estudios primarios, sean confiables (Moreno *et al.*, 2018). Asimismo, se realizó un análisis de las principales características y hallazgos de los campos científicos con la finalidad de identificar los vacíos del conocimiento, es decir, alguna controversia o falta de estudios sobre el tema, y con ello definir líneas de investigación que el campo o área del conocimiento presenta (Vargas-Canales *et al.*, 2022).

## Resultados

De manera general, se encontraron 1 177 documentos entre artículos, libros, capítulos, conferencias, revisiones, cartas y notas relacionados con el objeto de estudio. Sin embargo, al aplicar los criterios de exclusión para los artículos seleccionados en la presente investigación, el número de trabajos se redujo a 628.

El primer documento relacionado con el objetivo de la investigación fue publicado en el año 2008. A partir de ahí, se observa un periodo de aproximadamente cuatro años donde el desarrollo de investigaciones en bioeconomía fue limitada, e incluso en varios años no hubo evidencias de alguna publicación. A partir de 2012, se da un ligero incremento en la producción de trabajos de este tipo, y a partir de 2016 hay un aumento exponencial de artículos científicos que tratan sobre bioeconomía (Figura 1).

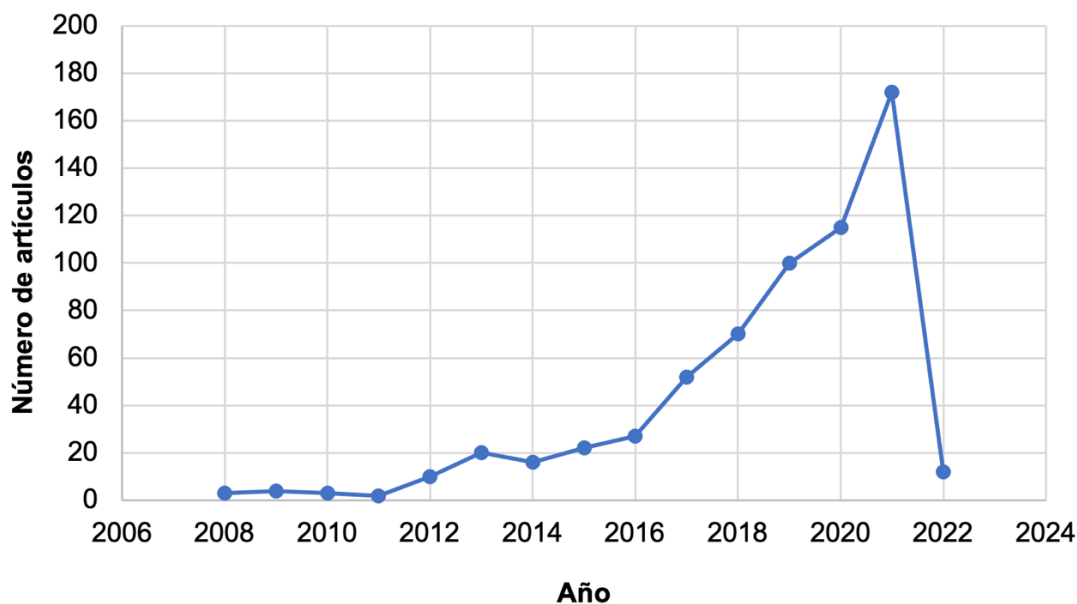


Figura 1. Origen y evolución de las investigaciones sobre bioeconomía.  
Fuente: Elaboración propia.

El país en donde se realiza el mayor número de investigaciones relacionadas con la bioeconomía es Alemania; no obstante, existe un grupo de países que muestra un buen dinamismo: Finlandia, Italia y Estados Unidos de América. Es importante mencionar que aparece un tercer grupo conformado por España, Suecia y Reino Unido, el cual se incorpora de forma más reciente (Figura 2). Por otra parte, se configura un cuarto grupo constituido por Francia, Austria e India. Es preciso mencionar que solo se presentan los diez principales países que están desarrollando investigaciones sobre el tema de interés. Además, existen trabajos y estudios sobre bioeconomía por parte de empresas, colectivos y organizaciones no gubernamentales, especialmente en América Latina.

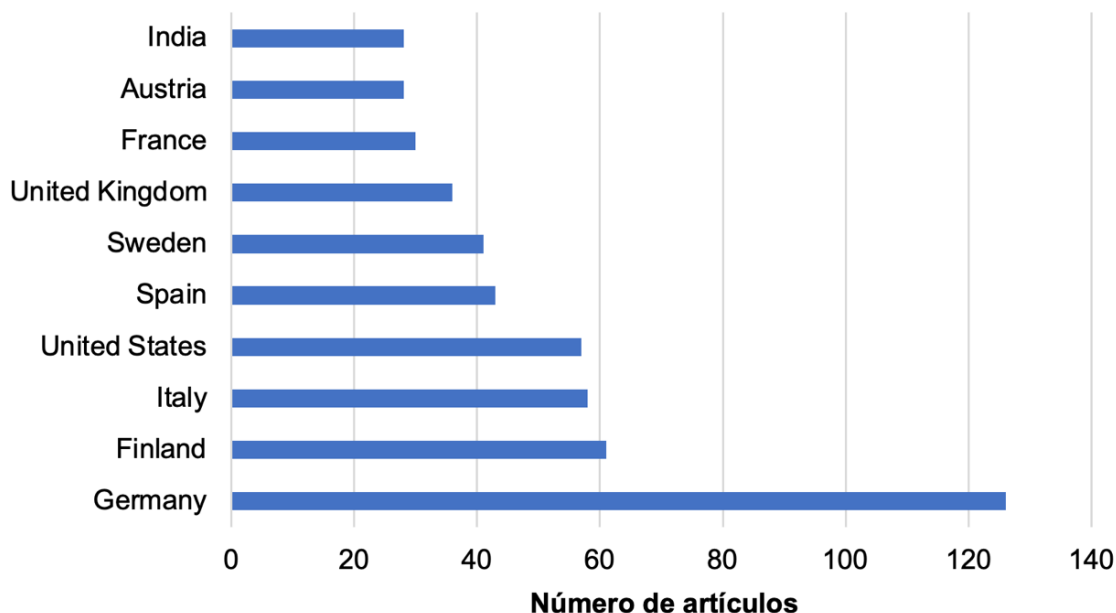


Figura 2. Principales países que realizan investigación sobre bioeconomía (2021).  
Fuente: Elaboración propia.

Las principales instituciones que han realizado investigaciones acerca de bioeconomía son Universität Hohenheim, Helsingin Yliopisto, European Commission Joint Research Centre y Universität Bonn; es evidente que Europa lidera este tipo de investigaciones y que las instituciones alemanas son las que tienen mayor participación (Figura 3). Cabe señalar que en las instituciones de América también se desarrolla investigación de bioeconomía, pero con menor dinamismo. Además, en Europa están tomando relevancia otras instituciones, principalmente, de España y Portugal.

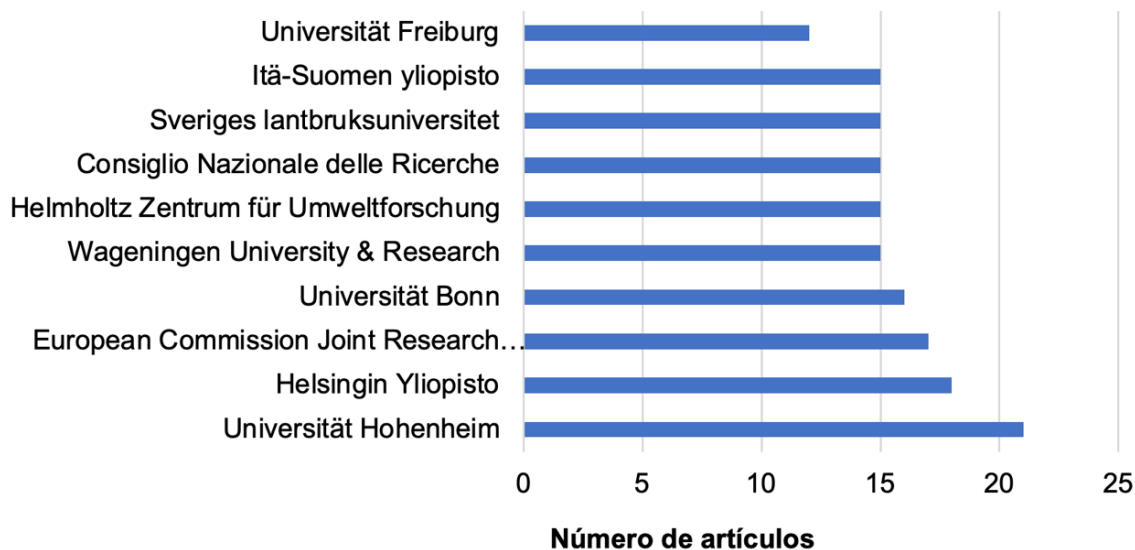


Figura 3. Principales instituciones que realizan investigación sobre bioeconomía (2021).  
Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las áreas temáticas en donde se están trabajando este tipo de investigaciones, destaca Ciencias Ambientales con el 25%, Energía con el 18% y Ciencias Sociales con el 17%; estas áreas aportan más del 50% de la producción científica (Figura 4).

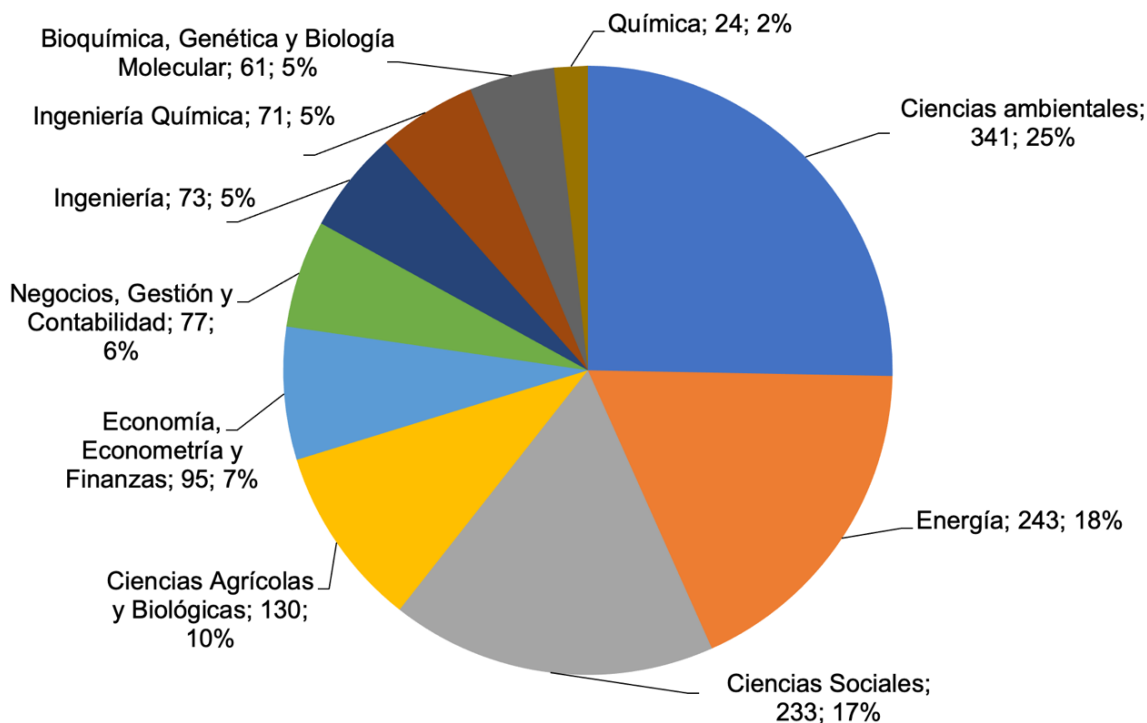


Figura 4. Principales áreas temáticas en donde se realiza investigación sobre bioeconomía (2021).  
Fuente: Elaboración propia.

La red de visualización del análisis de co-ocurrencias produjo tres clústeres o campos científicos claramente definidos, identificados con distintos colores (Figura 5). El tamaño de la etiqueta y el círculo está determinado por el peso relativo de los clústeres; es decir, cuanto mayor sea el peso relativo, mayor será la etiqueta y el círculo. El color está determinado por el grupo al que pertenece la palabra de búsqueda, la cual está relacionada con las investigaciones realizadas (van Eck & Waltman, 2020).

El Clúster 1 (rojo) está integrado por investigaciones relacionadas con la biotecnología, la sustentabilidad, la economía ambiental, el desarrollo sustentable y el desarrollo de la innovación. El Clúster 2 (verde) lo forman investigaciones relacionadas con el cambio climático, la agricultura, la bioenergía o biocombustibles y el uso de la biomasa en distintos procesos. El Clúster 3 (azul) está constituido por investigaciones relacionadas concretamente con el desarrollo del análisis económico de la bioeconomía. Y una de las ramas de esta disciplina que está teniendo un crecimiento importante a nivel mundial es la economía circular.



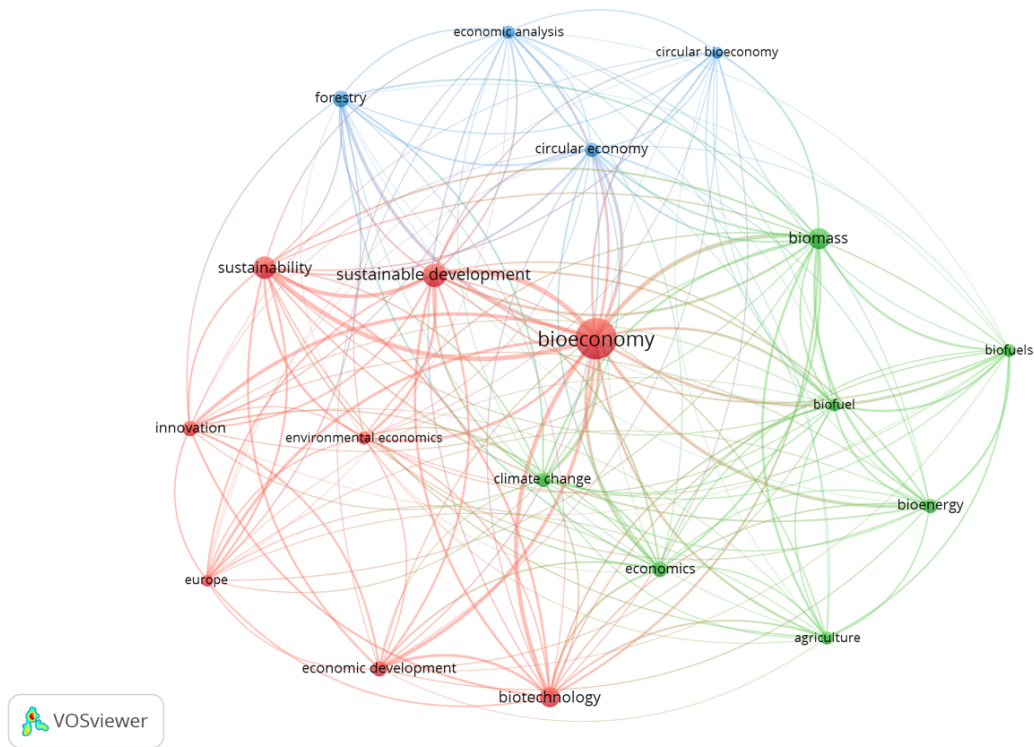


Figura 5. Paisaje bibliométrico y campos científicos sobre el desarrollo de la bioeconomía (2021).  
Fuente: Elaboración propia.

En la evolución y las tendencias de las investigaciones sobre bioeconomía se observa la formación clara de tres grupos con dinámicas distintas a nivel mundial. El primero, que es el más antiguo, se relaciona con la agricultura, la biotecnología, la bioenergía y el desarrollo de innovaciones. El segundo agrupa las investigaciones relacionadas con el cambio climático, el desarrollo sustentable, los biocombustibles y el uso de biomasa. El tercer grupo está constituido por las investigaciones más recientes, donde destacan la sustentabilidad y la economía circular (Figura 6).

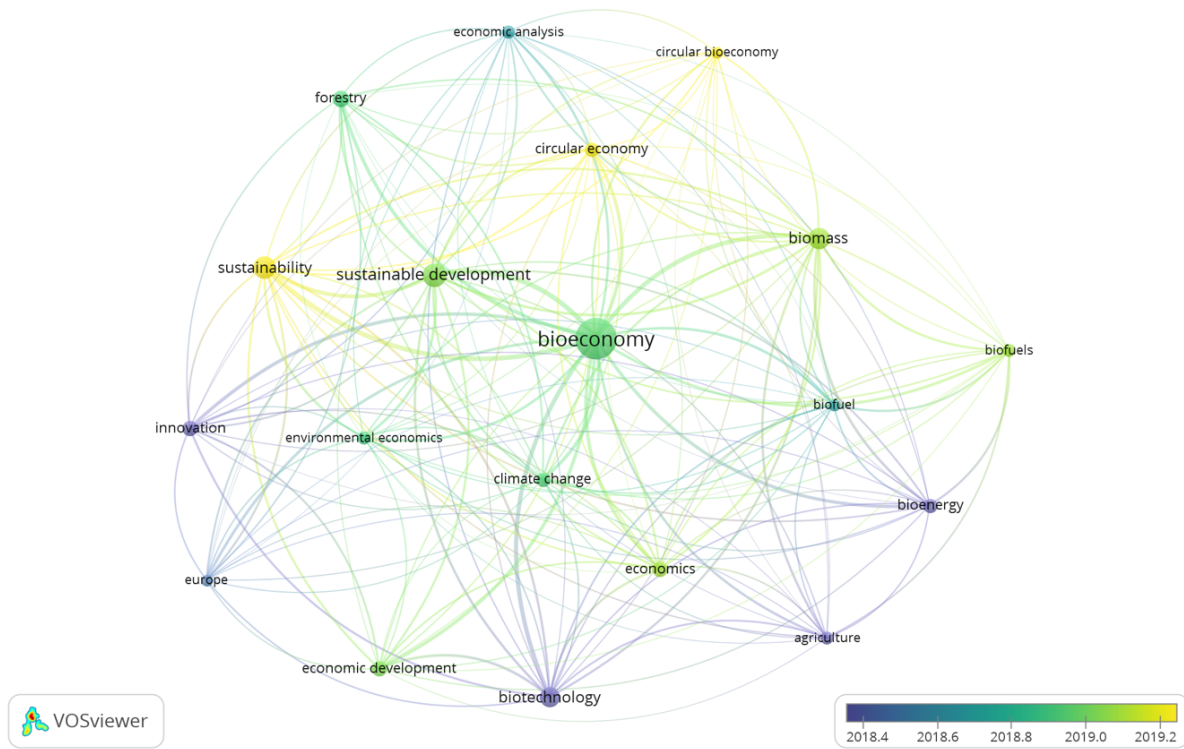


Figura 6. Tendencias de las temáticas de las investigaciones sobre bioeconomía (2021).  
Fuente: Elaboración propia.

En relación con las tendencias sobre citaciones por país, es posible identificar tres grupos. El primero está integrado por los países que iniciaron con este tipo de investigaciones (Estados Unidos, Reino Unido y la Federación Rusa). Un segundo grupo muestra ser más prolífico y está constituido por Alemania, Italia, Suecia, Finlandia, entre otros. Finalmente, un tercer grupo, que al parecer empieza a tener mayor dinamismo y liderazgo en la investigación sobre bioeconomía, está formado por India, Suiza, República Checa, Polonia y España (Figura 7).

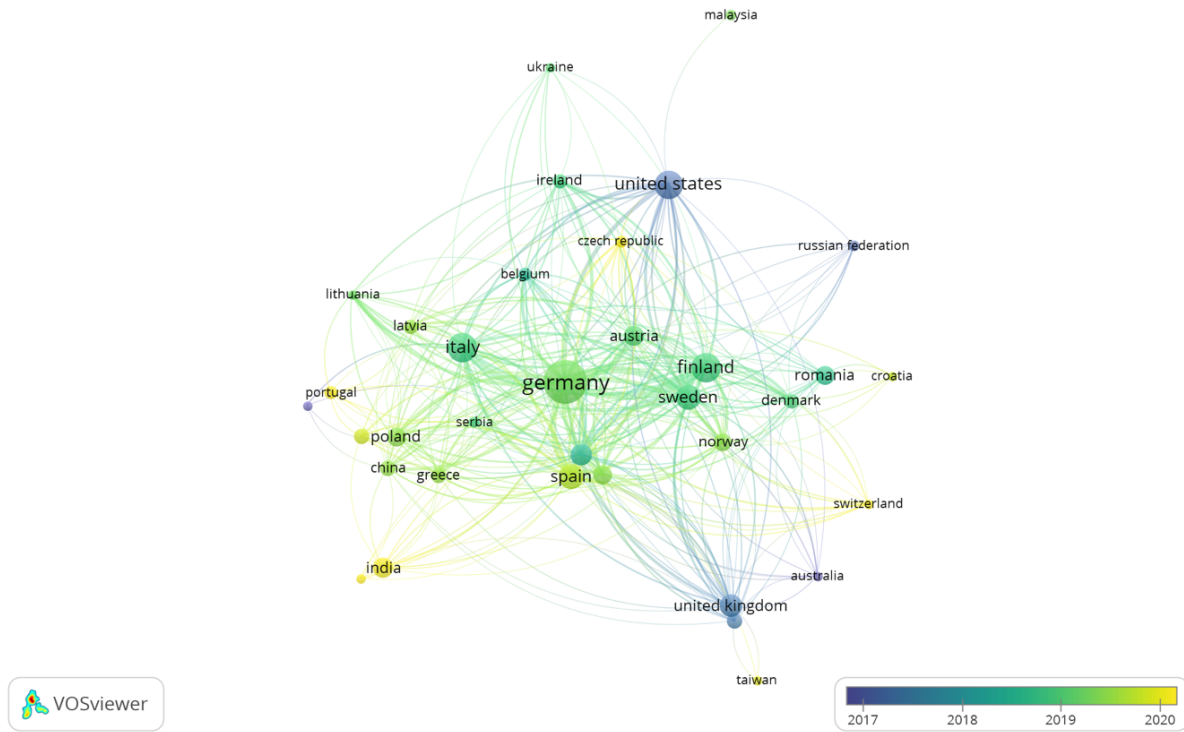


Figura 7. Tendencias de citas por país sobre las investigaciones de bioeconomía (2021).  
Fuente: Elaboración propia.

## Discusión

La bioeconomía no es uniforme en sus conceptos ni una entidad única y universal; por lo tanto, es importante el intercambio mutuo de enfoques, iniciativas y tendencias diferentes y divergentes a nivel local, nacional y regional (Wohlgemuth *et al.*, 2021). La bioeconomía propone un modelo basado en la producción de recursos biológicos renovables y la conversión de estos recursos en productos de valor agregado. En ese sentido, tienen un gran potencial para abordar estos desafíos relacionados con la gestión y el mantenimiento del medio ambiente (Mougenot & Doussoulin, 2021).

Este nuevo paradigma científico, con el cual surge la bioeconomía, tiene sus orígenes a mediados de los años 2000. Lo anterior refleja un aumento en publicación de investigaciones en años recientes. Es posible percibir que se trata de un paradigma desarrollado por las generaciones que han tenido determinada influencia de la noción de desarrollo sustentable de 1987, y que reflejan preocupación por entender a las externalidades ambientales como producto de la interacción económica, social y ambiental (Larrouyet, 2015; Pearce *et al.*, 1994). Es decir, la bioeconomía puede entenderse como un esfuerzo por categorizar la problemática ambiental, a fin de construir un paradigma teórico que se concrete en acciones e investigaciones orientadas a su solución.

Lo anterior ha sido ocasionado por una crisis evidente de los paradigmas anteriores, lo que permite que de manera natural se agote o termine un paradigma y, por ende, ocurra de manera natural el inicio de otro (Kuhn, 1971). El desacuerdo es un aspecto esencial de la producción de conocimiento, la comprensión de sus características sociales, culturales y epistémicas revelará conocimientos fundamentales sobre la ciencia en proceso y acciones concretas. El conflicto es esencial para el progreso científico, pero el alcance del desacuerdo en la ciencia, su evolución a lo largo del tiempo y los campos en los que ocurre siguen sin comprenderse (Lamers *et al.*, 2021).

En este caso, son evidentes los cambios y las crisis ambientales que tienen décadas manifestándose y que se relacionan con momentos claros del desarrollo económico mundial. Es decir, la evolución del desarrollo científico y tecnológico proviene, por un lado, de la acumulación de conocimiento y hechos, y por otro lado se deriva de ciertas circunstancias y posibilidades intelectuales sujetas al cambio (Kuhn, 1971) que se vinculan con la cultura tecnológica acumulativa de la sociedad. Esto se refiere al aumento en la eficiencia y complejidad de herramientas y técnicas que se desarrollan y evolucionan en las poblaciones humanas a lo largo de generaciones, las cuales mejoran constantemente (Osiurak & Reynaud, 2019; Vitrano, 2017).

En ese mismo sentido, hay consenso desde hace algunos años en la comunidad científica en relación a que continuar con el modelo actual puede derivar en una catástrofe ambiental en el largo plazo (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2016). Además, existe una creciente demanda de recursos para garantizar que las generaciones presentes y futuras tengan acceso a alimentos (Dal Moro *et al.*, 2022).

El cambio climático es un aspecto relevante que está generando modificaciones en las temperaturas, en patrones climáticos y en el medio ambiente en general. Las actividades humanas han sido el principal motor de este fenómeno, principalmente debido a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas. Adicionalmente, el siglo XX se caracterizó por ser un periodo de expansión económica sin precedentes, que se visualizaba como el estado natural de las cosas, en el cual el crecimiento de la población no era concebido como un problema (Bardi, 2014). Sin embargo, las proyecciones sobre el cambio climático indican que éste evoluciona rápidamente y está afectando a todos los sistemas biológicos del mundo (Ondiko *et al.*, 2022).

En la actualidad, el cambio climático se está manifestando en forma de sequías, incendios, inundaciones, escasez de recursos y pérdida de especies, entre otros impactos. En 2020, varias ciudades de todo el mundo experimentaron temperaturas extremas que no se habían registrado antes (McLennan, 2022). Los impactos proyectados del cambio climático global incluyen la elevación de la temperatura, fenómenos meteorológicos extremos y aumento de la contaminación del aire. Los efectos negativos son incuantificables y van enlazados con importantes implicaciones sociales; por ejemplo, se relacionan con los problemas psicológicos, puesto que las sequías, inundaciones y tormentas severas disminuyen la calidad de vida, y los niveles elevados de contaminantes afectan las actividades recreativas al aire libre; en consecuencia, aumenta el estrés, la angustia psicológica y los conflictos interpersonales e intergrupales (Evans, 2019).

Por lo tanto, es comprensible que los últimos 10 años hayan sido testigos de un aumento significativo en las publicaciones centradas en la bioeconomía, como una propuesta para enfrentar los desafíos globales del cambio climático, el agotamiento de los recursos no renovables y la degradación del ecosistema (Papadopoulou *et al.*, 2021). Los resultados obtenidos en relación con los países que presentan mayor dinamismo son Finlandia, Alemania e Italia, lo cual coincide con lo encontrado por otros autores (Ferreira *et al.*, 2018), esto podría estar correlacionado también con una preocupación genuina de sus sociedades con respecto a los problemas ambientales y con el creciente activismo y protestas sociales en Europa, particularmente en Alemania. Además, los trabajos de investigación se concentran en pocas instituciones pertenecientes a los países mencionados, obviamente con cambios en las tendencias a futuro, en los cuales destaca India, Suiza, República Checa, Polonia y España. Es importante destacar que las investigaciones muestran que existen varias estrategias enfocadas en discutir, analizar y encontrar alternativas de estos temas en muchos países. En ese sentido, se tienen avances importantes; sin embargo, aún no son suficientes, se debe continuar con estudios y comparaciones (Ferreira *et al.*, 2018).

La expansión de la producción científica de la bioeconomía se debe a su naturaleza multidisciplinaria, ya que su discusión implica la yuxtaposición de conocimiento técnico, ambiental y económico (Abad-Segura *et al.*, 2021). Por otro lado, la mayoría de los aportes se realizan en el área ambiental; otras áreas importantes son energía y ciencias sociales. Derivado de lo anterior, existe una gran oportunidad para desarrollar investigación abordando las áreas temáticas relacionadas con la bioquímica, ingeniería, genética y agricultura. Por ejemplo, aún falta mucho por determinar sobre la capacidad de las plantas para utilizar luz, capturar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e impulsar una bioquímica compleja, lo que es fundamental para ofrecer estas soluciones (Hankamer *et al.*, 2023; Kalluri *et al.*, 2020), sin embargo, estas áreas son las menos desarrolladas.

Se puede identificar cómo se desarrollan y consolidan a lo largo del tiempo tres campos científicos con objetivos bien definidos. En estos campos científicos se desarrollan investigaciones dentro de un espacio social de relaciones que mantiene una relativa autonomía, con lo que se logra una percepción de autoridad científica que, sin embargo, responde a una forma específica de intereses (Bourdieu, 1976). En ese sentido, identificar claramente los dominios científicos a partir de su co-ocurrencia en los documentos permite identificar y analizar los grupos de conceptos que representan las subáreas del campo científico estudiado (Tosi & dos Reis, 2021), y a partir de ellos es posible identificar las tendencias y el dinamismo en la generación de nuevos conocimientos.

De manera general, los tres campos científicos mantienen cierta relación entre ellos. Estos campos científicos responden a una lógica y dinámica de creación organizada que busca legitimarse (Kreimer, 2017), además de que tienen intereses, objetivos y una clara intencionalidad. Derivado de lo anterior, es difícil pensar en la neutralidad, objetividad e inocuidad de la ciencia y la tecnología (Ward, 1989). El desarrollo y consolidación de cada uno de los campos científicos depende mucho de la naturaleza de cada disciplina, y como resultado, existe una gran heterogeneidad en el proceso evolutivo entre los diferentes campos científicos y sus dinámicas (Coccia, 2022). Esto se debe principalmente a que entre cada campo existen desigualdades y desequilibrios de poder asociados, por ejemplo, a la obtención de recursos para desarrollar investigación y posicionar sus temáticas en la agenda pública (Vargas-Canales *et al.*, 2022).

Con respecto a las tendencias sobre citaciones, es claro que sobresalen los países precursores en estos temas, y se mantendrá un tiempo más ese compartimento, ya que dichos países son los que construyeron conceptos, categorías, métodos, técnicas, entre otros. Es decir, en estos países se fue gestando este nuevo paradigma científico. Por otra parte, es evidente que nuevos actores están emergiendo como importantes contribuyentes en el desarrollo y consolidación de la noción de bioeconomía a nivel mundial. Países como Portugal, India, Polonia y la República Checa están ganando un peso significativo en las investigaciones de este campo, y sin duda aportarán nuevos conocimientos para consolidar este paradigma científico y tecnológico en evolución.

Se puede afirmar que existe una conciencia creciente de que la producción de alimentos y la fabricación impulsada por petróleo están poniendo en peligro la biodiversidad y la salud humana y del planeta (Patron & Burgess, 2023). En la actualidad, grupos de personas en la sociedad, en particular generaciones jóvenes, son altamente sensibles a la narrativa de la crisis ambiental y a las tendencias que surgen en las redes, llevándolos a adoptar estilos de vida que definen su decisión de compra, lo cual ha influido como un elemento determinante en la transición de los negocios hacia modelos sustentables y de economía circular (Carrillo & Pomar, 2021).

Los elementos discutidos con anterioridad permiten reflexionar en torno a nuevos modelos de agronegocios, los cuales deben tomar en cuenta estas nuevas expectativas y demandas de los clientes y, por tanto, deben considerar las posturas de la bioeconomía (Carrillo & Pomar, 2021); es decir, se debe pensar en modelos de negocios para crear valor a partir de los residuos, la producción de biofertilizantes y la energía (De Keyser & Mathijs, 2023). Sin embargo, para poder aprovechar las capacidades y beneficios de la bioeconomía de manera eficiente, se requiere un sólido análisis económico, financiero, de mercado y estratégico de las diferentes propuestas tecnológicas (Hankamer *et al.*, 2023; Velasco-Muñoz *et al.*, 2022). Las acciones de innovación de la comunidad científica mundial, así como de las industrias relevantes y los organismos de inversión financiera, son clave para historias de éxito de bioeconomía viables y para brindar asesoramiento en la toma de decisiones políticas (Wohlgemuth *et al.*, 2021).

Así mismo, existen aún muchos vacíos en el desarrollo e implementación de la bioeconomía como es el caso del sector forestal, donde existe muy poco trabajo e investigación, pero un enorme potencial para fortalecer la viabilidad económica de las zonas rurales (Huber *et al.*, 2023). Las plantas son cada vez más valoradas para la producción de distintos compuestos, como proteínas para la salud, la industria y sobre todo para los procesos metabólicos de las plantas sean mucho más eficientes; sin embargo, falta mucho por investigar en esta área (Hankamer *et al.*, 2023). Si bien solo se ha aprobado una pequeña cantidad de productos para uso clínico, existen numerosos ensayos clínicos en curso (Patron & Burgess, 2023). También, es importante considerar que en escenarios futuros la competitividad de costos prevalecerá con fuerza sobre otros fundamentos de toma de decisiones (Lee & Hamelin, 2023); es decir, las alternativas surgidas desde la bioeconomía deben ser competitivas en los mercados mundiales.

El término bioeconomía, lejos de comprenderse mejor, se ha vuelto tan confuso que no se puede conceptualizar, y mucho menos se pueden entender todas las formas en que se está desarrollando o la manera en que puede servir al desarrollo de economías sociobiodiversas, como la agroecología o la agrosilvicultura (Ollinaho & Kröger, 2023). La bioeconomía no logra universalizar sus ideas y atraer a una gama más amplia de actores sociales, ni tampoco logra el camino prometido hacia una transformación socioecológica (Lühmann & Vogelpohl, 2023). Lo anterior no permite realizar un buen análisis sobre sus avances debido a que existe investigación y desarrollos que no son considerados como parte de la bioeconomía, lo que genera que se subvaloren sus alcances y beneficios. Por otra parte, la mayoría de las aplicaciones, por ejemplo la de la biotecnología, tiende a ser para volúmenes de producción bajos y productos de valor relativamente alto (Philp, 2023), lo que sugiere que las estrategias desarrolladas desde la bioeconomía presentan problemas de escalabilidad y aplicabilidad de forma masiva.

Finalmente, es alentador ver que se está realizando mucho trabajo relacionado con la bioeconomía. La bioeconomía necesita guardar un delicado equilibrio entre la ciencia y la tecnología, apoyada principalmente por el sector público y la fuerza de la demanda del mercado y de la sociedad, estimulada a su vez por los sectores agrícolas, industriales y financieros y dentro de un marco de políticas coherentes (Aguilar, 2021). Además, es importante comprender que la bioeconomía es 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 para desarrollar innovaciones que permitan alimentar a la población y suministrar productos y servicios amigables con el medio ambiente (Hernández & Céspedes, 2020).

## Conclusiones

En los últimos años se dio un crecimiento importante sobre las investigaciones y publicaciones relacionadas con la bioeconomía, aunque se concentran en pocos países, instituciones y disciplinas. Los estudios sobre la bioeconomía presentan un nuevo paradigma científico claramente definido, y a través del tiempo se han consolidado distintos campos científicos con temas e intereses muy específicos. Es importante mencionar que destacan las investigaciones relacionadas con la sustentabilidad, el medio ambiente, la economía y la bioeconomía circular.

Se perciben pocas investigaciones técnicas relacionadas con análisis económico y financiero, así como sobre las mejoras de procesos y productos. Es decir, el desarrollo científico y tecnológico relacionado con el tema se enfoca a cuestiones de sustentabilidad y medio ambiente, lo que limita el desarrollo tecnológico. Es importante mencionar que paulatinamente se están integrando nuevos países en el estudio de estas temáticas, lo cual podría dinamizar los distintos campos científicos y, con ello, desencadenar el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan la factibilidad y viabilidad de la bioeconomía.

La bioeconomía sigue siendo una idea confusa que no se logra conceptualizar, tampoco se logra entender las formas en que puede servir al desarrollo de la economía; no logra universalizar sus ideas y atraer a más actores sociales. Para futuras investigaciones relacionadas con el tema, sería pertinente analizar las limitaciones relacionadas con el desarrollo de propuestas de base tecnológica. Aún existen muchos vacíos en el desarrollo e implementación de la bioeconomía y hace falta mucha investigación, como en el caso del sector forestal. Además, es importante analizar las capacidades tecnológicas y la infraestructura disponible para realizar investigación y para poder implementar las iniciativas planteadas desde la bioeconomía de forma masiva y explorar los mecanismos de apoyo para su adopción, como subsidio o financiamiento.



## Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

## Referencias

- Abad-Segura, E., Batlles-delaFuente, A., González-Zamar, M. D., & Belmonte-Ureña, L. J. (2021). Implications for sustainability of the joint application of bioeconomy and circular economy: a worldwide trend study. *Sustainability*, *13*(13), 7182. <https://doi.org/10.3390/su13137182>
- Aguilar, A. (2021). Bioeconomía, estrategias e impacto. *C3-BIOECONOMY: Circular and Sustainable Bioeconomy*, (1), 11-29. <https://doi.org/10.21071/c3b.vi1.13147>
- Aguilar, A., Twardowski, T., & Wohlgemuth, R. (2019). Bioeconomy for sustainable development. *Biotechnology Journal*, *14*(8), 1800638. <https://doi.org/10.1002/biot.201800638>
- Baier-Fuentes, H., Merigó, J. M., Amorós, J. E., & Gaviria-Marín, M. (2019). International entrepreneurship: a bibliometric overview. *International Entrepreneurship and Management Journal*, *15*(2), 385-429. <https://doi.org/10.1007/s11365-017-0487-y>
- Bardi, U. (2014). *Los límites del crecimiento retomados*. Los Libros de la Catarata.
- Boland, A., Cherry, G., & Dickson, R. (2017). *Doing a systematic review: a student's guide* (2da ed.). Sage. <https://uksagepub.com/en-gb/eur/doing-a-systematic-review/book251308#contents>
- Bourdieu, P. (1976). Le champ scientifique. *Actes de La Recherche En Sciences Sociales*, *2*(2), 88-104. <https://doi.org/10.3406/arss.1976.3454>
- Brambila, J. J. (2011). *Bioeconomía: conceptos y fundamentos* (1ª ed.). SAGARPA/COLPOS.
- Bugge, M., Hansen, T., & Klitkou, A. (2016). What is the bioeconomy? A review of the literature. *Sustainability*, *8*(7), 691. <https://doi.org/10.3390/su8070691>
- Carrillo, G., & Pomar, S. (2021). La economía circular en los nuevos modelos de negocio. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, *9*(23), 1-16. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2021.23.79933>
- Chavarría, H., Trigo, E., Pray, C., Smyth, S. J., Torroba, A., Wesseler, J., Zilberman, D., & Martínez, J. F. (2021). *Potencial da bioeconomia para a transformação dos sistemas alimentares*. Instituto Interamericano de Cooperación para a Agricultura (IICA). <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/18564/BVE21088315e.pdf?sequence=1>
- Coccia, M. (2022). Probability of discoveries between research fields to explain scientific and technological change. *Technology in Society*, *68*(October 2021), 101874. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101874>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2016). *Ciencia, Tecnología e Innovación en la Economía Digital. La situación de América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas (UN). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40530-ciencia-tecnologia-innovacion-la-economia-digital-la-situacion-america-latina>
- Cruz-Ramírez, M., Díaz-Ferrer, Y., Rúa-Vásquez, J. A., & Rojas-Velázquez, O. J. (2020). Estudio cuantitativo de una red de coautoría en educación matemática. Un análisis de sus campos de investigación basado en el método Delphi. *Revista Española de Documentación Científica*, *43*(4), e281. <https://doi.org/10.3989/redc.2020.4.1727>
- Dal Moro, L., Mazutti, J., Brandli, L. L., Gomes, Y., & de Vargas, G. (2022). Overcoming the challenges of sustainable family agriculture in southern Brazil: contributions to the 2030 Agenda. *Sustainability*, *14*(14), 8680. <https://doi.org/10.3390/su14148680>
- Dallendörfer, M., Dieken, S., Henseleit, M., Siekmann, F., & Venghaus, S. (2022). Investigating citizens' perceptions of the bioeconomy in Germany – High support but little understanding. *Sustainable Production and Consumption*, *30*, 16-30. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.11.009>
- De Keyser, E., & Mathijs, E. (2023). A typology of sustainable circular business models with applications in the bioeconomy. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *6*(2002). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1028877>



- Dieken, S., Dallendörfer, M., Henseleit, M., Siekmann, F., & Venghaus, S. (2021). The multitudes of bioeconomies: a systematic review of stakeholders' bioeconomy perceptions. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1703–1717. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.04.006>
- Dieken, S., & Venghaus, S. (2020). Potential pathways to the German bioeconomy: a media discourse analysis of public perceptions. *Sustainability*, 12(19), 7987. <https://doi.org/10.3390/su12197987>
- Esteban, E., & Sanz-Hernández, A. (2021). Medición de la relevancia y evolución de la bioeconomía en España. *Cuadernos Económicos de ICE*, 101, 105–130. <https://doi.org/10.32796/cice.2021.101.7191>
- European Commission. (2021). *Bioeconomy. European Commission*. [https://knowledge4policy.ec.europa.eu/bioeconomy/bioeconomy-strategy\\_en](https://knowledge4policy.ec.europa.eu/bioeconomy/bioeconomy-strategy_en)
- Evans, G. W. (2019). Projected behavioral impacts of global climate change. *Annual Review of Psychology*, 70, 449–474. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-103023>
- Ferreira, V., Pié, L., & Terceño, A. (2018). A systematic literature review of bio, green and circular economy trends in publications in the field of Economics and Business Management. *Sustainability*, 10(11), 4232. <https://doi.org/10.3390/su10114232>
- García-Perdomo, H. A. (2015). Conceptos fundamentales de las revisiones sistemáticas/metaanálisis. *Urología Colombiana*, 24(1), 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.uuroco.2015.03.005>
- Giurca, A. (2020). Unpacking the network discourse: actors and storylines in Germany's wood-based bioeconomy. *Forest Policy and Economics*, 110, 101754. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.05.009>
- Hankamer, B., Pregelj, L., O'Kane, S., Hussey, K., & Hine, D. (2023). Delivering impactful solutions for the bioeconomy. *Trends in Plant Science*, 28(5), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2023.02.007>
- Hernández, R. E., & Céspedes, J. (2020). Bioeconomía: una estrategia de sustentabilidad en la cuarta revolución industrial. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(2), 126–133. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/425/4251836019/html/>
- Huber, P., Kurttila, M., Hujala, T., Wolfslehner, B., Sanchez-Gonzalez, M., Pasalodos-Tato, M., De-Miguel, S., Bonet, J. A., Marques, M., Borges, J. G., Enescu, C. M., Dinca, L., & Vacik, H. (2023). Expert-based assessment of the potential of non-wood forest products to diversify forest bioeconomy in six European regions. *Forests*, 14(2), 420. <https://doi.org/10.3390/f14020420>
- Kalluri, U. C., Yang, X., & Wullschleger, S. D. (2020). Plant biosystems design for a carbon-neutral bioeconomy. *BioDesign Research*, 2020, 7914051. <https://doi.org/10.34133/2020/7914051>
- Korhonen, J., Giurca, A., Brockhaus, M., & Toppinen, A. (2018). Actors and politics in Finland's forest-based bioeconomy network. *Sustainability*, 10(10), 3785. <https://doi.org/10.3390/su10103785>
- Kreimer, P. (2017). Los estudios sociales de la ciencia y la tecnología: ¿son parte de las ciencias sociales? *Teknokultura. Revista de Cultura Digital y Movimientos Sociales*, 14(1), 143–162. <https://doi.org/10.5209/TEKN.55727>
- Kuhn, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas* (1ª ed.). Fondo de Cultura Económica. <https://www.fondodeculturaeconomica.com/Ficha/9786071608253/F>
- Lakner, Z., Oláh, J., Popp, J., & Balázs, E. (2021). The structural change of the economy in the context of the bioeconomy. *EFB Bioeconomy Journal*, 1, 100018. <https://doi.org/10.1016/j.bioeco.2021.100018>
- Lamers, W. S., Boyack, K., Larivière, V., Sugimoto, C. R., van Eck, N. J., Waltman, L., & Murray, D. (2021). Investigating disagreement in the scientific literature. *ELife*, 10, 1–20. <https://doi.org/10.7554/eLife.72737>
- Larrouyet, M. C. (2015). *Desarrollo sustentable: origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta*. Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de La Universidad Nacional de Quilmes. [https://ridaa.unq.edu.ar/bitstream/handle/20.500.11807/154/TFI\\_2015\\_larrouyet\\_003.pdf?sequence=1](https://ridaa.unq.edu.ar/bitstream/handle/20.500.11807/154/TFI_2015_larrouyet_003.pdf?sequence=1)
- Lee, S. H., & Hamelin, L. (2023). Unravelling global future scenarios in the perspective of bioeconomy planning. *Biomass and Bioenergy*, 168, 106670. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106670>

- Lühmann, M., & Vogelpohl, T. (2023). The bioeconomy in Germany: a failing political project? *Ecological Economics*, 207, 107783. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107783>
- McLennan, M. (2022). *Global Risks Report 2022*. <https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2022>
- Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, 106(1), 213–228. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5>
- Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S., & Villanueva, J. (2018). Revisión Sistemática: definición y nociones básicas. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 11(3), 184–186. <https://doi.org/10.4067/S0719-01072018000300184>
- Mougenot, B., & Doussoulin, J. P. (2021). Conceptual evolution of the bioeconomy: a bibliometric analysis. *Environment, Development and Sustainability*, 24, 1031-1047. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01481-2>
- Ollinaho, O. I., & Kröger, M. (2023). Separating the two faces of “bioeconomy”: Plantation economy and sociobiodiverse economy in Brazil. *Forest Policy and Economics*, 149, 102932. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2023.102932>
- Ondiko, J. H., Karanja, A. M., & Ombogo, O. (2022). A review of the anthropogenic effects of climate change on the physical and social environment. *OALib*, 09(02), 1–14. <https://doi.org/10.4236/oalib.1107751>
- Osiurak, F., & Reynaud, E. (2019). The elephant in the room: what matters cognitively in cumulative technological culture. *Behavioral and Brain Sciences*, 43, 1–57. <https://doi.org/10.1017/S0140525X19003236>
- Papadopoulou, C. I., Loizou, E., & Chatzitheodoridis, F. (2022). Priorities in bioeconomy strategies: a systematic literature review. *Energies*, 15(19), 7258. <https://doi.org/10.3390/en15197258>
- Papadopoulou, C. I., Loizou, E., Melfou, K., & Chatzitheodoridis, F. (2021). The knowledge based agricultural bioeconomy: a bibliometric network analysis. *Energies*, 14(20), 6823. <https://doi.org/10.3390/en14206823>
- Patron, N. J., & Burgess, S. J. (2023). Editorial overview: engineering plants and plant products for a green bioeconomy. *Current Opinion in Plant Biology*, 71, 102346. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2023.102346>
- Pearce, D. W., Atkinson, G. D., & Dubourg, W. R. (1994). The economics of employment. *Annual Review of Energy and the Environment*, 19, 457-474. <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.eg.19.110194.002325>
- Peters, M. D. J., Godfrey, C. M., Khalil, H., McInerney, P., Parker, D., & Soares, C. B. (2015). Guidance for conducting systematic scoping reviews. *International Journal of Evidence-Based Healthcare*, 13(3), 141–146. <https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000050>
- Philp, J. (2023). Bioeconomy and net-zero carbon: lessons from Trends in Biotechnology, volume 1, issue 1. *Trends in Biotechnology*, 41(3), 307–322. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2022.09.016>
- Stark, S., Biber-Freudenberger, L., Dietz, T., Escobar, N., Förster, J. J., Henderson, J., Laibach, N., & Börner, J. (2022). Sustainability implications of transformation pathways for the bioeconomy. *Sustainable Production and Consumption*, 29, 215–227. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.10.011>
- Tosi, M. D. L., & dos Reis, J. C. (2021). SciKGraph: a knowledge graph approach to structure a scientific field. *Journal of Informetrics*, 15(1), 101109. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2020.101109>
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2020). *VOSviewer Manual*. Univeristeit Leiden. [http://www.vosviewer.com/documentation/Manual\\_VOSviewer\\_1.6.1.pdf](http://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.1.pdf)
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Vargas-Canales, J. M., Brambila-Paz, J. J., Pérez-Cerecedo, V., Rojas-Rojas, M. M., López-Reyna, M. C., & Omaña-Silvestre, J. M. (2022). Trends in science, technology, and innovation in the agri-food sector. *Tapuya: Latin American Science, Technology and Society*, 5(1), 2115829. <https://doi.org/10.1080/25729861.2022.2115829>

- Velasco-Muñoz, J. F., Aznar-Sánchez, J. A., López-Felices, B., & Román-Sánchez, I. M. (2022). Circular economy in agriculture. An analysis of the state of research based on the life cycle. *Sustainable Production and Consumption*, 34, 257–270. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.09.017>
- Vitrano, R. M. (2017). Il ruolo della cultura tecnologica nella dicotomia teorica tra tecnica e forma. *Techne*, 13, 204–211. <https://doi.org/10.13128/Techne-19754>
- von Braun, J. (2018). Bioeconomy – The global trend and its implications for sustainability and food security. *Global Food Security*, 19, 81–83. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.10.003>
- Ward, H. (1989). The neutrality of science and technology. In R. E. Goodin & A. Reeve (eds.), *Liberal Neutrality* (pp. 157–192). Routledge.
- Wohlgemuth, R., Twardowski, T., & Aguilar, A. (2021). Bioeconomy moving forward step by step – A global journey. *New Biotechnology*, 61, 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.11.006>