

# Características de las empresas bioeconómicas como polos del desarrollo sostenible

Nicolas Cuartas Prada  
Ingeniería Industrial-Facultad de fisicomecánicas  
nicolas2171770@correo.uis.edu.co

Fabian Santiago Muñoz Velásquez  
Ingeniería Industrial-Facultad de fisicomecánicas  
fabian2185018@correo.uis.edu.co

José Luis Garcés Bautista  
Ingeniería Industrial-Facultad de fisicomecánicas  
[jgarces2@unab.edu.co](mailto:jgarces2@unab.edu.co)

Aura Cecilia Pedraza Avella  
Ingeniería Industrial-Facultad de fisicomecánicas  
acecipe@uis.edu.co

## RESUMEN

Mediante una revisión de literatura en fuentes científicas y no especializadas, se profundizó sobre el concepto de bioeconomía y cuáles son los mecanismos que se emplean para ayudar en su desarrollo, aportando claridad de este concepto a los modelos de negocio, se definieron las características de las empresas que hacen parte de ella y así generar una mejor óptica desde la ingeniería Industrial a empresas que quieren desempeñarse en la bioeconomía y a compañías que deseen migrar a este modelo económico. Para esto se consultó en fuentes tales como las bases de datos Scopus y Web of Science, así como en Google Scholar, páginas propias de los ministerios de diferentes gobiernos, entre otros. Posteriormente, se realiza un análisis de contenido encontrando algunas discrepancias y similitudes entre autores, aun así, se define la bioeconomía como la suma entre lo biológico y lo económico, donde la importancia resulta en la creación y el procesamiento de la biomasa. Se logra identificar que los sectores más importantes de la bioeconomía son la agricultura y la silvicultura, llegando a tener comúnmente a medianas y grandes empresas que para volverse sostenibles han cambiado sus materias primas por unas de base biológica.

## ABSTRACT

Through a literature review in scientific and non-specialized sources, the concept of bioeconomy and the mechanisms used to help in its development were deepened, providing clarity of this concept to the business models, the characteristics of the companies that are part of it were defined and thus generate a better view from the Industrial Engineering to companies that want to perform in the bioeconomy and companies wishing to migrate to this economic model. For this purpose, sources such as the Scopus and Web of Science databases were consulted, as well as Google Scholar, the own pages of the ministries of different governments, among others. Subsequently, a content analysis is carried out, finding some discrepancies and similarities between authors, even so, bioeconomy is defined as the sum between the biological and the economic, where the importance results in the creation and processing of biomass. It is possible to identify that the most important sectors of the bioeconomy are agriculture and forestry, commonly having medium and large companies that, in order to become sustainable, have changed their feedstock for bio-based ones.

## Línea de Conocimiento

El área en que el presente estudio puede clasificarse son las finanzas y áreas afines.

## Palabras Clave

Bioeconomía, Biomasa, Desarrollo Sostenible

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente se depende en un ochenta por ciento de los combustibles fósiles; debido a esto, se genera gran preocupación e incertidumbre hacia las generaciones futuras, por sus impactos ambientales asociados y los efectos en el cambio climático. Es preocupante no solo por la dependencia, sino también porque estos recursos se están agotando y se pronostica que para el 2030 alcanzarán su demanda máxima (Fernández y Jusmet, 2010). Europa, ha sido pionera en desarrollar modelos de negocio que no dependan de combustibles fósiles, sino que por el contrario su industria migre a una economía sostenible, donde no solo dejen de estar sujetos a estos recursos no renovables, sino que también innoven para garantizar un mejor futuro (McCormick, 2013). Para que la dependencia de los combustibles fósiles decrezca y su impacto medioambiental se contrarreste, se ha propuesto un sector económico sostenible, la bioeconomía, definido por la Comisión Europea como la producción y conservación de productos biológicos renovables de la agricultura, la silvicultura y la acuicultura en productos farmacéuticos, alimentarios, piensos, materiales de base biológica o bioenergía.

En la bioeconomía son protagonistas la biodiversidad y el sector agrícola, sin embargo, los objetivos que se generan representan diversos retos, ya que debe apuntar hacia un equilibrio armónico con los procesos naturales, donde se reemplacen los sistemas productivos actuales por unos más sostenibles para futuras generaciones, y así garantizar los alimentos de forma natural y a su vez fortalecer la seguridad alimentaria en el tiempo (Miño, 2020). De esta manera, la industria debe trabajar mancomunadamente con esta tendencia y migrar sus modelos de negocio para volverse competitivos y suplir las necesidades de los clientes basados en la protección y conservación del medio ambiente. Gracias a este valor estratégico se requieren políticas que incentiven las interrelaciones entre instituciones científico-tecnológicas, industrias, sector empresarial, emprendedores, mercado, clientes, competidores, proveedores, recursos financieros, entre otros (Hernández, 2017).

La aplicación de la bioeconomía tiene inmersa la cultura del comportamiento actual de la industria, selección asistida de marcadores en cultivos y ganadería, plantas y semillas genéticamente modificadas, mejoramiento de la reproducción animal a través de técnicas moleculares, enzimas modificadas, microorganismos y levadura, entre otros. Conceptos claves en la bioeconomía como las bio-refinerías y bio-productos, dan hincapié para que países latinoamericanos tengan proyección para

transformarse en unos de los polos mundiales de producción de biodiesel, dadas sus condiciones geográficas y demográficas. Por otra parte, los ecosistemas de servicios resultan cruciales ya que incluyen los procesos por el cual los recursos son utilizados para producirse ambientalmente por los humanos tales como limpiar aire, materiales y alimentos (Sánchez, 2021).

En este documento principalmente se pretende realizar una revisión de literatura enfocada a definir la bioeconomía de una forma más aplicable a modelos de negocios, estudiando las características de las empresas que hacen parte de la misma, analizando cuáles son las prácticas que están llevando a cabo estas compañías y estudiarlas desde una óptica de ingeniería industrial, encontrando discrepancias y acuerdos entre autores, así como publicaciones y divulgaciones de este tema en otros países que se preocupan por la sostenibilidad ambiental.

Resulta muy importante el estudio de este concepto, pues al tener una mayor claridad en su significado, es posible concientizar a la industria sobre la importancia de conservar el medio ambiente con buenas prácticas de manufactura, y hacerlo más sostenible para las generaciones futuras.

## 2. METODOLOGIA

Se siguen los siguientes pasos con la finalidad de realizar la revisión sistemática de la literatura de la bioeconomía en el presente documento. Estos pasos son ilustrados con un diagrama PRISMA en la Figura 1.

### 2.1 Paso 1: Identificación

Inicialmente se determinó que, para las fuentes de literatura científica se emplean las bases de datos especializadas Scopus y Web of Science, con el objetivo de seleccionar la información que pueda contextualizar la definición de bioeconomía.

A partir de un análisis preliminar de literatura, se tuvieron en cuenta las palabras claves encontradas, con lo cual se pudo determinar los términos ideales para la formulación de búsqueda, con lo cual, para la identificación de documentos se parte de la siguiente ecuación: ("bioeconom\*") AND ("circular econom\*" OR "sustainable development" OR "econom\*" OR "circular bioeconom\*") AND ("biomass\*" OR "renewable resource\*"). Esta búsqueda se realizó el día 7 de noviembre de 2023, teniendo como primer parámetro de búsqueda los artículos, las palabras clave y los abstract. Esto generó como resultado, 1.888 documentos en Scopus y 1.478 en Web of Science.

### 2.2 Paso 2: Selección

Para la selección de documentos, se tuvieron en cuenta que los idiomas de las divulgaciones seleccionadas sean inglés y español como criterio de inclusión para el análisis. Por otra parte, el estudio estuvo acotado a las áreas de conocimiento relacionadas con economía, negocios, finanzas y ciencias ambientales por lo que áreas que no fuesen afines a estas fueron excluidas; de la misma forma, se seleccionaron las publicaciones conformadas desde 2018 a 2022 y se limitó el tipo de documento a artículos y reseñas, por lo que tipos de documento diferentes fueron excluidos.

### 2.3 Paso 3: Elegibilidad

Como criterio para decidir si un documento era elegible se eliminaron aquellos que se encontraban repetidos en ambas bases de datos especializadas, para mantener unicidad y coherencia en la elección de contenido a revisar.

### 2.4 Paso 4: Inclusión

Por consiguiente, se obtuvieron 381 divulgaciones únicas y 280 en común seleccionadas dentro las bases de datos elegidas para el

estudio bibliométrico, validando de esta forma la elección de estas fuentes de información al encontrar en cada una, documentos de carácter único que aportaron a la revisión de literatura.

### 2.5 Paso 5: Búsquedas adicionales

De igual forma, para lograr mayor profundización teórica y del contexto actual de la temática se busca apoyo de fuentes de información no especializadas como Google Scholar para complementar el desarrollo de la revisión sistemática de la literatura, incluyendo 80 documentos adicionales a ser revisados.

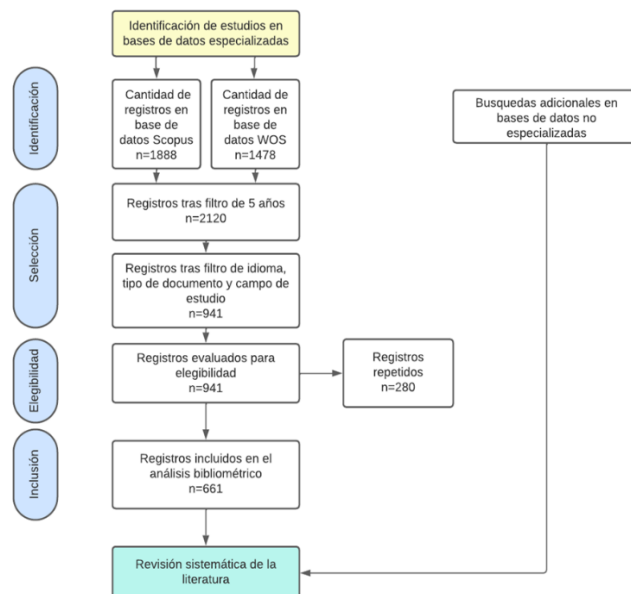


Figura 1. Diagrama PRISMA para selección de la información

## 3. RESULTADOS

La bioeconomía es una perspectiva teórica desarrollada por Nicholas Georgescu-Roegen en las décadas de 1970 y 1980, donde se intenta agregar el término "bio" a la economía, lo cual implica que este sector emergente trabaje para unir la economía con la ecología y de esta manera lograr el desarrollo sostenible. Una bioeconomía se basa en el uso de biomasa, la producción y conversión de recursos biológicos renovables en productos biológicos de alto valor, siendo la biomasa el conjunto de todos los materiales derivados de plantas y animales, empleados tanto para su uso en materia energética como en la creación de nuevos productos, de acuerdo con Sherwood (2020). Vivien et al. (2019), Ronzón (2022) y Kircher (2022), concuerdan en que la bioeconomía es un factor clave como enfoque económico; a su vez están de acuerdo en la implementación de estrategias y políticas por parte de la Unión Europea y los estados miembros para respaldar la bioeconomía. Sin embargo, discrepan en cómo deberían desarrollarse políticas para la bioeconomía pues Kircher (2022) sugiere que se modernice y diversifique las cadenas de valor de base biológica, respaldado por Vivien et al. (2019), los cuales plantean tres rutas bioeconómicas como son el reemplazo de la dependencia de los recursos petroleros por biomasa, una perspectiva ecológica y sostenible, y el crecimiento verde respaldado por la OCDE en el planteamiento de políticas sostenibles; por otro lado, Ronzón (2022) se enfoca en la reasignación de recursos entre sectores para aumentar la

productividad en la mano de obra. Aunque concuerdan en que los métodos para medir este enfoque económico deben ser transparentes y coherentes, Ronzón (2022) sugiere un enfoque basado en insumos en la proporción de biomasa los cuales se utilizan para producir bioproductos y Kircher (2022) se enfoca en los resultados que genera la biomasa en la producción de sectores específicos. En general, enfatizan la necesidad de una bioeconomía circular que, de prioridad al reciclaje de residuos y dióxido de carbono para abastecer las materias primas, donde se reconozca al sector de la energía y la química orgánica como fuentes primas transformadoras íntegras no fósiles, y así aumentar la demanda de biomasa agrícola y forestal.

Ahora bien, para profundizar el concepto de la bioeconomía, es importante mencionar la economía circular, pues ofrece un marco para el desarrollo sostenible donde proporciona beneficios ambientales, económicos y sociales. Además, la relevancia de la digestión anaeróbica como una solución para la gestión de biorresiduos es la más eficiente para la gestión de biorresiduos y la producción de biogás y digestato que se utilizan como fertilizante (Tsorochidou et al., 2021). Chizaryfard et al. (2021), están de acuerdo en que la economía circular no solo trata de cuestiones ambientales, sino que también tiene implicaciones económicas y tecnológicas, pues proponen analizar y comprender las transformaciones industriales. Sin embargo, ellos no se sesgan en la digestión anaeróbica y la fermentación en estado sólido, sino que abarcan el concepto de manera más amplia discutiéndolo en marcos teóricos de transiciones hacia un sistema económico ambiental sostenible. De esta manera la “nave espacial Tierra” planteada por Boulding (1966) puede ser abordada con una economía circular que no solo se centre en la creación de valor y eficiencia, sino que más bien debe ser un medio el cual reduzca la escala de los flujos no circulares a nivel global; bajo este concepto, el camino hacia una economía sostenible está en sus primeras etapas (Haas et al., 2020). Esa misma idea la comparten Vanhamäki et al. (2020) y Moronea et al. (2020), que a su vez recalcan la relación directa que existe entre la economía circular y la bioeconomía, pues ambas implican la gestión eficiente de recursos biológicos renovables y la reducción de desperdicios; de allí nace la necesidad de un cambio sistémico en la forma en que se produce, se gestionan los recursos y se consumen, para así promover la reducción, recuperación, reciclaje y reutilización de materiales.

Es de allí donde se nace un concepto que aborda el tema desde una perspectiva más amplia que garantice la eficiencia de los recursos, y que destaque modelos de negocio enfocados en productos y procesos sostenibles, resaltando a una economía basada en sistemas de producción-consumo circulares que pueda aportar al equilibrio entre medio ambiente, sociedad y economía, (Moronea et al., 2020). Donner et al. (2020), mencionan la gran proyección que se tiene de la agricultura para ser protagonista en la transición de la bioeconomía circular, pues en este sector se encuentra un gran potencial para crear modelos de negocio que combinen diferentes estrategias basadas en disponibilidad de recursos y capacidades productivas, evaluando los factores de éxito y riesgo que tienen los modelos de negocio circulares.

Torres y Souza (2021), analizan este tipo de tránsito económico desde una perspectiva mucho más aterrizada y lo cuantifican desde un análisis financiero y técnico. Ellos hicieron un estudio en Brasil, donde se propuso un escenario para la siderurgia brasileña basándose en estrategias de bioeconomía circular, donde llegaron al resultado que “para el 2050 las emisiones BAU serán de 65% con un costo promedio de \$1/tCO<sub>2</sub>, que es mucho menor que los \$15/tCO<sub>2</sub> con las tecnologías que actualmente se utilizan”. Esta reducción en costos tan abrupta se plantea desde un posible

escenario a que Brasil cuente con la infraestructura para importar chatarra complementaria a su stock interno para alcanzar una tasa de reciclaje del 80%, y logre seguir teniendo el impacto en la demanda que actualmente maneja siendo unos de los países referentes en la siderurgia.

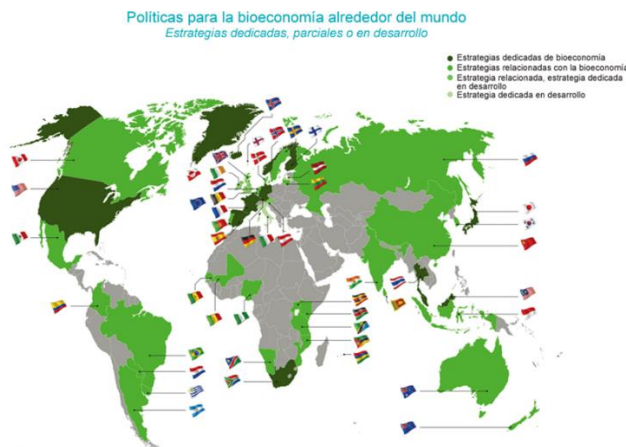
Particularmente, en la gestión de residuos alimentarios, Zhiping et al. (2022) coinciden con Shing et al. (2022) en encontrar soluciones sostenibles para la gestión de los residuos alimentarios y reducir su impacto ambiental, pues estos contienen componentes que pueden contribuir a una gestión más sostenible y pueden ser valorizados y utilizados para cualquier proceso de transformación. Para esto, Rufi-Salís et al. (2021) plantean la aplicación de sistemas agrícolas urbanos y pretenden definir métricas adecuadas para evaluar estos sistemas, que probablemente serían la opción predilecta por los profesionales en términos de desempeño ambiental si se dispone de recursos y capacidades para combinar varias estrategias. Ante el aumento de la demanda de alimentos y el bajo rendimiento de los cultivos, es necesario adoptar prácticas agrícolas eficientes e innovadoras, ya que el agotamiento del suelo causado por la agricultura intensiva es cada vez más evidente por su improductividad, y para contrarrestar esto es importante darle rotación a los cultivos, puesto que esto ayuda a que los microbios del suelo y sus interacciones rompa el ciclo de enfermedades y reduzca la cantidad de malezas haciéndolo más fértil (Shah y Shrestha, 2021). Sin embargo, Cossel et al. (2019), mencionan la necesidad de abordar los problemas en la agricultura intensiva y la salud del suelo, desde la gestión de tierras agrícolas y la transformación de estudios científicos sobre los suelos en técnicas prácticas para los productores de alimentos. Paralelo a esto existe otro concepto que está siendo muy mencionado y es el cultivo sin suelo de alta tecnología, el cual es un sistema hidropónico que recircula una solución nutritiva a través de todas las plantas en los canales de cultivo, utilizando tuberías de PVC como el mecanismo de distribución; este sistema puede llamarse la revolución de la agricultura, pues busca disminuir la propagación excesiva de patógenos del suelo y a la vez permiten un control óptimo del crecimiento de las plantas, optimizando los recursos y obteniendo productos de muy alta calidad; esta técnica va de la mano con la agricultura ecológica, y se enfoca en la visión de un uso sostenible de los recursos del planeta, (Cossel et al., 2019).

Existe una actividad económica que resulta ser muy examinada en esa transición a la bioeconomía y es la industria forestal, pues sus planes de expandirse de una manera sostenible han sido cuestionados por científicos del clima, los cuales argumentan que el aumento de extracción de madera afecta la capa terrestre y eso lo hace incoherente (Malkamäki et al., 2022). Sin embargo, Banos et al. (2022) argumentan que desde mediados de la década del 2000 el sector forestal ha logrado objetivos de energía renovable y la protección del clima mediante el uso de la madera. Esto se debe principalmente a los cambios en la política forestal, los cuales, podrían describirse como un proceso de estratificación a medida en el que se incorporan nuevos parámetros sin dejar atrás los que ya están en curso. No obstante, está de acuerdo con Malkamäki et al. (2022) en que la implementación de la bioeconomía de la mano con el sector forestal y maderero se enfrenta a desafíos sociales y económicos, en el que está inmerso el generar empleo en áreas rurales y urbanas, aportando al bienestar social. Ladua et al. (2020) menciona otro punto determinante para que este sector resulte ser impulsor en el cambio energético y es la innovación, pues se enfoca en proponer soluciones “Living Lab”, que se centran en la creación de soluciones innovadoras a través de la colaboración entre actores, tanto profesionales como investigadores. De igual forma, Arnould et al. (2022), están de

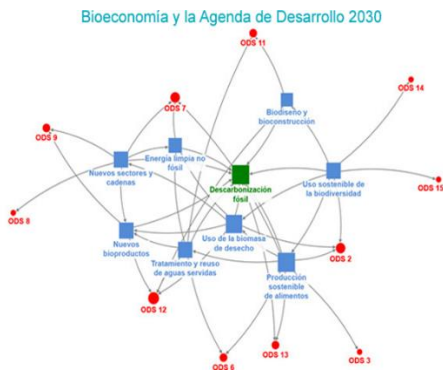
acuerdo con Malkamäki et al. (2022) y discrepan con Ladua et al. (2020), en que no solo se enfoca en la cocreación de soluciones innovadoras, sino también destaca las políticas de mitigación del clima y las políticas de gestión forestal en este sector. También plantea que la combinación de políticas efectivas se logra a través de la colaboración y la sensibilización, pero no solo de la mano de profesionales e investigadores, sino de una manera más colectiva con la comunidad.

En el año 2012 la Unión Europea lanzó su primera estrategia bioeconómica y para el 2017 más de 50 países y regiones en el mundo implementaban acciones relacionadas con la bioeconomía. Según Christian Patermann, antiguo director de la Comisión Europea y asesor del gobierno alemán en bioeconomía, dichas políticas se diversifican en cuatro categorías como lo muestra la Figura 2.

Aunque diversos autores afirman que aún no existen políticas que permitan la implementación y el desarrollo eficiente de la bioeconomía, Rodríguez et al (2017) hace hincapié en que un buen avance es la agenda de desarrollo 2030 para el desarrollo sostenible que proporciona un marco de políticas enfocadas a las preocupaciones de desarrollo sostenible y los grandes retos sociales, señalando como foco principal la descarbonización de la economía, mediante la implementación nuevas fuentes de energías limpias, como se ilustra en la Figura 3.



**Figura 2 Políticas para la bioeconomía alrededor del mundo**  
 Nota. Adaptado de (Rodríguez et al, 2017) reproducido con autorización de German Bioeconomy Council



**Figura 3 Bioeconomía 2030**

Nota. Adaptado de (Rodríguez et al., 2017), reproducido con autorización de German Bioeconomy Council

Ahora bien, estas políticas se pueden aprovechar en los modelos de negocio basados en la bioeconomía, pues pueden encontrar su propuesta a través del aprovechamiento de la biomasa generando un flujo de procesos con mayor sostenibilidad ambiental (Laurens, 2021) y económica a lo largo de la cadena de valor (Carraresi & Bröring, 2021). Existen técnicas para el aprovechamiento de la biomasa como, por ejemplo, el “Cascading” descrita por Haider (2022) y Stegmann, et al. (2020), como el uso secuencial de productos de base biológica, sumado a este concepto, Donner et al. (2021) definen el “Cascading” como las formas de diversificación de los flujos de residuos mediante procesos de producción consecutivos, los cuales pueden ser a través de biorrefinerías diversificadas en donde se amplie la gama de productos a través del procesamiento secuencial de la biomasa, o bien puede emplearse con finalidad energética en una planta de biogás, generando un mayor sentido al emplearse en biorrefinerías, dado que permite la recuperación eficaz de diversos productos reduciendo al mínimo la generación de residuos. El “Upcycling” de lo que antes podía ser considerado desperdicio o sobrante (Singh et al., 2019), es definido también por Langella (2022) como el mejor fin al posconsumo de un producto, no solo generando un mayor valor económico, ético y de atractivo al consumidor al revalorizar este sobrante transformándolo en un producto nuevo, sino también, al generar un nuevo flujo de procesos en los desperdicios y circularidad en las empresas que proveen este material sobrante a las nuevas empresas que se encargan de transformarlo; dando como consecuencia, una nueva vida útil a la materia y a su vez generando un nuevo proceso comercial como bioenergía, fertilizantes y demás bio-productos impactando positivamente las ganancias por medio de estos subproductos, de acuerdo con Donner y Radić, (2021) y Chandell et al., (2018).

Finalmente, al evaluar estos tipos de procesos en el tratamiento de la biomasa se encuentran no solo oportunidades en la creación y evolución de procesos empresariales sostenibles y circulares, sino también el primer abrebocas de las propuestas de negocios que se generan a partir de las biorrefinerías y su impacto económico y ecológico.

### 3.1 Biorrefinerías

Al comenzar a estudiar el término de biomasa dentro de la bioeconomía, emerge el término de biorrefinería, la cual parte del principio de las refinerías de petróleo solo que estas en vez de petróleo emplean como recurso la biomasa, por lo que, las biorrefinerías pretenden obtener el máximo rendimiento de estas buscando la mejor rentabilidad y minimizando el impacto ambiental en la creación de bio-productos, combustible y energía. (Murillo & Galán, 2020). Kumar y Singh, (2019) hacen una valoración de la producción de biodiesel a partir de las biorrefinerías de algas evaluando a su vez las ventajas y desventajas de la cadena de abastecimiento de la biomasa viendo como barreras los costos operativos derivados de los métodos ineficientes de recolección, secado, extracción y fraccionamiento de la biomasa, además del costo energético de su transformación; por lo cual, ven inviable desde un punto de vista de costo/beneficio el centrar las biorrefinerías a la producción única de bio-combustibles en vez de generar una producción diversificada de bio-productos los cuales sí presentan una mayor viabilidad económica y ambiental. Brunnhofer et al. (2020) resaltan por su parte, el riesgo económico presente en la competencia de precios en el mercado con las materias primas fósiles para una biorrefinería forestal, viendo como posible alternativa el apoyo de políticas gubernamentales que

promuevan la reducción de impuestos para este sector mediante lo cual se genere una ventaja competitiva en precios. Freitas et al., (2021) Mencionan que el reducir los costos en la detoxificación y la separación de la biomasa son los factores que mayor incidencia tienen en la rentabilidad económica de una biorrefinería, por lo que, señalan que el incrementar la eficiencia energética, el rendimiento de los procesos bioquímicos y la especificidad del bio-producto deseado son lo que influirá en que la sinergia del flujo operativo detoxificación/separación se mantenga eficiente y con esto asegure competitividad en los bio-productos.

Tal cómo expone Ubando et al. (2020), existen diversos modelos de biorrefinerías que adquieren mayor valor gracias al contexto de la bioeconomía, como lo son las basadas en lignocelulosa, algas y diferentes tipos de desperdicios (desperdicio alimenticio, biomasa, desperdicio industrial y desperdicios sólidos). La propuesta de valor de las biorrefinerías se encuentra en la diversificación de los productos y energía que se pueden generar de forma conjunta, dado que la ganancia y rentabilidad se encuentra en esta forma de producción y no en un solo producto, por lo cual se requiere de generar flujos de producción que abarquen estos diferentes procesos para generar el valor deseado en toda la cadena. Cabe resaltar también, que parte del valor de la biomasa está en la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero en comparación con los materiales de origen fósil, por lo que los modelos de negocio bajo este esquema están alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos para el 2030.

Gracias a la existencia de biorrefinerías, las industrias pueden aumentar su valor a partir de los subproductos y, aunque estos sean de baja calidad para su aprovechamiento como biomasa en bio-productos de acuerdo con Hagman y Svensson (2019), estos de igual forma pueden emplearse como forraje o para generar energía, bajo el “upcycling”, con lo cual se genera mayor valor a la empresa desde lo que antes se consideraba desperdicio. Rorrer et al. (2019) y Tiso et al. (2021) mencionan como a través del “upcycling”, productos que antes eran visto como desperdicios no reciclables como las botellas PET mediante procesos de reciclaje químico, adquieren nuevamente valor dentro de la cadena.

Igualmente, se pueden identificar en la literatura diversos tipos de empresa por medio del modelo de negocio de biorrefinerías, como lo pueden ser las biorrefinerías bajo sociedad cooperativa; una cooperativa se define como: “una asociación autónoma de personas que se une de forma voluntaria para cumplir sus necesidades y

aspiraciones económicas, sociales y culturales comunes por medio de una empresa de propiedad conjunta y democráticamente controlada” (ICA, 1975). Awasthi et al. (2019), mencionan que, en el caso del reciclaje de estiércol, las cooperativas de granjeros pueden servir de puente entre los ganaderos que tienen estiércol y los agricultores que necesitan de fertilizantes, estableciendo así una economía circular sostenible y rentable; sin embargo, para llegar a esto, se requieren de políticas e intervenciones gubernamentales tanto en aspectos de tecnología, distribución y de incentivos económicos a los ganaderos que quieran ser partícipes. Lange (2022) señala que al emplearse el modelo negocio de biorrefinería bajo sociedad cooperativa se puede generar una integración de los productores primarios, como lo pueden ser granjeros o agricultores, no solo como proveedores de materia prima sino como parte de la cadena de valor, generando una circularidad de los procesos desde la cosecha hasta su producción en las biorrefinerías. Parte de la funcionalidad de la sociedad cooperativa es que evita la disolución de la organización, lo cual al verse como un negocio a largo plazo genera también un bienestar social y económico tanto para los agricultores como para la empresa. Las cooperativas pueden emplearse para satisfacer una necesidad común al convertir los subproductos de los socios en productos comercializables, generando de esta manera una oportunidad de creación de valor compartido entre las diferentes partes.

A su vez, se identifican las biorrefinerías que trabajan bajo consorcios; este modelo de negocio parte del principio de un conjunto de 2 o más negocios los cuales combinan sus capacidades para desarrollar una actividad. Puede estar conformada por diferentes sectores de la industria para ofrecer una mayor ventaja competitiva (State Development, Infrastructure, Local Government and Planning, 2023). Partiendo de este principio se puede pensar en consorcios locales dentro de la bioeconomía, en donde se puede generar un desarrollo económico y social en comunidades que cuenten con recursos biológicos desaprovechados, viendo de esta forma una oportunidad de negocio para la población y de crecimiento para la región, compartiendo la cadena de valor en su totalidad para cada parte.

### 3.2 Empresas en la bioeconomía

A manera de síntesis, se identifica en la literatura que las empresas partícipes de la bioeconomía tienen en común, como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1 Características de empresas bioeconómicas**

Empresa	Sector	Tamaño	Edad	Características de líderes	Características corporativas
Creada a partir del contexto bioeconómico	Bio-tecnológico	Pymes	Nuevas o Jóvenes (en etapas de desarrollo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajo colaborativo</li> <li>Mente abierta</li> <li>Perseverancia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelos de negocio innovadores</li> <li>Valor del conocimiento</li> <li>Alto riesgo/ Alta ganancia</li> </ul>

					<ul style="list-style-type: none"> <li>Fidelización de mercados potenciales</li> </ul>
Creada a partir del contexto bioeconómico	Químico	Medianas y Grandes	Antiguas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formación constante en liderazgo</li> <li>Trabajo colaborativo</li> <li>Continuamente innovadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gran capacidad de gestión en la cadena de suministro</li> <li>Flexibilidad y adaptabilidad en nuevos conocimientos y nuevas tecnologías</li> </ul>
En transición al contexto bioeconómico	Salud	Grandes	Antiguas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integridad</li> <li>Compromiso social y ambiental</li> <li>Humildad y alta capacidad de escucha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementan estrategias de sostenibilidad en el tiempo</li> <li>Adaptabilidad al mercado</li> <li>Altamente certificadas</li> </ul>
En transición al contexto bioeconómico	Alimenticio	Medianas y Grandes	Antiguas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta capacidad de comunicación asertiva con las diferentes partes interesadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grandes conexiones en la cadena de valor tanto en el área rural como urbana</li> <li>Alto enfoque en calidad y normativas</li> </ul>
En transición al contexto bioeconómico	Energético	Grandes	Nuevas y Antiguas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resilientes</li> <li>Enfoque estratégico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta capacidad de empalme con</li> </ul>

					empresas de otros sectores
					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfoque intensivo en el crecimiento del talento humano</li> </ul>
					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control inteligente y consciente del manejo de suelos</li> </ul>
Fundamental en el contexto bioeconómico	Agropecuario	Pymes	Nuevas o Jóvenes (en etapas de desarrollo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicación efectiva</li> <li>• Trabajo colaborativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento común del negocio y la visión de la empresa</li> <li>• Alta fiabilidad</li> </ul>
Fundamental en el contexto bioeconómico	Silvicultura	Medianas y Grandes	Nuevas y Antiguas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo colaborativo</li> <li>• Alta responsabilidad social y ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta gestión en las estrategias de concientización para el cliente</li> <li>• Innovación en aprovechamiento y gestión inteligente de suelos</li> <li>• Alta trazabilidad de productos</li> </ul>

En el mundo existen más de cinco mil empresas bioeconómicas, que han logrado compensar dieciséis millones de toneladas de carbono, evitando generar doscientos siete mil toneladas métricas de residuos y logrando ahorrar doscientos veinticinco millones de litros de agua (la nota económica, 2022). En este conjunto, el gobierno vasco ha impulsado la Alianza Vasca por la bioeconomía, donde participan empresas privadas y secretarías técnicas como el grupo SPRI, el centro tecnológico NEIKER y la fundación HAZI. Las empresas privadas que operan en diversos sectores como son la automoción, la energía, la construcción, el textil y la cosmética, lo hacen con proyectos reales que apuntan a la conservación de los bosques, es decir, su recurso principal es la madera (Portuondo,

2021). En estas se presenta como factor común entre ellas son la producción o transformación de energías sostenibles que se vuelvan rentables.

Algunas empresas han adoptado estos modelos organizacionales sustentables y han logrado impactar en el mercado de manera positiva aportando a la conservación del medio ambiente. Un caso de esto es Rasti, una empresa argentina con más de cuarenta años en el mercado, que produce juguetes didácticos que cambiaron su materia prima a biopolímeros, generado a partir de la caña de azúcar; además la empresa cuenta con desechos intermedios de plástico y está acreditada por el Consejo de Administración Forestal. Otra empresa que se abrió a este nuevo modelo de negocio

es BSA empresa española, la cual desde sus inicios fue desarrollándose en la fabricación de productos plásticos para la industria cosmética, farmacéutica y promocional. En los últimos años han innovado de una manera flexible y dinámica, creando una línea completa de productos, donde la materia prima es plástico reciclado post consumo y también utilizan plásticos verdes, queriendo colaborar con la sostenibilidad (Roitter y Sauchelli, 2021)

Existen empresas que no solo apuntan a que sus líneas de productos sean amigables con el medio ambiente, sino que también buscan tener un doble o triple impacto, cambiando totalmente su forma de operar. Este es el caso de FD moda, una empresa canadiense de triple impacto que valora de manera equitativa los aspectos económicos, sociales y ambientales; esto lo logran con sus productos elaborados con materia prima reciclada, además, porque en su cadena productiva intervienen cooperativas fomentando el trabajo justo y social, generando un impacto económico y proyectando un negocio sostenible en el tiempo. Esta empresa cambió totalmente su forma de operar, partiendo de una materia prima que es cien por ciento reciclada, captando las big bags que son unas bolsas plásticas utilizada en la extracción de petróleo y gas convencional, donde su tratamiento normal era incinerarlas y su huella de carbono era muy alta. FD le da un manejo diferente haciéndolo más amigable con el ambiente (Roitter y Sauchelli, 2021).

WBCSD (2020) señala que la empresa Neste de origen suizo, ha funcionado como promotor de la bioeconomía circular al actuar como un importante proveedor para la industria química de materias primas renovables a partir de residuos y desechos, así como, la generación de biocombustibles empleados en aviación. La materia prima elaborada por Neste con la cual se elaboran bioplásticos, ha tenido aplicaciones en construcción con las mismas cualidades que los recursos fósiles, siendo en cambio, completamente reutilizables (lo que implica circularidad del proceso productivo) y dejando también, una huella ambiental positiva. IBM (2023) recalca la versatilidad de Neste para mejorar su cadena de suministros de forma sostenible, así como la visibilidad que presenta su negocio en cuanto a la obtención y el procesamiento de sus materias primas hasta la entrega al consumidor final, convirtiéndolo en un punto clave para construir confianza y fidelización, señalando que el 90% del total de sus materias primas renovables proceden de desechos y residuos de material, y de igual forma sus biorrefinerías funcionan completamente a partir de desechos y residuos de material. De esta manera, se ha podido evidenciar el impacto de Neste en la población de Oakland en EE. UU al incentivar una bioeconomía circular a partir de la recolección de aceites y grasas de cocina de múltiples restaurantes de la ciudad, para su procesamiento y transformación en combustible biodiesel que alimente generadores en la ciudad o diferentes vehículos de servicio público y maquinaria, integrando de esta manera diferentes sectores económicos con un impacto económico y ambiental positivo.

Por otro lado, actualmente existen plantas de celulosa en Finlandia del grupo Botnia, el cual tiene cinco plantas en Finlandia y una en Chile, y se caracterizan por ser negativas en carbono, porque plantan nuevos árboles por cada uno que talan, dándole mayor rotación a la biomasa y de este modo capturar mayor CO<sub>2</sub>, expuesto por BioEconomía (2020), explicando así la afirmación que hizo Baños et al (2022), al exponer que el sector forestal ha logrado objetivos de energía renovable y la protección del clima mediante el uso de la madera, resultando así un trabajo en forma conjunta entre la ciencia y la industria

En Colombia, aunque se ha evidenciado crecimiento en este campo para el panorama laboral, bien sea por proyectos de inversión local regionales o gubernamentales y de inversión extranjera, aún existe poca claridad del número de empresas que realizan sus actividades dentro de la bioeconomía. La Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2021) señala que en el 2018 podían identificarse 203 empresas en Colombia que desarrollaban biotecnología y/o bio-productos. Por su parte, el Clúster de bioeconomía – Bridge Colombia (2022) afirma que para 2022 existían 721 proyectos relacionados con la bioeconomía en desarrollo o ya en fase operativa dentro de 4 regiones del país, a saber: Antioquia, Eje cafetero, Valle del Cauca y Orinoquia. Estos proyectos eran desarrollados por 548 entidades diferentes entre empresas y universidades. De igual forma, en cuanto a apoyos gubernamentales, en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) del periodo 2018-2022 se empezó la incursión en la bioeconomía por medio de incentivos económicos y esto se continúa en el Plan Nacional de Negocios Verdes 2022-2030 encabezado por el presidente de la república Gustavo Francisco Petro Urrego, en donde, se busca potenciar las ventajas ambientales propias de cada región y que el ambiente sea la variable principal en la competitividad del país. En el PND (2022-2026) se proyecta a la restauración en zonas de deforestación mediante incentivos no solo a empresas de este sector que trabajan de manera sostenible, sino también las comunidades indígenas que cuidan los recursos naturales, pues explica que para el despliegue de la bioeconomía en el país “dos mundos deben trabajar mancomunadamente: el de los saberes ancestrales de las comunidades amazónicas y el saber académico, de la mano con la investigación científica” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022).

Dentro del panorama bioeconómico nacional, se reconoce al Grupo empresarial Manuelita, no solo por realizar su producción de forma sostenible, sino desarrollarse también dentro de la bioeconomía al ser productores de biomasa y biocombustibles; a su vez, se reconocen empresas jóvenes como Biocultivos S.A. al impactar en el desarrollo de biotecnologías que permiten la sostenibilidad y crecimiento en el sector agropecuario. Estas empresas cuentan en promedio con un patrimonio de 14,1 millones de dólares, así como una edad promedio de 55 años, por lo que puede considerarse que estas empresas destacadas son en su mayoría Pymes en cuanto a su número de empleados teniendo cierta madurez en su respectivo sector por su tiempo en vigencia.

En resumen, la bioeconomía afecta positivamente en particular a las economías rurales, por lo que se entiende a los sectores que comprenden la agricultura, la ganadería y la silvicultura como el inicio de la cadena de valor en cualquier empresa dentro de este campo. A su vez, se observa que grandes empresas dentro del sector de combustibles, energético y también alimenticio, han buscado ampliar su propuesta de valor al plantear alternativas sostenibles a partir de la generación de biomasa y el uso de la misma en sus productos, generando circularidad y un impacto medioambiental positivo. De igual manera, dentro del sector químico y biotecnológico, se ha apostado por la creación de productos de base biológica a partir de la transformación de los diferentes tipos de residuos, por ejemplo, en los cosméticos, pesticidas, e incluso en el sector de la construcción con nuevos tipos de materiales sostenibles.

#### **4. Conclusiones**

Este estudio buscó definir en primera instancia el término acuñado como bioeconomía, en el cual se coincide con Ronzón (2022) y Kircher (2022), en que esta, hace parte de la suma de lo biológico con lo económico, en donde se puede identificar en particular la

importancia de la creación y procesamiento de la biomasa, como motor fundamental para los diferentes productos e insumos que se generan en este campo. Sin embargo, no se logró identificar pasos a seguir en cuanto a las pautas para abrir un camino empresarial único a la bioeconomía, sino por el contrario se identificó que se requiere abordar de forma conjunta entre diferentes sectores, para no solo lograr circularidad sino también rentabilidad, esto pudo conseguirse analizando los diferentes modelos de biorrefinerías en la literatura, así como los casos de estudio en donde involucran diferentes sectores económicos tanto rurales como urbanos.

También cabe aclarar que no toda circularidad es bioeconomía, como afirma Chizaryfard et al. (2021), ya que el valor agregado de esta rama económica presenta un verdadero valor medioambiental al presentar sostenibilidad en el tiempo, pues no solo se trata de aprovechar un recurso de manera circular, sino que a partir de materias primas de base biológica se tenga un mejor aprovechamiento en el tiempo disminuyendo su impacto en el medio ambiente.

Se pudo identificar de igual forma en la literatura, que existen condiciones políticas y legislaciones gubernamentales que pueden favorecer o ser un obstáculo para el desarrollo de la actividad bioeconómica debido a la rentabilidad financiera que estos factores pueden acarrear, así como las condiciones tecnológicas y de talento humano necesarios para el desarrollo de estas actividades. Las empresas de refinerías que están migrando a este modelo de negocio o parten del uso de una biorrefinería propia o trabajan de forma cooperativa con una, sin embargo, las operaciones de las refinerías convencionales siguen siendo una gran competencia para el desarrollo de las biorrefinerías, dado su trascendencia en el mercado, sus altos desarrollos tecnológicos y la diversificación de sus mercados. Para que la biorrefinería sea sostenible económicamente, debe innovar en gran variedad de productos y evolucionar en I+D para lograr un mayor aprovechamiento de la biomasa tanto en energía como en producto terminado.

Cabe resaltar, que se identificaron que el sector agropecuario y la silvicultura son la base fundamental en la construcción de una bioeconomía, dado su alto valor de materias primas que pueden ser transformadas en biomasa; de esta manera resultan ser muy importantes como proveedores principales para compañías que se desempeñen en este campo.

Una de las principales características de las empresas que forman parte de la bioeconomía es la meta común por lograr la sostenibilidad ambiental y económica; suelen ser medianas y grandes empresas. Están en el mercado hace aproximadamente unos 85 años, donde su patrimonio a nivel global es alrededor de unos 74 billones de dólares y a nivel nacional unos 11,74 millones de dólares, el continente principal en que operan estas empresas es en Europa, y en Colombia la de mayor impacto es el grupo empresarial Manuelita. Estas empresas benefician no solo económicamente a las comunidades a partir de la generación de empleo, calidad de vida y diversificación de fuentes de ingreso sino también generando un bienestar ambiental y una estabilidad financiera a futuro. Se reconocen a las empresas que producen productos poliméricos como los principales en migrar a esta nueva gama de productos biodegradables, y si estas empresas ya estaban previamente posicionadas en el mercado, este cambio resulta estratégico al abordar las nuevas necesidades presentes.

## 5. Recomendaciones

Si se desea emprender en esta rama económica, se sugiere innovar y diversificar productos que aseguren la sostenibilidad económica a largo plazo explorando diversos mercados nacionales como internacionales. También deben tenerse en cuenta la viabilidad técnica, tecnológica, económica, medioambiental y social del proyecto, trabajando de la mano con el desarrollo bioeconómico del país en que se desee desarrollar la actividad económica, no solo para apoyarse financieramente sino para generar una rentabilidad y sostenibilidad clara. Los gobiernos deben fomentar la colaboración entre sectores públicos y privados para que aborden de manera conjunta los desafíos bioeconómicos, dándole prioridad a sectores muy importantes como la agricultura y la silvicultura para garantizar un suministro sostenible de materias primas. Además, desarrollar políticas que fomenten y respalden la bioeconomía que le permitan a las empresas adaptarse a este modelo económico y generar incentivos fiscales por desempeñarse en este campo.

Desde la ingeniería industrial se pueden evaluar diferentes interacciones sinérgicas en los procesos y en los actores económicos que permitan evaluar si estos proyectos son viables y rentables para emprender en el desarrollo de estos modelos de negocio en los diferentes sectores. Además, es de vital importancia analizar detalladamente la cadena de suministro para identificar cuellos de botella y mejorar la adquisición de materias primas. De igual manera, capacitar constantemente a los colaboradores en nuevas tecnologías y sembrar en ellos una cultura de concientización en prácticas sostenibles y amigables con el medio ambiente. Como también resulta importante incorporar indicadores de desempeño (KPIs) que no solo permitan medir los aspectos económicos y rentables, sino que permitan analizar aspectos ambientales.

Se sugiere seguir investigando en tendencias de mercados que requieran productos biodegradables, además estudiar cual ha sido la tendencia de la bioeconomía en el mundo y que países quieren volverse bioeconómicos. También, profundizar en los materiales potenciales que lleguen a tener capacidad de reemplazar a los combustibles fósiles y resulten sostenibles en el tiempo.

## 6. Referencias

- Aramendis, R., & Castaño, A. (2019). Bioeconomía en Colombia. La bioeconomía. Nuevo marco para el crecimiento sostenible en América Latina, 81.
- Araújo, R., Vázquez Calderón, F., Sánchez López, J., Azevedo, I. C., Bruhn, A., Fluch, S., Garcia Tasende, M., Ghaderiardakani, F., Ilmjärv, T., Laurans, M., Mac Monagail, M., Mangini, S., Peteiro, C., Rebours, C., Stefansson, T., & Ullmann, J. ö. (2021). Current Status of the Algae Production Industry in Europe: An Emerging Sector of the Blue Bioeconomy. *Frontiers in Marine Science*, 7 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2020.626389>
- Arttu Malkamäki, Jaana E. Korhonen, Sami Berghäll, Carolina Berg Rustas, Hanna Bernö, Ariane Carreira, Dalia D'Amato, Alexander Dobrovolsky, Blanka Giertliová, Sara Holmgren, Cecilia Mark-Herbert, Mauro Masiero, Emil Nagy, Lenka Navrátilová, Helga Pülzl, Lea Ranacher, Laura Secco, Tuuli Suomala, Anne Toppinen, Lauri Valsta, Jozef Výbošťok, Jonas Zellweger
- Awasthi, M. K., Sarsaiya, S., Wainaina, S., Rajendran, K., Kumar, S., Quan, W., Duan, Y., Awasthi, S. K., Chen, H., Pandey, A.,

- Zhang, Z., Jain, A., & Taherzadeh, M. J. (2019). A critical review of organic manure biorefinery models toward sustainable circular bioeconomy: Technological challenges, advancements, innovations, and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 111, 115-131. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.rser.2019.05.017>
- Banos, V., Deuffic, P., & Brahic, E. (2022). Engaging or resisting? How forest-based industry and private forest owners respond to bioenergy policies in Aquitaine (Southwestern France). *Forest Policy and Economics*, 144, 102843. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102843>
- BioEconomía. (2020, 7 enero). Bioeconomía: una tendencia global - BioEconomía. BioEconomía. <https://www.bioeconomia.info/2018/09/09/bioeconomia-una-tendencia-global>
- Bioeconomía: tendencias globales. (2023). <https://www.agrositio.com.ar/noticia/230468-bioeconomia-tendencias-globales.html>
- Bishop, G., Styles, D., & Lens, P. N. L. (2021). Environmental performance comparison of bioplastics and petrochemical plastics: A review of life cycle assessment (LCA) methodological decisions. *Resources, Conservation and Recycling*, 168, 105451. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105451>
- Boulding, K. (1966). *Environmental Quality in a Growing Economy*, Resources for the Future (H. Jarrett, Ed.). Johns Hopkins University Press.
- Brunnhöfer, M., Gabriella, N., Schöggel, J., Stern, T., & Posch, A. (2020). The biorefinery transition in the European pulp and paper industry – A three-phase Delphi study including a SWOT-AHP analysis. *Forest Policy and Economics*, 110, 101882. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.forpol.2019.02.006>
- Cao, L., Yu, I. K. M., Xiong, X., Tsang, D. C. W., Zhang, S., Clark, J. H., Hu, C., Ng, Y. H., Shang, J., & Ok, Y. S. (2020). Biorenewable hydrogen production through biomass gasification: A review and future prospects. *Environmental Research*, 186, 109547. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.envres.2020.109547>
- Carrarese, L., & Bröring, S. (2021). How does business model redesign foster resilience in emerging circular value chains? *Journal of Cleaner Production*, 289, 125823. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.jclepro.2021.125823>
- Chandel, A. K., Garlapati, V. K., Singh, A. K., Antunes, F. A. F., & da Silva, S. S. (2018). The path forward for lignocellulose biorefineries: Bottlenecks, solutions, and perspective on commercialization. *Bioresource Technology*, 264, 370-381. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.biortech.2018.06.004>
- Chizaryfard, A., Trucco, P. & Nuur, C. The transformation to a circular economy: framing an evolutionary view. *J Evol Econ* 31, 475–504 (2021). <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1007/s00191-020-00709-0>
- Dahmen, N., Lewandowski, I., Zibek, S., & Weidtmann, A. (2019). Integrated lignocellulosic value chains in a growing bioeconomy: Status quo and perspectives. *GCB Bioenergy*, 11(1), 107-117. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1111/gcbb.12586>
- D'Amato, D., Veijonaho, S., & Toppinen, A. (2020a). Towards sustainability? Forest-based circular bioeconomy business models in Finnish SMEs. *Forest Policy and Economics*, 110, 101848. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.forpol.2018.12.004>
- De Corato, U. (2020). Agricultural waste recycling in horticultural intensive farming systems by on-farm composting and compost-based tea application improves soil quality and plant health: A review under the perspective of a circular economy. *Science of the Total Environment*, 738, 139840. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.scitotenv.2020.139840>
- Dominika Alexa Teigiserova, Lorie Hamelin, Marianne Thomsen, Review of high-value food waste and food residues biorefineries with focus on unavoidable wastes from processing, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 149, 2019, Pages 413-426, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.05.003>
- Donner, M., & Radić, I. (2021). Innovative Circular Business Models in the Olive Oil Sector for Sustainable Mediterranean Agrifood Systems. *Sustainability*, 13(5)<https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.3390/su13052588>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Elisavet Angouria-Tsorochidou, Dominika Alexa Teigiserova, Marianne Thomsen Environmental and economic assessment of decentralized bioenergy and biorefinery networks treating urban biowaste, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 176, 2022, 105898, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105898>
- F.-D. Vivien, M. Nieddu, N. Befort, R. Debref, M. Giampietro, The Hijacking of the Bioeconomy, *Ecological Economics*, Volume 159, 2019, Pages 189-197, ISSN 0921-8009, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.01.027>
- Fernandez, S. S., & JUSMET, J. R. (2010). Agotamiento de los combustibles fósiles y emisiones de CO<sub>2</sub>: algunos posibles escenarios futuros de emisiones. *Revista Galega de Economía*, 19(1), 1-19.
- Freitas, J. V., Bilatto, S., Squinca, P., Pinto, A. S. S., Brondi, M. G., Bondancia, T. J., Batista, G., Klaić, R., & Farinas, C. S. (2021). Sugarcane biorefineries: potential opportunities towards shifting from wastes to products. *Industrial Crops and Products*, 172, 114057. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.indcrop.2021.114057>
- G Rodríguez, A. (2017). La bioeconomía: Oportunidades y desafíos para el desarrollo rural, agrícola y agroindustrial en América latina y el caribe. *BOLETÍN CEPAL-FAO-IICA*. Recuperado 9 de noviembre de 2023, de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6384/BVE18019630e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hagman, L., Eklund, M. & Svensson, N. Assessment of By-product Valorisation in a Swedish Wheat-Based Biorefinery. *Waste Biomass Valor* 11, 3567–3577 (2020). <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1007/s12649-019-00667-0>

- Haider, M. N., Liu, C., Tabish, T. A., Balakrishnan, D., Show, P., Qattan, S. Y., Gull, M., & Mehmood, M. A. (2022a). Resource Recovery of the Wastewater-Derived Nutrients into Algal Biomass Followed by Its Cascading Processing to Multiple Products in a Circular Bioeconomy Paradigm. *Fermentation*, 8(11)<https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.3390/fermentation8110650>
- Hernández, C. C., & Morcela, O. A. (2017). Nuevas empresas biotecnológicas como estrategia de desarrollo de la bioeconomía sustentable. *Divulgatio. Perfiles académicos De Posgrado*, 1(02), 1–12. <https://doi.org/10.48160/25913530di02.31>
- Idiano D'Adamo, Pasquale Marcello Falcone, Enrica Imbert, Piergiuseppe Morone, A Socio-economic Indicator for EoL Strategies for Bio-based Products, *Ecological Economics*, Volume 178, 2020, 106794, ISSN 0921-8009, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106794>
- Jaso-Sánchez, Marco Aurelio. (2021). Análisis metodológico de los estudios prospectivos que exploran el futuro de la bioeconomía. *Nova scientia*, 13(26), 00014. Epub 30 de agosto de 2021. <https://doi.org/10.21640/ns.v13i26.2272>
- Jhonathan Fernandes Torres de Souza, Sérgio A. Pacca, Carbon reduction potential and costs through circular bioeconomy in the Brazilian steel industry, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 169, 2021, 105517, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105517>
- Joseph, S., Cowie, A. L., Van Zwieten, L., Bolan, N., Budai, A., Buss, W., Cayuela, M. L., Graber, E. R., Ippolito, J. A., Kuzyakov, Y., Luo, Y., Ok, Y. S., Palansooriya, K. N., Shepherd, J., Stephens, S., Weng, Z. (., & Lehmann, J. (2021). How biochar works, and when it doesn't: A review of mechanisms controlling soil and plant responses to biochar. *GCB Bioenergy*, 13(11), 1731-1764. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12885>
- Jportuondo. (2021, 7 octubre). 10 empresas más Grupo SPRI, EVE, Neiker y HAZI, primeros miembros de la Alianza Vasca por la Bioeconomía para diversificar la economía de Euskadi y contribuir a un desarrollo sostenible. SPRI. <https://www.spri.eus/es/teics-comunicacion/10-empresas-mas-grupo-spri-eve-neiker-y-hazi-primeros-miembros-de-la-alianza-vasca-por-la-bioeconomia-para-diversificar-la-economia-de-euskadi-y-contribuir-a-un-desarrollo-sostenible/>
- Kieran Campbell-Johnston, Walter J.V. Vermeulen, Denise Reike, Sabrina Brullot, The Circular Economy and Cascading: Towards a Framework, *Resources, Conservation & Recycling: X*, Volume 7, 2020, 100038, ISSN 2590-289X, <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100038>
- Kircher, M. (2022). Economic Trends in the Transition into a Circular Bioeconomy. *Journal of Risk and Financial Management*, 15(2), 44. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/jrfm15020044>
- Kranti Navare, Bart Muys, Karl C. Vrancken, Karel Van Acker, Circular economy monitoring – How to make it apt for biological cycles?, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 170, 2021, 105563, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105563>
- Kumar, D., & Singh, B. (2019). Algal biorefinery: An integrated approach for sustainable biodiesel production. *Biomass and Bioenergy*, 131, 105398. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.biombioe.2019.105398>
- La Nota Económica. (2022, 19 mayo). 80 empresas han logrado la certificación como «Empresa B» - La nota económica. <https://lanotaeconomica.com.co/movidas-empresarial/80-empresas-han-logrado-la-certificacion-como-empresa-b/>
- Lange L (2022) Business Models, Including Higher Value Products for the New Circular, Resource-Efficient Biobased Industry. *Front. Sustain.* 3:789435. doi: 10.3389/frsus.2022.789435
- Laurens, L. M. L. (2021). A new algae technical standards focus group: Summarizing and guiding the algae state of the art. *Algal Research*, 53, 102141. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.algal.2020.102141>
- Li, J., Goerlandt, F., & Reniers, G. (2021). An overview of scientometric mapping for the safety science community: Methods, tools, and framework. *Safety Science*, 134, 105093. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.ssci.2020.105093>
- Luana Ladu, Enrica Imbert, Rainer Quitzow, Piergiuseppe Morone, The role of the policy mix in the transition toward a circular forest bioeconomy, *Forest Policy and Economics*, Volume 110, 2020, 101937, ISSN 1389-9341, <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.05.023>
- McCormick, K., & Kautto, N. (2013). The Bioeconomy in Europe: An Overview. *Sustainability*, 5(6), 2608. <https://doi.org/10.3390/su5062589>
- Mechthild Donner, Anne Verniquet, Jan Broeze, Katrin Kayser, Hugo De Vries, Critical success and risk factors for circular business models valorising agricultural waste and by-products, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 165, 2021, 105236, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105236>
- Melgar, M. S., Silva, R. M., Falcón, W. K., & Álvarez, J. W. (2022). Bioeconomía circular y valorización de residuos de la industria procesadora de la manzana. *Idesia*, 40(3), 95-102. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292022000300095>
- Ming-Yang, L., & Yao, Y. (2021). Applications of artificial intelligence-based modeling for bioenergy Systems: a review. *Gcb Bioenergy*, 13(5), 774-802. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12816>
- Miño, B. (2020). Bioeconomía: una alternativa para la conservación. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana De Estudios Socioambientales*, 13-30. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.27.2020.3984>
- Morcela, O. A. (2017, 31 mayo). Nuevas empresas biotecnológicas como estrategia de desarrollo de la bioeconomía sustentable. <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/1238>
- Mougenot, B., Doussoulin, JP. Conceptual evolution of the bioeconomy: a bibliometric analysis. *Environ Dev Sustain* 24, 1031–1047 (2022). <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1007/s10668-021-01481-2>
- Murillo, S. E. P., & Galán, J. E. L. (2020). Desarrollo sostenible y oportunidad de aprendizaje de las biorrefinerías: Una alternativa de la biomasa. *Revista de ciencias sociales*, 26(2), 401-413.
- Mutanda, T., Naidoo, D., Bwapwa, J., & Anandraj, A. (2020). Biotechnological Applications of Microalgal Oleaginous

- Compounds: Current Trends on Microalgal Bioprocessing of Products. *Frontiers in Energy Research*, 8 <https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.598803>
- Neste OYJ Case Study | IBM. (2023). <https://www.ibm.com/case-studies/neste>
- Neste: turning sustainable wastes and residues into a business opportunity - World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2020). World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). <https://www.wbcsd.org/Archive/Factor-10/Circular-bioeconomy-the-business-opportunity-contributing-to-a-sustainable-world/Neste-Turning-sustainable-wastes-and-residues-into-a-business-opportunity>
- Paes, L. A. B., Stolte Bezerra, B., Jugend, D., & Liar Agudo, F. (2022). Prospects for a circular bioeconomy in urban ecosystems: Proposal for a theoretical framework. *Journal of Cleaner Production*, 380, 134939. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.jclepro.2022.134939>
- Public perceptions of using forests to fuel the European bioeconomy: Findings from eight university cities, *Forest Policy and Economics*, Volume 140, 2022,102749, ISSN 1389-9341, <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102749>
- Qué Es Una Cooperativa (2021) ICA. Disponible en: <https://www.ica.coop/es/cooperativas/que-es-una-cooperativa>
- Region Anual Red Pymes Mercosur: «Pymes, desarrollo sustentable e innovación productiva a nivel sectorial y territorial» (26.a ed.). (s. f.). Sonia Roitter y Mariana Sauchelli. <http://redpymes.org.ar/wp-content/uploads/2021/10/Libro-de-Res%C3%BAmenes-26-Reuni%C3%B3n-Anual-Red-Pymes-Mercosur>
- Rodríguez, A. G., Rodrigues, M. D. S., & Sotomayor Echenique, O. (2019). Hacia una bioeconomía sostenible en América Latina y el Caribe: elementos para una visión regional
- Ronzon, T., Iost, S. & Philippidis, G. Has the European Union entered a bioeconomy transition? Combining an output-based approach with a shift-share analysis. *Environ Dev Sustain* 24, 8195–8217 (2022). <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1007/s10668-021-01780-8>
- Rorrer, N. A., Nicholson, S., Carpenter, A., Bidy, M. J., Grundl, N. J., & Beckham, G. T. (2019). Combining Reclaimed PET with Bio-based Monomers Enables Plastics Upcycling. *Joule*, 3(4), 1006-1027. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.joule.2019.01.018>
- Ruff-Salís, M., Petit-Boix, A., Villalba, G., Gabarrell, X., & Leipold, S. (2021). Combining LCA and circularity assessments in complex production systems: the case of urban agriculture. *Resources, Conservation and Recycling*, 166, 105359. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105359>
- Ruiz, H. A., Conrad, M., Sun, S., Sanchez, A., Rocha, G. J. M., Román, A., Castro, E., Torres, A., Rodríguez-Jasso, R. M., Andrade, L. P., Smirnova, I., Sun, R., & Meyer, A. S. (2020). Engineering aspects of hydrothermal pretreatment: From batch to continuous operation, scale-up and pilot reactor under biorefinery concept. *Bioresource Technology*, 299, 122685. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.biortech.2019.122685>
- S. Vanhamäki, M. Virtanen, S. Luste, K. Manskinen, Transition towards a circular economy at a regional level: A case study on closing biological loops, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 156, 2020, 104716, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.10471>
- S. Vanhamäki, M. Virtanen, S. Luste, K. Manskinen, Transition towards a circular economy at a regional level: A case study on closing biological loops, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 156, 2020, 104716, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.10471>
- Schmidt, H., Anca-Couce, A., Hagemann, N., Werner, C., Gerten, D., Lucht, W., & Kammann, C. (2019). Pyrogenic carbon capture and storage. *GCB Bioenergy*, 11(4), 573-591. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12553>
- Shah, K. K., Modi, B., Pandey, H., Subedi, A., Aryal, G., Pandey, M., & Shrestha, J. (2021). Diversified Crop rotation: An approach for sustainable agriculture production. *Advances in agriculture*, 2021, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2021/8924087>
- Sherwood, J. (2020). The significance of biomass in a circular economy. *Bioresource Technology*, 300, 122755. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.biortech.2020.122755>
- Singh, J., Sung, K., Cooper, T., West, K., & Mont, O. (2019). Challenges and opportunities for scaling up upcycling businesses – The case of textile and wood upcycling businesses in the UK. *Resources, Conservation and Recycling*, 150, 104439. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104439>
- Singh, P. K., Mohanty, P., Mishra, S., & Adhya, T. K. (2022). Food Waste Valorisation for Biogas-Based Bioenergy Production in Circular Bioeconomy: Opportunities, Challenges, and Future Developments. *Frontiers in Energy Research*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.903775>
- State Development, Infrastructure, Local Government and Planning. (2023, 4 julio). Working in a consortium. Business Queensland. <https://www.business.qld.gov.au/running-business/marketing-sales/tendering/improve-approach/competitive/collaborative/consortium>
- Stegmann, P., Londo, M., & Junginger, M. (2020). The circular bioeconomy: Its elements and role in European bioeconomy clusters. *Resources, Conservation & Recycling*: X, 6, 100029. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.rcrx.2019.100029>
- Teigiserova, D. A., Hamelin, L., & Thomsen, M. (2019). Review of high-value food waste and food residues biorefineries with focus on unavoidable wastes from processing. *Resources, Conservation and Recycling*, 149, 413-426. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.05.003>
- Tiso, T., Narancic, T., Wei, R., Pollet, E., Beagan, N., Schröder, K., Honak, A., Jiang, M., Kenny, S. T., Wierckx, N., Perrin, R., Avérous, L., Zimmermann, W., O'Connor, K., & Blank, L. M. (2021). Towards bio-upcycling of polyethylene terephthalate. *Metabolic Engineering*, 66, 167-178. <https://doi.org/bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.ymben.2021.03.011>
- Ubando, A. T., Felix, C. B., & Chen, W. (2020). Biorefineries in circular bioeconomy: A comprehensive review. *Bioresource*

Technology, 299, 122585. <https://doi-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1016/j.biortech.2019.122585>

Viaggi, D., Bartolini, F., & Raggi, M. (2022). The Bioeconomy in economic literature: looking back, looking ahead. *Bio-Based and Applied Economics*, 10(3), 169–184. <https://doi.org/10.36253/bae-10881>

Villanueva-Mejía, D. F. (2018). Estudios sobre la Bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia. *Estudios Sobre La Bioeconomía Como Fuente de Nuevas Industrias Basadas En El Capital Natural de Colombia*, 1-49

Vivien, F. -, Nieddu, M., Befort, N., Debref, R., & Giampietro, M. (2019). The Hijacking of the Bioeconomy. *Ecological Economics*, 159, 189-197. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.01.027>

von Cossel, M., Wagner, M., Lask, J., Magenau, Bauerle, A., Warrach-Sagi, K., Elbersen, W., Staritsky, I. G., van Eupen, M., Iqbal, Y., Jablonowski, Happe, Fernando, A., Scordia, D., Cosentino, S., Wulfmeyer, Lewandowski, I., & Winkler, B. (2019). Prospects of Bioenergy Cropping Systems for A More Social-Ecologically Sound Bioeconomy. *Agronomy*, 9, 605. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100605>

Von Cossel, Wagner, Lask, Magenau, Bauerle, Von Cossel, Warrach-Sagi, et al. (2019). Prospects of Bioenergy Cropping Systems for A More Social-Ecologically Sound Bioeconomy. *Agronomy*, 9(10), 605. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy9100605>

Wang, Z., Xu, G., Wang, Z. et al. Sustainability of agricultural waste power generation industry in China: criteria relationship identification and policy design mechanism. *Environ Dev Sustain* 24, 3371–3395 (2022). <https://doi-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1007/s10668-021-01570-2>

Weselek, A., Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S., & Högy, P. (2019). Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(4), 35. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>

Willi Haas, Fridolin Krausmann, Dominik Wiedenhofer, Christian Lauk, Andreas Mayer, Spaceship earth's odyssey to a circular economy - a century long perspective, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 163, 2020, 105076, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105076>

Wollmann, F., Dietze, S., Ackermann, J., Bley, T., Walther, T., Steingroewer, J., & Krujatz, F. (2019). Microalgae wastewater treatment: Biological and technological approaches. *Engineering in Life Sciences*, 19(12), 860-871. <https://doi-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1002/elsc.201900071>

Zeug, W., Bezama, A. & Thrän, D. Application of holistic and integrated LCSA: Case study on laminated veneer lumber production in Central Germany. *Int J Life Cycle Assess* 27, 1352–1375 (2022). <https://doi-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.1007/s11367-022-02098-x>