

LA SOSTENIBILIDAD CON ENFOQUE EN ENERGIA RENOVABLE EN LA  
AGRICUTURA, REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA EN LA BASE DE  
SCOPUS ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2023

SEBASTIAN LEONARDO GUAVITA BELTRAN

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA  
FACATATIVA  
2023

LA SOSTENIBILIDAD CON ENFOQUE EN ENERGIA RENOVABLE EN LA  
AGRICUTURA, REVISION SISTEMATICA DE LITERATURA EN LA BASE DE  
SCOPUS ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2023

SEBASTIAN LEONARDO GUAVITA BELTRAN

Trabajo de monografía resultado de la opción de grado curso de profundización, presentado como  
requisito para optar al título profesional de Ingeniero Mecatrónico

Directora  
MARIA NUVIA PARDO ORTIZ, MsC.  
Economista  
Especialista en Sistemas de Gestión Integrada de la Calidad, Medio Ambiente y Prevención de  
Riesgos Laborales  
Magíster en Dirección de Empresas

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA  
FACATATIVA  
2023

## **CERTIFICA:**

Que el presente trabajo monográfico “LA SOSTENIBILIDAD CON ENFOQUE EN ENERGIA RENOVABLE EN LA AGRICUTURA, REVISION SISTEMATICA DE LITERATURA EN LA BASE DE SCOPUS ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2023”, es resultado de la opción de grado curso de profundización y monografía, liderado por los programas de pregrado de la Facultad de Ciencias Administrativas y Contables, denominado: “SOSTENIBILIDAD EMPRESARIAL, SOCIEDADES BIC Y REPORTE NO FINANCIEROS” y ha sido prolijamente revisado; por tanto, autorizo la presentación de este, el mismo que responde a los requisitos establecidos en el reglamento estudiantil y a los parámetros de la Vicerrectoría de Investigación de UNIAGRARIA.

Bogotá D.C., 25 de septiembre de 2023.

**f.**

MSc. Maria Nuvia Pardo Ortiz.

Directora de la Opción de Grado Práctica Empresarial y Monografía

Economista

Especialista en Sistemas de Gestión Integrado de la Calidad, Medio Ambiente y Prevención de Riesgos Laborales

Magister en Dirección de Empresas

Declaro que las esencialidades e ideas expuestas en la presente monografía “LA SOSTENIBILIDAD CON ENFOQUE EN ENERGIA RENOVABLE EN LA AGRICUTURA, REVISION SISTEMATICA DE LITERATURA EN LA BASE DE SCOPUS ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2023”, resultado del curso de profundización y monografía, liderado por los programas de pregrado de la Facultad de Ciencias Administrativas y Contables, denominado: “SOSTENIBILIDAD EMPRESARIAL, SOCIEDADES BIC Y REPORTES NO FINANCIEROS”, a excepción de las citas, son de mi absoluta responsabilidad y autoría.

**f.**

Sebastián Leonardo Guavita Beltrán  
Autor

## **APROBACIÓN DEL JURADO.**

Los suscritos docentes, designados como jurados de la opción de grado curso de profundización y monografía, liderado por los programas de pregrado de la Facultad de Ciencias Administrativas y Contables, denominado: “SOSTENIBILIDAD EMPRESARIAL, SOCIEDADES BIC Y REPORTES NO FINANCIEROS”, aprueban el presente trabajo, el mismo ha sido elaborado de conformidad con los requisitos establecido en el reglamento estudiantil a los parámetros de la Vicerrectoría de Investigación de UNIAGRARIA.

*f.* \_\_\_\_\_

Jurado

*f.* \_\_\_\_\_

Jurado

Firmado en la ciudad de Bogotá D.C, a los \_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ del año 2023.

## **DEDICATORIA**

A mis padres quienes, a lo largo de mi vida, han sido mi fuente constante de apoyo, inspiración y amor incondicional. Sin su aliento y orientación, este logro no habría sido posible. Dedico esta monografía a ustedes, quienes han sido mi faro en las tormentas y mi motivación en los momentos desafiantes. Su inquebrantable fe en mí me ha impulsado a seguir adelante y a alcanzar mis metas.

A Dios, fuente de sabiduría, inspiración y fortaleza. Sus bendiciones y guía han sido una constante en mi camino académico. Que este trabajo refleje mi deseo de honrar y aprender de su infinita sabiduría.

.

*Sebastián Leonardo Guavita Beltrán*

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, deseo expresar mi gratitud a Dios, quien ha sido mi guía a lo largo de mi trayecto universitario, mi fuente de fortaleza y la luz que ilumina cada paso que doy.

A la Fundación Universitaria Agraria de Colombia, quiero transmitir mi agradecimiento sincero por brindarme la oportunidad de adquirir conocimientos valiosos y por su continuo apoyo. Pueden estar seguros de que llevaré el prestigio de esta universidad en alto.

A nuestros estimados profesores y, de manera particular, a nuestro tutor, quiero agradecerles por su invaluable ayuda, su paciencia incansable y su dedicación inquebrantable.

A todas las personas que me respaldaron y contribuyeron a que este proyecto fuera un éxito, les estoy sumamente agradecido.

*Sebastián Leonardo Guavita Beltrán*

## TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I .....	17
EL PROBLEMA.....	17
<b>1.1. Tema</b> .....	17
<b>1.2. Planteamiento del problema</b> .....	17
<b>1.3. Justificación</b> .....	18
<b>1.4. Objetivos</b> .....	19
<b>1.4.1. Objetivo General</b> .....	19
<b>1.4.2. Objetivos Específicos</b> .....	19
CAPÍTULO II.....	21
MARCO DE REFERENCIA .....	21
<b>2.1. Marco histórico</b> .....	21
<b>2.2. Marco teórico</b> .....	23
<b>2.3. Marco geográfico</b> .....	24
<b>2.4. Marco legal</b> .....	24
CAPÍTULO III.....	26
DISEÑO METODOLÓGICO .....	26
CAPÍTULO IV.....	31
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	31
<b>4.1.1. Determinar las estructuras o referentes teóricos alrededor de la sostenibilidad de la energía renovable en la agricultura entre 2013-2023.</b> .....	31
<b>4.1.2. Catalogar la revisión sistémica con criterios de inclusión y exclusión para realizar la respectiva investigación.</b> .....	33
<b>4.1.3. Identificar que aspectos de sostenibilidad se pueden tener en cuenta en relación con las energías renovables en la agricultura sostenible</b> .....	40
CAPÍTULO V .....	51
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	51
<b>5.1. Conclusiones</b> .....	51
<b>5.1. Recomendaciones</b> .....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53



## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Árbol de Problemas .....	18
Ilustración 2. Diagrama de flujo PRISMA para la selección y extracción de datos.....	29
Ilustración 3. Documentos por año.....	32
Ilustración 4. Países con mayor número de publicaciones.....	34
Ilustración 5. Palabras claves más usadas en la literatura sobre energías renovables en la agricultura sostenible. ....	34
Ilustración 6. Documentos por área temática.....	35
Ilustración 7. Palabras claves con mayores coincidencias. ....	36
Ilustración 8. Estudio cienciográfico. ....	36
Ilustración 9. Clúster #1 .....	37
Ilustración 10. Clúster #2 .....	38
Ilustración 11 Clúster #3 .....	39

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Documentos analizados .....	27
Tabla 2. Revistas más populares por número de publicaciones. ....	31

## GLOSARIO

*AGRICULTURA DE PRECISIÓN*: es una técnica agrícola que utiliza tecnología avanzada, como sensores, para personalizar y optimizar la gestión de cultivos y terrenos.(García & Flego, n.d.)

*AGRICULTURA SOSTENIBLE*: prácticas agrícolas que buscan preservar los recursos naturales y el equilibrio ecológico a largo plazo, mientras satisfacen las necesidades actuales de alimentos y fibra.(Quintana & Estrada, n.d.)

*AGRIVOLTAICA*: integración de sistemas de energía solar en explotaciones agrícolas, donde los paneles solares se colocan sobre campos de cultivo.(Pringle et al., 2017)

*ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO*: es un método de investigación que utiliza técnicas cuantitativas para evaluar y medir la producción científica y académica en un campo particular del conocimiento. Se basa en el estudio y análisis de la literatura científica, incluyendo publicaciones académicas, revistas científicas, patentes, tesis y otros tipos de documentos, con el propósito de identificar patrones, tendencias, relaciones y métricas relevantes.(Cuevas et al., 2019)

*BIOGÁS*: gas combustible producido mediante la descomposición anaeróbica de materia orgánica, utilizado en la generación de energía.(Heng, 2017)

*BIOMASA*: material orgánico que se utiliza como fuente de energía, como los residuos agrícolas y forestales.(Provolo et al., 2018)

*CICLO DE VIDA*: se refiere al conjunto de etapas y procesos que experimenta una planta cultivada, desde su germinación y crecimiento inicial hasta su cosecha y eventual renovación o replantación. Este ciclo involucra diversas fases, como la siembra, el desarrollo vegetativo, la floración, la formación de frutos y finalmente, la cosecha.(Kim & Zhang, 2018)

*ECONOMÍA CIRCULAR*: enfoque que busca reducir el desperdicio y aprovechar al máximo los recursos agrícolas y energéticos.(Stiles et al., 2018)

*EFICIENCIA ENERGÉTICA*: medidas y tecnologías para reducir el consumo de energía en la agricultura y otros sectores.(Tien et al., 2019)

*ENERGÍA EÓLICA*: generación de electricidad a partir del viento mediante aerogeneradores.

*ENERGÍAS RENOVABLES*: fuentes de energía que se regeneran naturalmente y no se agotan con el tiempo, como la energía solar, eólica, hidroeléctrica y de biomasa.(Wang et al., 2022)

*ENERGÍA SOLAR*: captación de la energía del sol mediante paneles solares para la generación de electricidad y calor.(Moustafa, 2016)

*HUELLA DE CARBONO*: medición de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la producción agrícola y energética.(Wang et al., 2022)

*RESILIENCIA CLIMÁTICA*: capacidad de la agricultura y la infraestructura energética para adaptarse y recuperarse frente a eventos climáticos extremos. (Fao, 2021)

*SISTEMICO*: un enfoque sistémico implica la búsqueda y análisis de estudios, investigaciones y teorías que consideren la interconexión de elementos y variables en un sistema determinado, con el objetivo de comprender mejor sus dinámicas y desafíos. (Beltrán, 2005)

## FACULTAD DE INGENIERIA

### Programa de Ingeniería Mecatrónica

# LA SOSTENIBILIDAD CON ENFOQUE EN ENERGIA RENOVABLE EN LA AGRICULTURA, REVISION SISTEMATICA DE LITERATURA EN LA BASE DE SCOPUS ENTRE LOS AÑOS 2013 Y 2023

**Autores:** Sebastián Leonardo Guavita Beltrán

[guavita.sebastian@uniagraria.edu.co](mailto:guavita.sebastian@uniagraria.edu.co)

**Director:** María Nuvia Pardo Ortiz

[pardo.marianuvia@uniagraria.edu.co](mailto:pardo.marianuvia@uniagraria.edu.co)

## RESUMEN

La combinación de agricultura sostenible y energía renovable representa una alianza crucial para hacer frente a los retos globales contemporáneos. Esta colaboración promueve la producción de alimentos de forma ambientalmente responsable al disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y la emisión de gases de efecto invernadero. Al mismo tiempo, brinda a los agricultores un acceso a una fuente de energía confiable y ecológica que puede alimentar sistemas de riego, maquinaria agrícola y procedimientos relacionados con la agricultura. Esta asociación no solo contribuye a garantizar la seguridad alimentaria y a combatir el cambio climático, sino que también refuerza la resistencia de las comunidades rurales al optimizar la eficiencia, reducir los gastos y promover la autosuficiencia energética en el ámbito agrícola.

Para obtener un mejor entendimiento de la relación entre estas áreas de estudio y su relevancia, se realiza una revisión de la literatura sobre los conceptos de sostenibilidad y energía renovable en el contexto de la agricultura. Se llevó a cabo un enfoque que abarcó un análisis de información cualitativa. La revisión se llevó a cabo siguiendo las directrices de PRISMA, y se empleó la plataforma Scopus para la evaluación bibliométrica y revisión de 225 publicaciones, estas fueron analizadas utilizando la asistencia del programa VOSviewer. Mediante la aplicación de varios filtros, se llevó a cabo un análisis detallado del contenido de 23 publicaciones al final del proceso.

En síntesis, la agricultura sostenible y las fuentes de energía renovables son dos pilares esenciales para lograr un futuro más equitativo, saludable y ambientalmente responsable.

**Palabras clave:** Agricultura Sostenible, Energías Renovables, Producción Limpia, Cambio Climático, Sostenibilidad.

**FACULTY OF ENGINEERING**  
**Mechatronics Engineering Program**

**SUSTAINABILITY WITH A FOCUS ON RENEWABLE ENERGY IN AGRICULTURE,  
SYSTEMATIC REVIEW OF LITERATURE IN THE SCOPUS DATABASE BETWEEN  
2013 AND 2023**

**Authors:** Sebastián Leonardo Guavita Beltrán

guavita.sebastian@uniagraria.edu.co

**Director:** María Nuvia Pardo Ortiz

[pardo.marianuvia@uniagraria.edu.co](mailto:pardo.marianuvia@uniagraria.edu.co)

**ABSTRACT**

The combination of sustainable agriculture and renewable energy represents a crucial alliance to address contemporary global challenges. This collaboration promotes environmentally responsible food production by reducing dependence on fossil fuels and greenhouse gas emissions. Simultaneously, it provides farmers with access to a reliable and eco-friendly energy source that can power irrigation systems, agricultural machinery, and related farming processes. This partnership not only contributes to ensuring food security and combating climate change but also enhances the resilience of rural communities by optimizing efficiency, reducing costs, and promoting energy self-sufficiency in the agricultural sector.

To gain a better understanding of the relationship between these fields of study and their relevance, a literature review was conducted on the concepts of sustainability and renewable energy in the context of agriculture. In this study, an approach that encompassed an analysis of qualitative information was conducted. The review adhered to PRISMA guidelines, and the Scopus platform was utilized for bibliometric assessment, involving the examination of 225 publications. These publications were analyzed using the assistance of the VOSviewer software. Through the application of various filters, a detailed analysis of the content of 23 publications was conducted at the end of the process.

In summary, sustainable agriculture and renewable energy sources are two essential pillars for achieving a more equitable, healthy, and environmentally responsible future.

<p><b>Keywords.</b> Sustainable Agriculture, Renewable Energy, Clean Production, Climate Change, Sustainability.</p>
--

## INTRODUCCIÓN

La agricultura se ubica en el sector primario debido a su función principal de producir alimentos y materias primas a partir del cultivo de plantas. Es fundamental ya que proporciona los recursos básicos necesarios para el funcionamiento de los demás sectores económicos, es la base para la producción de alimentos, henos, fibras textiles y una amplia variedad de productos agrícolas utilizados en la industria alimentaria y otras industrias relacionadas. Además, la agricultura se distingue de otras actividades económicas por su estrecha relación con la tierra y los recursos naturales.

El crecimiento de la población conlleva una mayor demanda de alimentos, lo que representa un desafío significativo para el sector agrícola. A medida que la población mundial sigue aumentando, la necesidad de producir suficientes alimentos para cubrir la creciente demanda alimentaria se vuelve indispensable.

Como consecuencia se ejerce una presión sobre el sector agrícola para aumentar la producción de alimentos y garantizar la seguridad alimentaria, debido al surgimiento de satisfacer la necesidad de producir más alimentos, consecuentemente los agricultores se ven en la necesidad de realizar cambios en los sistemas de producción agrícola con el propósito de aumentar su producción y garantizar la seguridad alimentaria, mediante la adopción de prácticas intensivas que dependen en gran medida de insumos externos, lo que genera impactos negativos en la salud del suelo, el agua y el aire, ya que este tipo de prácticas más intensivas provoca un incremento en el uso de fertilizantes y pesticidas, lo que en consecuencia lleva a la pérdida de tierras fértiles y a la fragmentación de las áreas de cultivo.

Debido a lo anterior surge la necesidad de realizar una expansión de las áreas urbanas y agrícolas para afrontar el crecimiento de la población y la demanda de alimentos, como consecuencia se ha llevado a la destrucción de hábitats naturales, resultando en la pérdida de biodiversidad, generando consecuencias negativas para los ecosistemas.

De igual forma el crecimiento de la población implica un mayor consumo de energía, la cual es obtenida principalmente por la quema de combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo y el gas natural. Esta forma de obtener y generar energía emite grandes cantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera, contribuyendo al cambio climático y al calentamiento global. Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Por lo anterior dicho se hace indispensable la implementación de una gestión agrícola sostenible, la cual es crucial para garantizar la producción de alimentos a largo plazo, la protección del medio ambiente y el bienestar de las comunidades rurales. Buscando un equilibrio de los aspectos económicos, sociales y ambientales de la agricultura, promoviendo la resiliencia de los sistemas agrícolas y su capacidad para hacer frente a los desafíos actuales y futuros.

Consecuentemente surge la necesidad de realizar una revisión sistemática de literatura en la base de datos de Scopus, con relación a como las fuentes de energía renovables ayudan a mitigar el consumo de energías convencionales, quema de combustibles fósiles, permitiendo reducir la contaminación ambiental y promoviendo la sostenibilidad agrícola y la seguridad alimentaria.

**P1** ¿Cuál es el estado general de la literatura sobre la gestión de energías renovables en la agricultura sostenible, en la base de datos de SCOPUS entre 2013-2023?

**P2** ¿Cuáles son las perspectivas teóricas referentes a las energías renovables en la agricultura sostenible en la base de datos de SCOPUS entre 2013-2023?

**P3** ¿Cuáles aspectos de sostenibilidad se pueden tener en cuenta en relación con las energías renovables en la agricultura sostenible?



# CAPITULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1.Tema

La sostenibilidad con enfoque en energía renovable en la agricultura, revisión sistemática de literatura en la base de SCOPUS entre los años 2013 y 2023

### 1.2. Planteamiento del problema

Es significativo reconocer la importancia de un enfoque sostenible en la producción agrícola para abordar los desafíos globales y promover un desarrollo equitativo y sostenible. Ya que la agricultura desempeña un papel fundamental para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas. En especial para el ODS 2, el cual hacen referencia a poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible en América Latina y el Caribe (Naciones unidas & Cepal, 2019a). Y el ODS 7 para garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos en América Latina y el Caribe (Naciones unidas & Cepal, 2019b).

Cabe destacar que el sector agrícola llega a ser un sustancial consumidor de energía, tanto en forma de electricidad como de combustibles fósiles, debido a los procesos de producción, riego, transporte y almacenamiento de alimentos. Según (Fao, 2002) el uso intensivo de energía en la agricultura plantea varios desafíos en términos de sostenibilidad ambiental, debido a la generación de emisiones de gases de efecto invernadero. Lo anterior surge debido a que la energía representa dos tercios de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y un 81% de la matriz energética global aún se basa en combustibles fósiles.(Naciones unidas & Cepal, 2019b)

En paralelo el mundo se vio afectado por la pandemia de COVID-19 la cual ha tenido un impacto significativo en la agricultura a nivel mundial Interrupción de la cadena de suministro, lo afectó la capacidad de los agricultores para acceder a insumos agrícolas, como semillas, fertilizantes y productos químicos, así como para transportar sus productos al mercado. Escasez de mano de obra ya que las medidas de distanciamiento social y los bloqueos impuestos durante la pandemia llevaron a la escasez de mano de obra agrícola. Lo anterior expuesto impulso la adopción de tecnología agrícolas, en consecuencia, los agricultores recurrieron a soluciones digitales, como aplicaciones móviles y plataformas en línea, para monitorear y gestionar sus cultivos, realizar ventas directas y acceder a información sobre precios y mercado (Aldaco et al., 2020).

Acorde con lo anterior, la adopción de energía renovable en la agricultura tiene beneficios significativos, que van desde la reducción de emisiones y la mitigación del cambio climático hasta la autonomía energética y el desarrollo rural. Promover la integración de tecnologías limpias en el

sector agrícola es fundamental para lograr una producción de alimentos sostenible y respetuosa con el medio ambiente en el futuro.

*Ilustración 1. Árbol de Problemas*



Fuente: Elaboración propia.

De todo lo anterior mencionado, surge la pregunta de **¿Cuál es el estado general de la literatura sobre la gestión de energías renovables en la agricultura sostenible, en la base de datos de SCOPUS?** Al llevar a cabo una búsqueda, se identificó que las recientes investigaciones demuestran que en términos generales la literatura ha abordado el tema de la sostenibilidad en el sector agrícola, sin embargo, no se evidencia que el tema haya sido abordado desde el punto de vista de energías renovables en la agricultura, por lo tanto es necesario llevar a cabo una revisión para analizar la información disponible, la cual nos permita establecer bases para abordar todas las disciplinas de manera integrada de cómo la energía renovable nos permite alcanzar sostenibilidad en el sector agrícola, así mismo poder generar nuevos cimientos para investigaciones futuras.

### 1.3. Justificación

La agricultura sostenible y el uso de energías renovables son temas de gran relevancia en la actualidad, debido a la necesidad de abordar los desafíos ambientales y garantizar la seguridad alimentaria a largo plazo. La combinación de estos dos campos ofrece un enfoque prometedor para lograr un sistema agrícola más equilibrado y respetuoso con el medio ambiente.

La adopción de prácticas agrícolas sostenibles, como la agricultura orgánica y regenerativa, ayuda a preservar la calidad del suelo, conservar el agua, reducir la erosión y minimizar el uso de agroquímicos. Al mismo tiempo, el uso de energías renovables en las operaciones agrícolas reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, mitigando así el cambio climático.

Así mismo el enfoque de las energías renovables busca fomentar la investigación, desarrollo e implementación de tecnologías más eficientes y económicamente viables para su aprovechamiento. Esto incluye avances en la captación y almacenamiento de energía, así como la integración de las energías renovables en las redes eléctricas existentes para garantizar un suministro constante y confiable de energía (Naciones unidas & Cepal, 2019b).

Sin embargo, existe la necesidad de recopilar y sintetizar la información existente sobre la relación entre la agricultura sostenible y las energías renovables, y cómo su integración puede impulsar la productividad agrícola y reducir los impactos negativos en el medio ambiente. Por lo tanto, una revisión de literatura en este tema es fundamental para proporcionar una base sólida de conocimiento y evidencia científica que respalde la implementación de prácticas agrícolas más sostenibles y el uso efectivo de las energías renovables en el sector agrícola.

Además, a través de una revisión exhaustiva de la literatura existente, se pueden identificar las mejores prácticas, tecnologías y enfoques utilizados en diferentes regiones del mundo, así como evaluar su viabilidad y aplicabilidad en diferentes contextos agrícolas. Esto permitirá a los agricultores, investigadores, formuladores de políticas y otras partes interesadas comprender mejor las oportunidades y desafíos asociados con la adopción de la agricultura sostenible y el uso de energías renovables, y tomar decisiones informadas en su implementación.

Es decir, que al momento de realizar una revisión de literatura existente en la base de datos de SCOPUS entre 2013 - 2023, se evidencia que no existe una previa revisión de literatura referente al tema de energías renovables en la agricultura sostenible, por tal razón se requiere llevar a cabo esta revisión sistemática de literatura para llenar este vacío, proporcionando una base sólida y actualizada que permita avanzar en la implementación efectiva de energías renovables en el sector agrícola, promoviendo así la sostenibilidad y la mitigación del impacto ambiental negativo asociado con las practicas convencionales en la agricultura.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Analizar el estado general de la literatura en la base de datos de SCOPUS entre 2013-2023 alrededor de la sostenibilidad con energía renovable en la agricultura.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las estructuras o referentes teóricos alrededor de la sostenibilidad de la energía renovable en la agricultura entre 2013-2023.
- Catalogar la revisión sistémica con criterios de inclusión y exclusión para realizar la respectiva investigación.

- Identificar que aspectos de sostenibilidad se pueden tener en cuenta en relación con las energías renovables en la agricultura sostenible.

## CAPÍTULO II

### MARCO DE REFERENCIA

#### 2.1. Marco histórico

La agricultura ancestral a lo largo de la historia de la humanidad se caracterizó por su sostenibilidad implícita. En este período, las prácticas agrícolas se ajustaban a las particularidades de cada región, empleando estrategias como la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos y métodos de preservación del suelo para preservar su fertilidad (Moya José, 1994).

En el período que abarca el final del siglo XVIII y el comienzo del XIX, la Revolución Agrícola marcó un momento de transformación importante en la agricultura al incorporar innovaciones como la maquinaria agrícola y la aplicación de fertilizantes químicos. A pesar de que estos avances generaron un aumento en la productividad, también conllevaron problemas relacionados con la degradación del suelo y la disminución de la diversidad biológica (Barrera Arturo, 2011).

En la segunda mitad del siglo XX, se originó el movimiento de agricultura orgánica como una reacción a los desafíos derivados del uso de productos químicos en la agricultura. En este contexto, los agricultores comenzaron a abrazar enfoques que reducían al mínimo la utilización de pesticidas y fertilizantes sintéticos, enfocándose en el cultivo de alimentos de manera más holística y natural (Gómez Asistente et al., 2012).

Durante las décadas finales del siglo XX, emergió la Agricultura de Conservación como un enfoque que se orienta hacia la disminución de la erosión del suelo, la mejora de la retención de agua y la minimización de la alteración del terreno. En este contexto, se fomentaron técnicas tales como la siembra directa, el uso de cubiertas vegetales y la rotación de cultivos (González et al., 2015).

A medida que la conciencia ambiental se expandía, la agricultura ecológica emergió como un enfoque significativo que se sustenta en principios de sustentabilidad. Esta práctica se caracteriza por la aplicación de métodos naturales, la eliminación de productos químicos sintéticos y la promoción de la diversidad biológica en los terrenos de cultivo (Ruiz et al., 2017).

En los últimos diez años, la agricultura de precisión ha experimentado un crecimiento significativo impulsado por avances tecnológicos. Los agricultores emplean información geoespacial y datos para mejorar la administración de sus cultivos, lo que conlleva a una reducción en el uso ineficiente de recursos y un incremento en la eficacia de sus operaciones agrícolas (Ragazou et al., 2022).

En la actualidad, la agricultura regenerativa representa una tendencia en crecimiento que no solo se enfoca en la mitigación de los efectos adversos sobre el entorno, sino que también se concentra en revitalizar y potenciar la vitalidad de los suelos y los ecosistemas. Este enfoque engloba técnicas

tales como la agroforestería, la incorporación de animales en las operaciones agrícolas y la gestión responsable de los recursos naturales (Da Silva et al., 2023).

Las fuentes de energía renovable, como la solar, eólica, biomasa, biogás, etc., han experimentado un desarrollo histórico significativo a lo largo de los años, impulsado por la creciente conciencia ambiental y la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

La energía solar ha sido utilizada por la humanidad desde tiempos remotos, pero su auténtico auge se produjo a partir de la década de 1950 con el desarrollo de células fotovoltaicas altamente eficientes. En las décadas siguientes, se experimentó una continua evolución en la tecnología solar, con una disminución de los costos y un incremento en su capacidad de generación. El siglo XXI ha presenciado un crecimiento acelerado de la energía solar, impulsado por políticas de incentivos y la expansión de la infraestructura, consolidándola como una fuente de energía de creciente relevancia a nivel global (Machado & Miranda, 2015).

La energía eólica se origina en los molinos de viento tradicionales que se empleaban para moler granos y bombear agua. Con el avance de la tecnología, surgieron los modernos aerogeneradores en la década de 1970, marcando el inicio de un crecimiento constante de la energía eólica, especialmente en naciones con condiciones propicias. Las turbinas eólicas de gran envergadura y la capacidad de generar electricidad a gran escala han transformado radicalmente la industria energética, desempeñando un papel crucial en la transición hacia fuentes de energía renovable (Badii et al., 2015).

El empleo de biomasa como fuente de energía tiene una historia que se remonta a miles de años atrás, cuando la humanidad utilizaba la madera como recurso para cocinar y calefaccionar. No obstante, la biomasa actual ha experimentado una evolución considerable, ampliando su alcance para abarcar una diversidad de materiales orgánicos, como desechos agrícolas y forestales, así como cultivos específicamente destinados a la producción de energía. Con el avance en tecnologías más eficaces para convertir la biomasa en energía, como la generación de biogás y la fabricación de biocombustibles, esta fuente de energía ha adquirido un rol creciente como una alternativa sostenible frente a los combustibles fósiles (Leyva & Martínez, 2014).

El biogás, una fuente de energía renovable, se origina a partir de la descomposición de materia orgánica en ambientes carentes de oxígeno. Aunque su uso tiene sus orígenes en el pasado, especialmente en la producción de gas de alcantarillado, no fue sino hasta la década de 1970 cuando comenzó a tomar fuerza como una fuente de energía con fines comerciales. En la actualidad, el biogás se emplea en diversas aplicaciones que abarcan desde la generación de electricidad hasta la calefacción de edificios y su uso como combustible para vehículos. Su crecimiento en la matriz energética ha sido impulsado por avances tecnológicos y una creciente conciencia ambiental (Becerra, 2020).

En síntesis, a lo largo de la historia, las fuentes de energía renovable han experimentado un desarrollo continuo, motivado por los avances tecnológicos y la creciente urgencia de enfrentar los retos ambientales y energéticos del mundo contemporáneo. Estas fuentes energéticas desempeñan un papel esencial en el proceso de transición hacia un futuro más sustentable y libre de contaminantes, contribuyendo significativamente a la búsqueda de soluciones para los desafíos globales en materia de energía y medio ambiente.

## **2.2. Marco teórico**

Para (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura., 2021) el concepto de agricultura es “cultivo de plantas y la cría de animales para uso humano. Incluye la producción de cultivos, la ganadería, la silvicultura y la pesca”. En otras palabras, la agricultura es el conjunto de actividades y técnicas que involucran el cultivo de plantas y la cría de animales con el propósito de obtener alimentos, fibras, medicamentos y otros productos utilizados por el ser humano. Es una actividad fundamental para la alimentación y el sustento de las sociedades, y ha evolucionado a lo largo de la historia con el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas.

En relación con el termino sostenibilidad la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas (1987) en su informe "Nuestro futuro común" (conocido como Informe Brundtland) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define la sostenibilidad como la capacidad de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Implica un enfoque equilibrado que busca integrar aspectos ambientales, sociales y económicos en la toma de decisiones a largo plazo (Commission on Environment, n.d.)(Fao, 2018).

Es aquí donde entra en relación el termino de energías renovables, quien según la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), las energías renovables se refieren a fuentes de energía que se obtienen de fuentes naturales que son virtualmente inagotables y se regeneran de manera continua. Estas fuentes de energía son consideradas sostenibles, ya que no agotan los recursos naturales y generan un impacto ambiental reducido en comparación con las fuentes de energía convencionales (Energy Agency, 2020).

En relación con lo mencionado nos encontramos con el termino agricultura sostenible, la cual se refiere a un enfoque de producción agrícola que busca equilibrar la necesidad de satisfacer las demandas actuales de alimentos y recursos agrícolas con la conservación y preservación de los recursos naturales para las generaciones futuras. Se basa en prácticas y sistemas que son socialmente justos, económicamente viables y ambientalmente responsables (Organización de las Naciones Unidas, 2018).

La norma ISO 26000 proporciona orientación sobre la responsabilidad social de las organizaciones y destaca la importancia de la debida diligencia en relación con los impactos en el sector agrícola.

La debida diligencia hace referencia al proceso sistemático y continuo de identificar, prevenir, mitigar y rendir cuentas sobre los impactos negativos en los derechos humanos, el medio ambiente y otros aspectos sociales.

En el sector agrícola, la debida diligencia implica que las organizaciones deben realizar una evaluación exhaustiva de los impactos de sus actividades en los derechos humanos, el trabajo, el medio ambiente, la salud y la seguridad, la seguridad alimentaria y otros aspectos relevantes como, los derechos humanos, en la cual se habla de cómo las organizaciones deben asegurarse de que sus actividades agrícolas no violen los derechos humanos, como el derecho a un nivel adecuado de vida, el derecho a la alimentación, el derecho al agua y otros derechos fundamentales. Esto implica garantizar condiciones laborales justas y seguras para los trabajadores agrícolas, respetar los derechos de las comunidades locales y abordar los posibles impactos negativos en los derechos humanos.

En referencia al medio ambiente la debida diligencia en el sector agrícola implica evaluar y minimizar los impactos ambientales de las actividades agrícolas, como la deforestación, la degradación del suelo, el uso ineficiente de agua, la contaminación química y la pérdida de biodiversidad. Las organizaciones deben tomar medidas para promover prácticas agrícolas sostenibles, conservar los recursos naturales y minimizar la contaminación (ISO 26000, 2010).

### **2.3. Marco geográfico**

En esta revisión de literatura, se consultaron diversas fuentes bibliográficas, tanto de autores nacionales como internacionales. Entre estos autores, se destacan contribuciones provenientes de una variedad de países, incluyendo Italia, Estados Unidos, Reino Unido, India, China, Alemania, Francia, España, Australia y Brasil. Estas múltiples perspectivas geográficas proporcionan una amplia gama de enfoques y conocimientos que enriquecen el análisis de la temática en cuestión.

### **2.4. Marco legal**

ISO 26000:2010: Es un estándar internacional que se enfoca en la responsabilidad social de las organizaciones. Fue publicada en 2010 por la Organización Internacional de Normalización (ISO). Descansa en el principio de responsabilidad social, que conlleva que las entidades deben funcionar de una forma que genere beneficios no solo para sus accionistas y clientes, sino también para la sociedad en su totalidad. La normativa ofrece pautas sobre la incorporación de la responsabilidad social en las decisiones y procedimientos empresariales, teniendo en cuenta aspectos económicos, sociales y medioambientales (ISO 26000, 2010).



Protocolo de Kioto: En un inicio, fue adoptado en Kioto, Japón, el 11 de diciembre de 1997, pero no se aplicó hasta 2005. Posteriormente, durante la decimoctava Conferencia de las Partes sobre cambio climático (COP18), se ratificó la extensión del Protocolo de Kioto, abarcando desde enero de 2013 hasta diciembre de 2020. Este acuerdo establece compromisos obligatorios para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, los cuales son específicos para cada país y se fundamentan en su capacidad económica y su historial de emisiones pasadas. Además de estos compromisos, el Protocolo de Kioto fomenta la utilización de mecanismos de desarrollo limpio (MDL) y la implementación conjunta (IC), que posibilitan que los países industrializados inviertan en proyectos de reducción de emisiones en naciones en desarrollo, como una forma de compensación por sus propias emisiones (Palafox & Haydee, 2019).

El acuerdo de París: Fue adoptado en 2015 bajo el amparo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, tiene como propósito fundamental la mitigación del cambio climático al limitar el aumento de la temperatura global a menos de 2 grados Celsius por encima de los niveles preindustriales, con un esfuerzo adicional para mantenerlo por debajo de 1.5 grados Celsius. Para alcanzar este objetivo, los países que lo han firmado se comprometen a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, fortalecer su capacidad de adaptación al cambio climático y brindar respaldo financiero y tecnológico a las naciones en desarrollo. Este acuerdo internacional representa un hito significativo en los esfuerzos globales por combatir el cambio climático y busca preservar el entorno natural y promover un desarrollo sostenible a nivel mundial (Franchini & Evangelista Mauad, 2022).

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO METODOLÓGICO**

El estudio se fundamenta en la recopilación de datos provenientes de fuentes cuaternarias, que posteriormente serán analizados. Además, se lleva a cabo una revisión bibliográfica, que tiene como objetivo sintetizar y consolidar la información previamente publicada sobre cualquier temática. (Matrinovich Viviana, 2022)

Siguiendo la información proporcionada anteriormente, en esta revisión de literatura optará por una metodología de enfoque cuantitativo y cualitativo. En este proceso, se llevará a cabo una revisión exhaustiva utilizando técnicas y herramientas de análisis bibliométrico. Esto permitirá un examen riguroso y cuantitativo de las tendencias y patrones presentes en la literatura, Al mismo tiempo, se llevará a cabo un análisis cualitativo del contenido relacionado con el tema de estudio.

Empleamos la metodología seleccionada para el análisis de la literatura debido a que facilita realizar revisiones sistemáticas de manera clara y transparente. Para el análisis de la información se empleó el uso de la declaración PRISMA, donde inicialmente se realizó una búsqueda en la base de datos de SCOPUS en julio de 2023, en la cual el punto de partida fue el análisis de datos en relación con fuentes de energía renovables en la agricultura con enfoque en la sostenibilidad.

En la búsqueda computarizada se empleó en el uso de palabras claves usando la función “título, resumen y palabras claves”.

El primer criterio para la investigación fue usar los criterios para la selección de estudio en SCOPUS, la cual fue:

- TITLE-ABS-KEY (“renewable energy” AND “farming” AND “sustainability”).

Con este criterio se encontraron 225 documentos publicados, los cuales posteriormente se empezaron a filtrar, siendo el primer criterio de exclusión publicaciones en el periodo que comprende los años 2013 a 2023, siendo este el momento en el que surgió un mayor interés en la conservación de los recursos naturales, impulsando así un período de crecimiento en la conciencia sobre el ahorro de dichos recursos como el agua, tierra y energía. Con esta exclusión se encontraron 183 documentos publicados.

El segundo criterio que delimitó la búsqueda fueron los documentos que eran de libre acceso, de este criterio quedaron 85 documentos. El tercer criterio de filtración fueron las palabras claves encontradas dentro de las publicaciones como Sostenibilidad, energía renovable, desarrollo sostenible, agricultura, energía alterativa, eficiencia energética, energía solar, agricultura sostenible, energía verde. Como resultado quedaron un total de 70 documentos publicados.

Y ya por último el tercer criterio fue analizar los 70 artículos detallando los resúmenes y sus principales características en relación con la energía renovable en la agricultura, por lo que los artículos que se desviaron del tema se excluyeron, quedando un total de 23 artículos a ser analizados que cumplían con los lineamientos estipulados de búsqueda, que incluyen título, resumen, año de publicación, entre otros.

La tabla 1, documentos analizados, refleja que el proceso de búsqueda de estos documentos comenzó con una revisión preliminar de la literatura en la base de datos de Scopus. Durante esta revisión, se examinaron los títulos y resúmenes de los documentos, seleccionando aquellos que abordaran temas relacionados con la agricultura, la energía renovable y la sostenibilidad.

*Tabla 1. Documentos analizados*

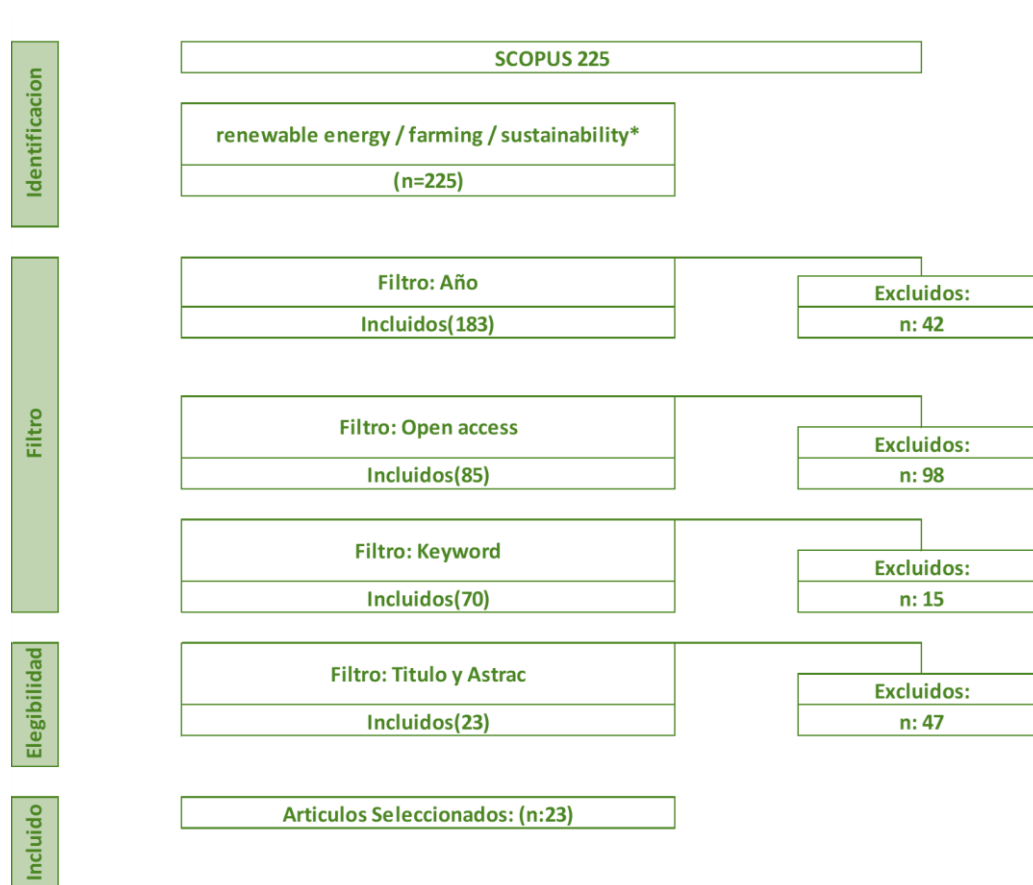
<b>METODOLOGIA PARA SELECCIÓN DE DOCUMENTOS ANALIZADOS</b>					
<b>Item</b>	<b>Authors</b>	<b>Title</b>	<b>Year</b>	<b>Source title</b>	<b>Cited by</b>
1	Moustafa K.	Toward Future Photovoltaic-Based Agriculture in Sea	2016	Trends in Biotechnology	16
2	Shatar N.M.; Rahman M.A.A.; Muhtazaruddin M.N.; Salim S.A.Z.S.; Singh B.; Muhammad-Sukki F.; Bani N.A.; Saudi A.S.M.; Ardila-Rey J.A.	Performance evaluation of unconcentrated photovoltaic-thermoelectric generator hybrid system under tropical climate	2019	Sustainability (Switzerland)	12
3	Pringle A.M.; Handler R.M.; Pearce J.M.	Aquavoltaics: Synergies for dual use of water area for solar photovoltaic electricity generation and aquaculture	2017	Renewable and Sustainable Energy Reviews	101
4	De Muner L.H.; Masera O.; Fornazier M.J.; De Souza C.V.; De Loreto M.D.D.S.	Energetic sustainability of three arabica coffee growing systems used by family farming units in Espírito Santo state	2015	Engenharia Agricola	12
5	Monforti F.; Lugato E.; Motola V.; Bodis K.; Scarlat N.; Dallemand J.-F.	Optimal energy use of agricultural crop residues preserving soil organic carbon stocks in Europe	2015	Renewable and Sustainable Energy Reviews	81
6	Tien N.N.; Matsuhashi R.; Chau V.T.T.B.	A sustainable energy model for shrimp farms in the Mekong delta	2019	Energy Procedia	20
7	Abdelzaher M.A.; Farahat E.M.; Abdel-Ghafar H.M.; Balboul B.A.A.; Awad M.M.	Environmental Policy to Develop a Conceptual Design for the Water–Energy–Food Nexus: A Case Study in Wadi-Dara on the Red Sea Coast, Egypt	2023	Water (Switzerland)	2
8	Cowan N.; Ferrier L.; Spears B.; Drewer J.; Reay D.; Skiba U.	CEA Systems: the Means to Achieve Future Food Security and Environmental Sustainability?	2022	Frontiers in Sustainable Food Systems	5

9	Provolo G.; Mattachini G.; Finzi A.; Cattaneo M.; Guido V.; Riva E.	Global warming and acidification potential assessment of a collective manure management system for bioenergy production and nitrogen removal in Northern Italy	2018	Sustainability (Switzerland)	15
10	Kaufmann T.	Sustainable livestock production: Low emission farm – The innovative combination of nutrient, emission and waste management with special emphasis on Chinese pig production	2015	Animal Nutrition	25
11	Ghobadpour A.; Monsalve G.; Cardenas A.; Mousazadeh H.	Off-Road Electric Vehicles and Autonomous Robots in Agricultural Sector: Trends, Challenges, and Opportunities	2022	Vehicles	17
12	Ragazou K.; Garefalakis A.; Zafeiriou E.; Passas I.	Agriculture 5.0: A New Strategic Management Mode for a Cut Cost and an Energy Efficient Agriculture Sector	2022	Energies	11
13	Torquati B.; Venanzi S.; Ciani A.; Diotallevi F.; Tamburi V.	Environmental sustainability and economic benefits of dairy farm biogas energy production: A case study in Umbria	2014	Sustainability (Switzerland)	43
14	Röder M.; Jamieson C.; Thornley P.	(Stop) burning for biogas. Enabling positive sustainability trade-offs with business models for biogas from rice straw	2020	Biomass and Bioenergy	10
15	Stiles W.A.V.; Styles D.; Chapman S.P.; Esteves S.; Bywater A.; Melville L.; Silkina A.; Lupatsch I.; Fuentes Grünewald C.; Lovitt R.; Chaloner T.; Bull A.; Morris C.; Llewellyn C.A.	Using microalgae in the circular economy to valorise anaerobic digestate: challenges and opportunities	2018	Bioresource Technology	132
16	Pierie F.; Benders R.M.J.; Bekkering J.; van Gemert W.; Moll H.C.	Lessons from spatial and environmental assessment of energy potentials for Anaerobic Digestion production systems applied to the Netherlands	2016	Applied Energy	14
17	Wang L.; Mehmood U.; Agyekum E.B.; Uhumamure S.E.; Shale K.	Associating Renewable Energy, Globalization, Agriculture, and Ecological Footprints: Implications for Sustainable Environment in South Asian Countries	2022	International Journal of Environmental Research and Public Health	4
18	Kim Y.; Zhang Q.	Economic and environmental life cycle assessments of solar water heaters applied to aquaculture in the US	2018	Aquaculture	13

19	Peltola P.; Ruottu L.; Larkimo M.; Laasonen A.; Myöhänen K.	A novel dual circulating fluidized bed technology for thermal treatment of municipal sewage sludge with recovery of nutrients and energy	2023	Waste Management	2
20	Lamidi R.O.; Jiang L.; Pathare P.B.; Wang Y.D.; Roskilly A.P.	Recent advances in sustainable drying of agricultural produce: A review	2019	Applied Energy	123
21	Vatistas C.; Avgoustaki D.D.; Bartzanas T.	A Systematic Literature Review on Controlled-Environment Agriculture: How Vertical Farms and Greenhouses Can Influence the Sustainability and Footprint of Urban Microclimate with Local Food Production	2022	Atmosphere	6
22	Heng D.L.K.	Bio Gas Plant Green Energy from Poultry Wastes in Singapore	2017	Energy Procedia	8
23	Jamil U.; Pearce J.M.	Energy Policy for Agrivoltaics in Alberta Canada	2023	Energies	2

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2. Diagrama de flujo PRISMA para la selección y extracción de datos.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Ilustración 2, que corresponde al Diagrama de flujo PRISMA utilizado para la selección y extracción de datos, todos los artículos y documentos analizados están comprendidos dentro del período temporal que abarca desde 2013 hasta 2023. Esto se debe a que esta franja temporal representa la información más actual disponible en los últimos años a nivel mundial.

### **Limitaciones metodológicas**

Como una restricción metodológica, la revisión de literatura se llevó a cabo exclusivamente a través de la herramienta SCOPUS, ya que se encontró suficiente información para realizar una revisión inicial descriptiva del alcance del trabajo.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1.1. Determinar las estructuras o referentes teóricos alrededor de la sostenibilidad de la energía renovable en la agricultura entre 2013-2023.

Se ha notado un creciente interés entre los autores y países de todo el mundo en torno a la sostenibilidad agrícola y el concepto de energía renovable. Con el transcurso del tiempo, también se ha observado un aumento en la cantidad de documentos que abordan específicamente la relación entre estos temas. En la tabla 2 se presentan las 8 principales revistas de 156 revistas encontradas, en las cuales se evidencio publicaciones previas. Los parámetros que se consideraron fueron revista que fueran de Open Access con relación a los temas de energías renovables, sostenibilidad, medio ambiente y ciencias agrícolas, numero de publicaciones que tuvieron, las veces que fueron citados y el factor de impacto. Obteniendo como resultado que el International Journal of Sustainable Energy Planning and Management tiene 146 publicaciones y 99 citas con un factor de impacto de 7.3, la revista Green Energy and Environment tiene 293 publicaciones y 97 citas con un factor de impacto de 13.5, la revista Energy and Built Environment tiene 120 publicaciones y 96 citas con un factor de impacto de 12.4, el Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment tiene 195 publicaciones y 96 citas con un factor de impacto de 4.6, el Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences tiene 264 publicaciones y 91 citas con un factor de impacto de 10.5, la revista GCB Bioenergy tiene 363 publicaciones 90 citas y un factor de impacto de 10, la revista Materials Science for Energy Technologies tiene 218 publicaciones y 90 citas con un factor de impacto de 17.7 y por ultimo encontramos el Journal of Cleaner Production tiene 548 documentos y 89 citas con un factor de impacto de 18.5.

Con la información recopilada se observa que el Journal of Cleaner Production con 548 publicaciones es la revista con mayor factor de impacto de las 8 revistas seleccionadas.

*Tabla 2. Revistas más populares por número de publicaciones.*

REVISTA	No DE PUBLICACIONES	CITACIONES	FACTOR DE IMPACTO (2023)
International Journal of Sustainable Energy Planning and Management	146	99	7.3
Green Energy and Environment	293	97	13.5
Energy and Built Environment	120	96	12.4

Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment	195	96	4.6
Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences	264	91	10.5
GCB Bioenergy	363	90	10
Materials Science for Energy Technologies	218	90	17.7
Journal of Cleaner Production	548	89	18.5

Fuente: Scopus - Document search results.

La reciente investigación hecha en el campo de la energía renovable aplicado en la agricultura ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, por lo cual es importante conocer lo que se está haciendo en referencia a la combinación de tecnologías de energía limpia con prácticas agrícolas sostenibles para abordar los desafíos ambientales y energéticos que enfrenta la industria agrícola. Por tal motivo es necesario realizar una revisión exhaustiva del conocimiento existente, incluyendo autores destacados, temas de punta actuales y emergentes, con el fin de identificar los posibles vacíos de conocimiento que se estará recopilando.

*Ilustración 3. Documentos por año.*



Fuente: Análisis base de datos de SCOPUS.



La ilustración 3 muestra claramente que ha habido un incremento en la cantidad de literatura que trata sobre la sostenibilidad de las fuentes de energía renovable en el ámbito agrícola a partir del año 2000 que es el año donde fueron adoptados los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y tenían una fecha de cumplimiento hasta 2015. A partir de 2012, con la proximidad del cumplimiento de los ODM vuelve a ver un incremento en la cantidad de publicaciones realizadas en este tema, más tarde en el 2015 se da inicio a la Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, en la cual se adoptaron oficialmente los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), por este motivo a partir de esta fecha se observa un incremento mayor de los documentos relacionados con la sostenibilidad de las fuentes de energía renovable en el ámbito agrícola. Y ya por último se observa un pico descendente, que comprende al año 2020, en la cantidad de artículos publicados en la base de datos de SCOPUS, esto debido a que en este año la Organización Mundial de la Salud (OMS) declarada oficialmente el inicio a la pandemia por el virus SARS-Cov-2. Los años posteriores a la pandemia se evidencia que la literatura en relación con la sostenibilidad de las fuentes de energía renovable en el ámbito agrícola ha seguido surgiendo esto como respuesta a enfrentar los impactos significativos que dejó la pandemia de COVID-19 en el sector agrícola (Fernandez, 2020).

En relación con lo anterior mencionado se hace necesario realizar un mapeo sistemático el cual nos permite identificar y recopilar de manera exhaustiva toda la literatura científica y técnica disponible sobre el tema específico, lo que proporciona una visión global de los avances, hallazgos y lagunas en la investigación relacionada con la sostenibilidad de las fuentes de energía renovable en la agricultura. Razón por la cual se realiza un análisis prospectivo que incluye 225 documentos relevantes encontrados en la base de datos de SCOPUS.

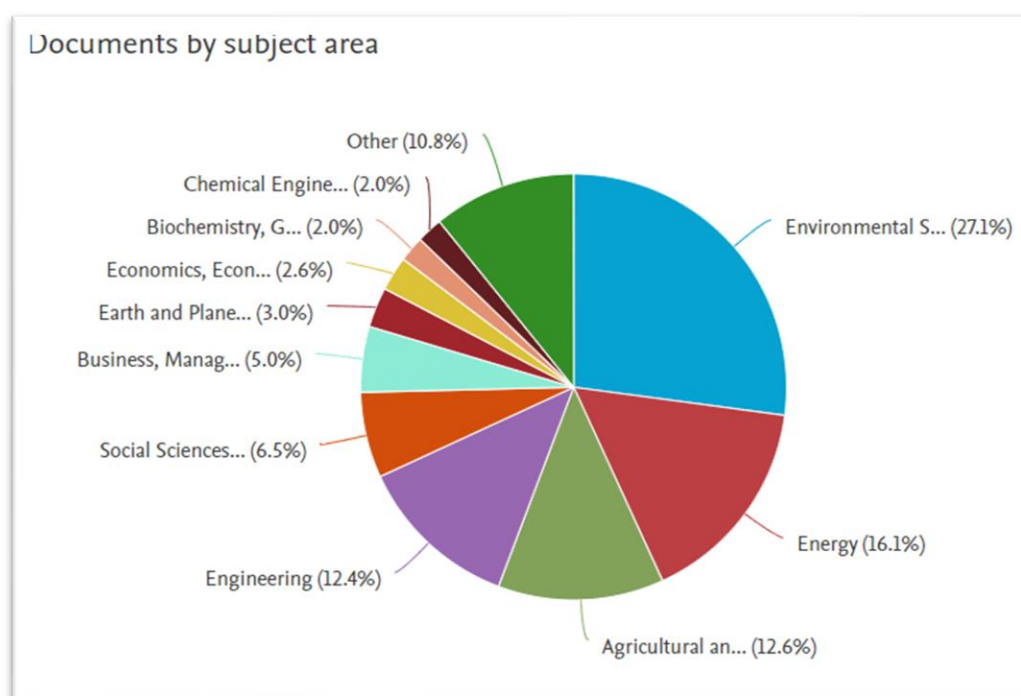
#### **4.1.2. Catalogar la revisión sistémica con criterios de inclusión y exclusión para realizar la respectiva investigación.**

En la ilustración 4, se muestra la distribución de publicaciones sobre el tema de sostenibilidad de fuentes de energía renovable en la agricultura, según el país de origen. Se identificó un total de 58 países que abordan este tema a través de documentos. A continuación, se enumeran los diez países con la mayor cantidad de publicaciones sobre este tema, en primer lugar, se encuentra Italia con (30) publicaciones, en segundo lugar, Estados Unidos con (26) publicaciones, en tercer lugar, Reino Unido con (23) publicaciones, en cuarto lugar India con (22) publicaciones, en quinto lugar, China con (21) publicaciones, en sexto lugar, Alemania con (14) publicaciones, en séptimo lugar, Francia con (10) publicaciones, en octavo lugar, España con (10) publicaciones, en noveno lugar, Australia con (9) publicaciones y por último en el décimo lugar, Brasil con (9) publicaciones.



Al mismo tiempo se llevó a cabo una evaluación y medición por área temática de los documentos que tratan sobre energías renovables en la agricultura y sostenibilidad, en la cual se referencian 11 áreas en la ilustración 6 en la cual la mayoría de los documentos se relacionan con las área de, ciencia medioambiental (27.1%), energía (16.1%), ciencias agrícolas y biológicas (12.6%), ingeniería (12.4%), ciencias sociales (6.5%), negocios, gestión y contabilidad (5.0%), ciencias de la tierra y planetarias (3.0%), economía, econometría y finanzas (2.6%), bioquímica, genética y biología molecular (2.0%), ingeniería química (2.0%), otros áreas temáticas (10.8%). Estas áreas representan los temas abordados en los documentos sobre energías renovables en la agricultura y sostenibilidad. Resulta interesante notar que la sostenibilidad no figura entre las más relevantes.

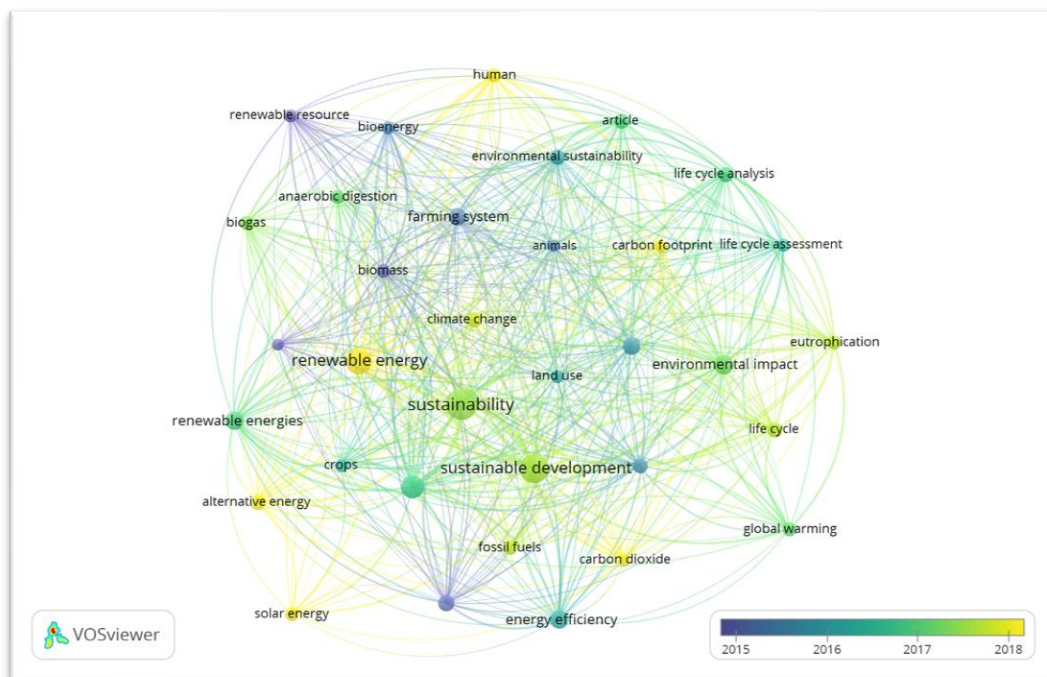
*Ilustración 6. Documentos por área temática.*



Elaboración: Análisis base de datos de SCOPUS.

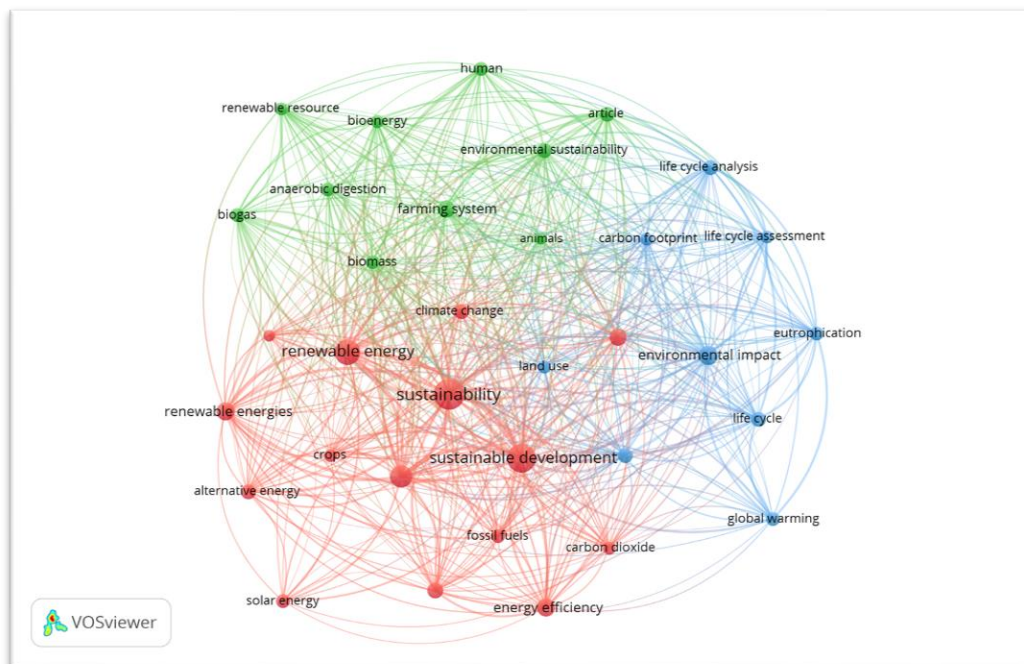
Al llevar a cabo el análisis metodológico de la literatura relacionada con fuentes de energía renovables sostenibles, resulta crucial considerar las palabras clave que están interconectadas en todos los documentos sujetos a la búsqueda. En este sentido, en la siguiente ilustración 7, se presentarán las palabras clave con mayor frecuencia de aparición, las cuales fueron identificadas a través de un análisis de coocurrencia. Para este análisis, se inició con un conjunto de 2292 palabras y se estableció un umbral mínimo de 15 coincidencias. Esto resultó en un total de 34 palabras clave identificadas. En la siguiente ilustración, se destacan aquellas palabras clave que muestran el mayor número de coincidencias.

*Ilustración 7. Palabras claves con mayores coincidencias.*



Fuente: Elaboración en VOSviewer a partir de los datos de SCOPUS.

*Ilustración 8. Estudio bibliométrico.*

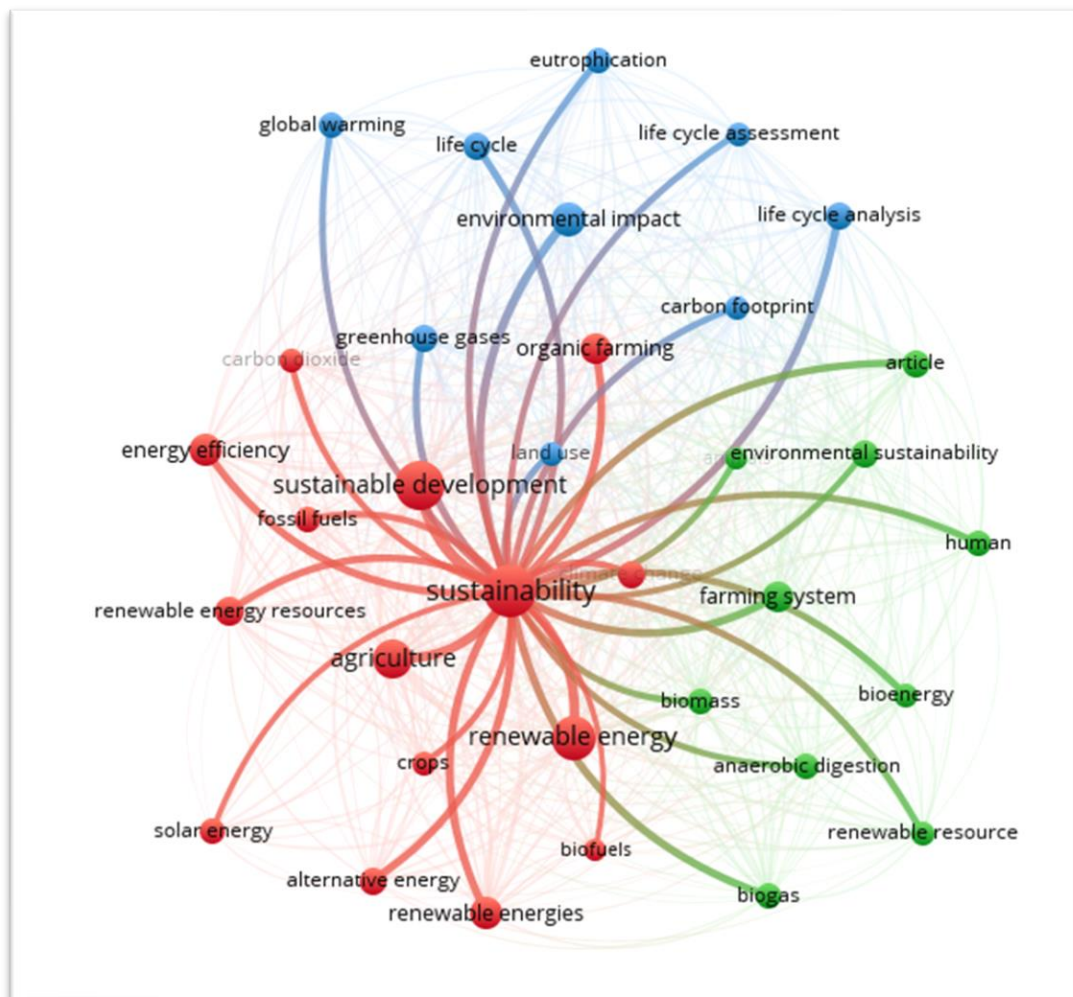


Fuente: Elaboración propia en VOSviewer a partir de los datos de SCOPUS.

De acuerdo con el estudio científico, se han identificado tres grupos distintos, cada uno representado por un color diferente, como se muestra en la Ilustración 8. A partir de esta información, se concluye que el tema se divide en tres campos de conocimiento diferentes.

Para obtener una comprensión más completa de cada grupo, se selecciona un elemento representativo de cada clúster que contenga la máxima cantidad de información posible sobre él. Con este enfoque, se busca establecer las relaciones existentes entre estos elementos.

*Ilustración 9. Clúster #1*

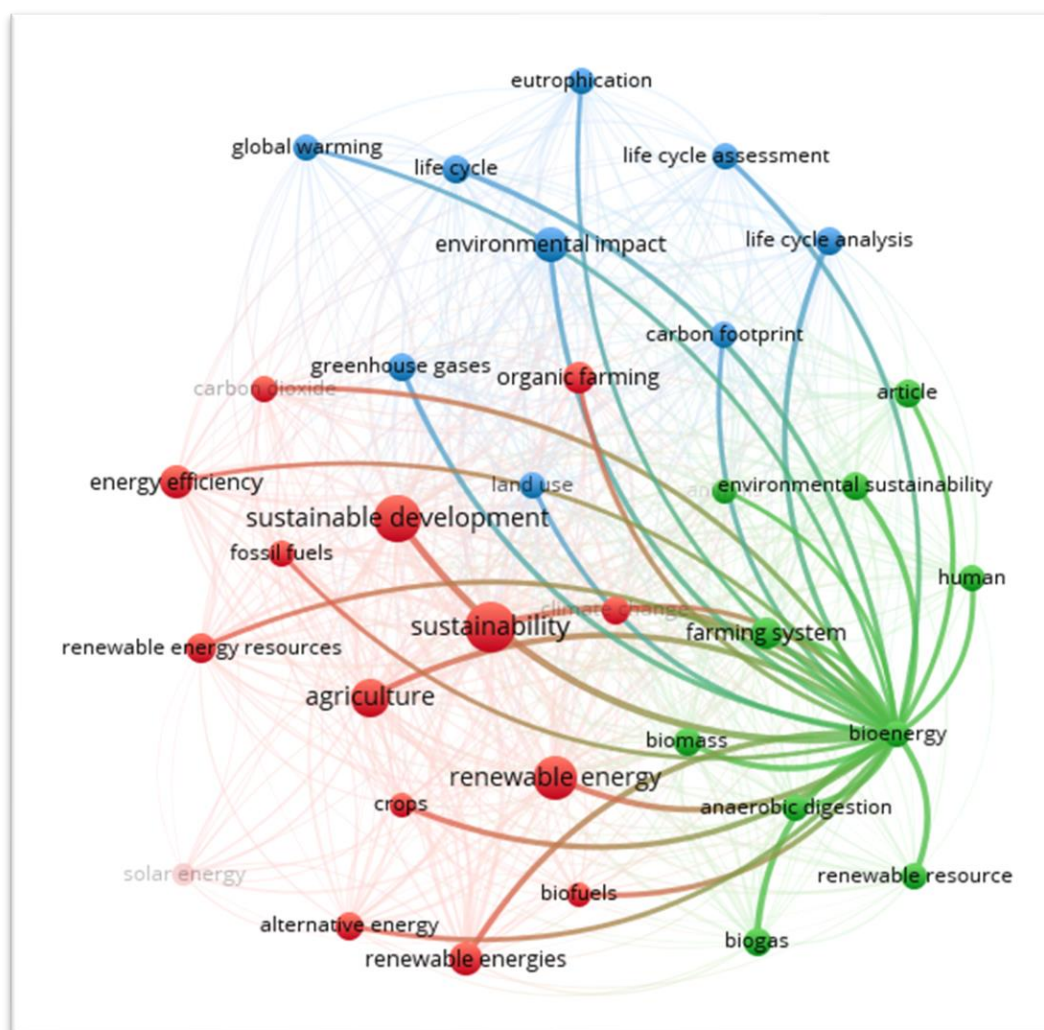


Fuente: Elaboración propia en VOSviewer a partir de los datos de SCOPUS.

El clúster No 1, como se evidencia en la ilustración 9, está representado por el color rojo y se evidencia una relación entre áreas de estudio y temáticas como la agricultura, las energías renovables, la eficiencia energética, el desarrollo sostenible y los biocombustibles. Este clúster es de suma importancia en el contexto actual de crecimiento poblacional, cambio climático y

agotamiento de recursos naturales. Estas áreas están estrechamente vinculadas y su colaboración puede tener un impacto significativo en la construcción de un futuro más sostenible y equitativo. Y una razón para la importancia de su relación es que la agricultura es vital para la producción de alimentos, pero también puede desempeñar un papel en la producción de biocombustibles a partir de cultivos como el maíz, la caña de azúcar y los aceites vegetales. Esto puede contribuir a la diversificación de las fuentes de energía y a la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles, lo que a su vez mejora la seguridad alimentaria y energética.

*Ilustración 10. Clúster #2*

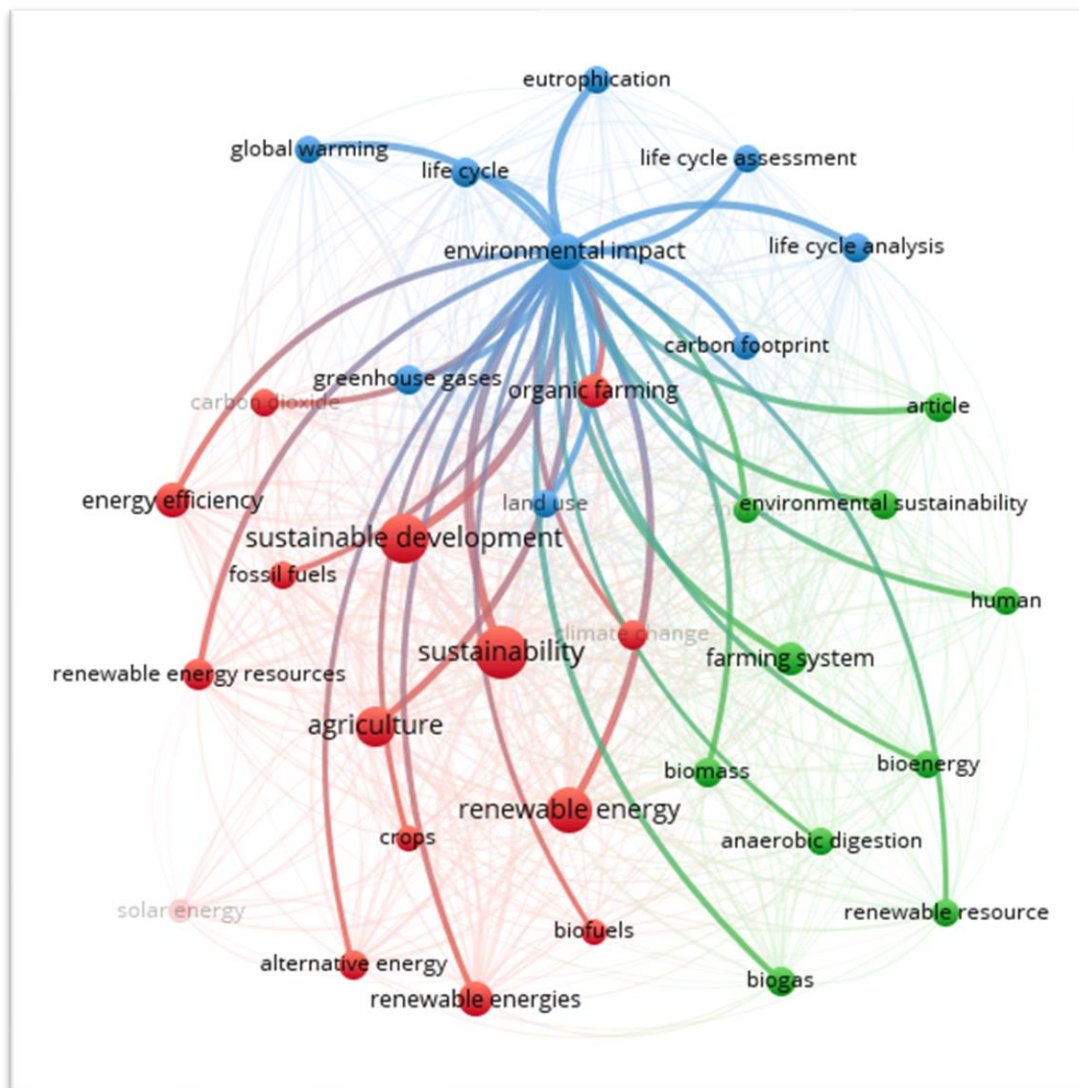


Fuente: Elaboración propia en VOSviewer a partir de los datos de SCOPUS.

En la ilustración 10, se puede observar el clúster No 2 resaltado por el color verde, en este clúster se ve la importancia de integrar temáticas como sostenibilidad del medio ambiente, bioenergía, biogás, biomasa y recursos renovables, ya que la sostenibilidad del medio ambiente implica utilizar

los recursos de manera responsable para garantizar su disponibilidad para las generaciones futuras. Al relacionar estas temáticas, se promueve el uso de fuentes de energía y recursos que tienen un menor impacto ambiental, reduciendo la contaminación y la degradación del entorno. La adopción de bioenergía, biogás y biomasa como fuentes renovables puede disminuir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que su producción y uso generalmente generan menos o ninguna emisión neta de dióxido de carbono y de igual forma contribuye a diversificar la matriz energética, lo que aumenta la seguridad energética y reduce la dependencia de fuentes no renovables.

*Ilustración 11 Clúster #3*



Fuente: Elaboración propia en VOSviewer a partir de los datos de SCOPUS.

En la ilustración 11, se aprecia el clúster No 3 de color azul, en el cual se abordan temas como impacto medioambiental, uso del suelo, gases de efecto invernadero, calentamiento global, análisis del ciclo de vida, huella de carbono y agricultura. Todas las temáticas que se mencionan en este clúster están intrínsecamente relacionadas y son de gran importancia en el contexto de la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente.

La agricultura es un sector que tiene un impacto significativo en el medio ambiente, desde el uso de recursos naturales como agua y suelo hasta la emisión de gases de efecto invernadero. El análisis del ciclo de vida considera el impacto ambiental completo de un producto o proceso, desde la obtención de materias primas hasta la disposición final. Al integrar la agricultura en el análisis del ciclo de vida, se puede evaluar de manera más precisa cómo las prácticas agrícolas influyen en el medio ambiente y en qué etapas del ciclo se generan los mayores impactos.

#### **4.1.3. Identificar que aspectos de sostenibilidad se pueden tener en cuenta en relación con las energías renovables en la agricultura sostenible**

##### **Perspectivas teóricas que se encuentran en el campo de investigación de sostenibilidad con enfoque en energía renovable en la agricultura.**

Mediante este análisis, se escogen los documentos más pertinentes y provechosos para la investigación y las interrogantes de investigación planteadas. Esto asegura la construcción de un fundamento sólido y actualizado sobre el tema, lo que posibilitará que los hallazgos del estudio sean más exactos y de confianza.

En la actualidad, la humanidad se encuentra ante un desafío crítico: garantizar su propia supervivencia. Esta urgencia se debe al agotamiento gradual de nuestros recursos limitados y a la aceleración de los efectos del cambio climático en tiempos recientes. El aumento de la escasez de agua, la propagación de la pobreza, la expansión de las zonas desérticas y otros impactos asociados al cambio climático están generando una demanda apremiante de una revisión exhaustiva de nuestra aproximación a los recursos finitos disponibles.

La adopción de un enfoque sostenible implica abrazar una mentalidad y estrategia que aborden los aspectos sociales, económicos y medioambientales a largo plazo, con el objetivo central de mantener un equilibrio entre el bienestar humano, la salud del planeta y la viabilidad económica. En esencia, implica tomar decisiones y llevar a cabo acciones que no comprometan las necesidades y oportunidades de las generaciones venideras.

La sinergia entre la desalinización del agua y el uso de energías renovables, como la eólica y la solar, representa una poderosa combinación que aborda dos desafíos fundamentales: la escasez de agua dulce y la necesidad de reducir la dependencia de fuentes de energía no renovable.

Por un lado, la desalinización del agua, un proceso que convierte el agua salada en agua dulce, es esencial en regiones áridas o afectadas por la falta de acceso a fuentes de agua dulce. Sin embargo,



los métodos tradicionales de desalinización a menudo requieren una cantidad significativa de energía, lo que puede aumentar los costos operativos y la huella de carbono. Aquí es donde entran en juego las energías renovables (Abdelzaher et al., 2023).

La energía eólica y solar ofrecen una solución ideal al proporcionar una fuente de energía sostenible y limpia para impulsar los procesos de desalinización. Los parques eólicos y las instalaciones solares pueden generar electricidad de manera constante y confiable en regiones propicias para estas fuentes de energía, y esta electricidad se puede utilizar directamente en los sistemas de desalinización. Esto reduce drásticamente los costos asociados con la desalinización y, al mismo tiempo, disminuye la huella de carbono al eliminar la dependencia de combustibles fósiles (Moustafa, 2016).

La unión entre la desalinización del agua y el uso de energías renovables como la eólica y la solar representa una estrategia integral y sostenible para abordar la escasez de agua dulce y promover la transición hacia una matriz energética más limpia y respetuosa con el medio ambiente. Esta combinación no solo garantiza un suministro de agua potable confiable, especialmente en áreas áridas, sino que también contribuye a la mitigación del cambio climático y al uso responsable de los recursos naturales.

La falta de seguridad energética en la agricultura es un problema crítico que afecta la capacidad de los agricultores para mantener operaciones eficientes y productivas. La dependencia de fuentes de energía no confiables o costosas puede dar lugar a interrupciones en la producción, retrasos en la siembra o la cosecha, y un aumento en los costos operativos.

El agro-voltaica, o agricultura fotovoltaica, es una práctica innovadora que combina la producción de energía solar mediante la instalación de paneles solares con actividades agrícolas en el mismo terreno. El agro-voltaica tiene un impacto positivo en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al generar energía renovable mediante sistemas fotovoltaicos. Esta electricidad reemplaza la producción de energía derivada de combustibles fósiles. Además, se logra una mayor utilización eficaz del espacio al incorporar la electricidad generada por la energía fotovoltaica en las actividades agrícolas de un terreno. Este efecto, aunque pueda parecer poco común, se consigue gracias a que los paneles agro-voltaicos crean microclimas bajo los módulos fotovoltaicos, resguardando los cultivos del exceso de radiación solar y de condiciones climáticas adversas como granizo o fuertes vientos. Simultáneamente, esta disposición mejora la eficiencia de la energía fotovoltaica debido a las temperaturas más bajas generadas por los cultivos ubicados debajo de los paneles solares (Jamil & Pearce, 2023).

En otro enfoque, se pueden identificar los sistemas híbridos que combinan la tecnología de generación solar fotovoltaica-termoeléctrica (PV-TEG). Esta mezcla integra tanto los paneles solares fotovoltaicos (PV) como los generadores termoeléctricos (TEG), los cuales operan aprovechando la disparidad térmica entre dos regiones para producir electricidad. Esta fusión de

tecnologías, PV-TEG, logra aprovechar tanto la energía solar como las diferencias de temperatura, optimizando la eficiencia global del sistema en la generación de electricidad. En escenarios de luz solar directa, los paneles solares generarían electricidad a partir de la radiación solar, mientras que los generadores termoelectricos obtendrían electricidad adicional al capitalizar las variaciones térmicas entre las áreas expuestas al sol y las áreas sombreadas. Esta conjunción estratégica permite optimizar la producción de energía en diversas condiciones ambientales y maximizar el rendimiento energético del sistema en su conjunto (Shatar et al., 2019).

Esta tecnología puede ser especialmente útil en entornos donde hay una variación significativa de temperatura entre diferentes partes de un sistema, como en aplicaciones solares en edificios o vehículos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la eficiencia y viabilidad de la tecnología PV-TEG dependen de varios factores, como la calidad de los materiales utilizados y las condiciones específicas del entorno en el que se implementa.

La carencia de un adecuado y eficiente suministro energético en la acuicultura representa un desafío crítico que pone en riesgo la continuidad y la viabilidad de la producción de organismos acuáticos. La dependencia de fuentes de energía no renovable y costosas para mantener en funcionamiento sistemas esenciales como la oxigenación, calefacción y circulación del agua puede ocasionar variaciones en los costos de producción y dejar a la industria vulnerable ante posibles cortes de suministro energético. Este escenario, a su vez, puede tener un impacto adverso en la salud y el crecimiento de los organismos acuáticos, así como en la rentabilidad general del sector.

En su estudio (Tien et al., 2019), se resalta la relevancia de la combinación estratégica de la acuicultura en granjas camaroneras con el empleo de energía renovable. Esta sinergia se establece como un pilar fundamental para promover la sostenibilidad en la producción acuícola. Al integrar fuentes de energía renovable, como la solar o la eólica, en estas instalaciones, se logra una disminución significativa de la dependencia de fuentes no renovables y, al mismo tiempo, se mitiga la huella ambiental al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Además de su contribución a la sostenibilidad energética, estas tecnologías renovables pueden ser aprovechadas para alimentar sistemas de oxigenación, calefacción y circulación del agua, lo que mejora las condiciones de cultivo y eleva la eficiencia operativa. Esta combinación no solo impulsa la autosuficiencia energética en las granjas camaroneras, sino que también fortalece la conservación de los ecosistemas acuáticos y promueve prácticas más responsables en la industria acuícola, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y seguridad alimentaria.

Por otra parte, los calentadores de agua desempeñan un papel de gran relevancia en la acuicultura al mantener las condiciones ambientales óptimas para el crecimiento y la salud de los organismos acuáticos, como peces y camarones. La combinación de estos calentadores con fuentes de energía sostenible, como la energía solar o la geotérmica, ofrece beneficios substanciales. Esto no solo conlleva una reducción de los costos operativos a largo plazo al aprovechar fuentes de energía gratuita y renovable, sino que también contribuye a la disminución de la huella de carbono en la

acuicultura, lo que es esencial para la sostenibilidad ambiental. Además, la estabilidad térmica proporcionada por estos calentadores beneficia significativamente la salud y el desempeño de los cultivos, lo que resulta en una producción más uniforme y de alta calidad, respaldando así de manera efectiva y respetuosa con el medio ambiente la industria acuícola (Kim & Zhang, 2018).

La acuavoltaica, que consiste en la integración de sistemas fotovoltaicos con la acuicultura, emerge como una estrategia altamente innovadora y significativa en el ámbito de la acuicultura moderna. Este enfoque conlleva la producción de energía solar en conjunción con la cría de organismos acuáticos y su relevancia radica en diversos aspectos clave. En primer lugar, la acuavoltaica posibilita una utilización más eficiente del espacio, ya que optimiza la tierra al situar los paneles solares sobre cuerpos de agua utilizados para la acuicultura, lo cual es especialmente relevante en un contexto donde la presión sobre la tierra agrícola no cesa de aumentar. Además, la energía solar generada por la acuavoltaica se erige como una fuente de energía renovable y limpia que reduce los costos operativos, disminuye la huella de carbono y promueve la sostenibilidad ambiental. Al mismo tiempo, el sombreado proporcionado por los paneles solares en el agua puede tener un efecto beneficioso al regular la temperatura, generando condiciones más estables para los organismos acuáticos y mejorando así su salud y su rendimiento en la cría. En resumen, la acuavoltaica representa una solución innovadora y beneficiosa que aborda con eficacia desafíos cruciales en la acuicultura contemporánea, tales como la optimización del espacio, la sostenibilidad energética y el bienestar de los cultivos acuáticos (Pringle et al., 2017).

Los cultivos orgánicos reciben elogios por su dedicación a la agricultura sostenible y sus prácticas que muestran respeto por el medio ambiente. Al optar por no utilizar pesticidas ni fertilizantes químicos sintéticos, estos cultivos fomentan la sostenibilidad agrícola de diversas maneras, incluyendo la reducción de la contaminación de suelos y aguas, la preservación de la biodiversidad y la mejora de la salud de los terrenos. Esto contribuye directamente a la agricultura sostenible, ya que fomenta la regeneración de los ecosistemas agrícolas y la protección de la calidad del suelo a largo plazo. Además, los cultivos orgánicos tienden a requerir menos energía en comparación con la agricultura convencional debido a la ausencia de insumos químicos intensivos, lo que conlleva una mayor eficiencia energética en la producción de alimentos.

La eficiencia energética se fortalece aún más cuando se incorporan prácticas agrícolas sostenibles en la gestión de cultivos orgánicos. Por ejemplo, la adopción de técnicas de riego más eficientes, la optimización de maquinaria agrícola y la gestión inteligente de la energía en la cadena de suministro agrícola pueden reducir de manera significativa el consumo de energía en todo el ciclo de producción de alimentos (De Muner et al., 2015).

La combinación de cultivos orgánicos, eficiencia energética y prácticas agrícolas sostenibles no solo minimiza el impacto ambiental de la agricultura, sino que también puede aumentar la resistencia de los sistemas agrícolas frente al cambio climático y la escasez de recursos. Además,

fomenta la producción de alimentos saludables y de alta calidad, lo que resulta fundamental en un mundo que busca satisfacer la creciente demanda de alimentos manteniendo la salud del planeta.

De manera similar el secado de alimentos desempeña un papel crucial en la agricultura, ya que permite la conservación y el almacenamiento de productos perecederos, lo que contribuye a reducir las pérdidas postcosecha y a garantizar un suministro constante de alimentos a lo largo del año. La combinación de energías renovables en el proceso de secado agrega un elemento clave de sostenibilidad, ya que reduce la dependencia de fuentes de energía no renovable, disminuye los costos operativos a largo plazo y minimiza el impacto ambiental. Utilizar fuentes como la energía solar o eólica para alimentar los secadores de alimentos no solo promueve prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente, sino que también puede beneficiar a las comunidades rurales al proporcionar acceso a una fuente confiable de energía, mejorando así la seguridad alimentaria y económica en las regiones agrícolas. En conjunto, el secado de alimentos y la integración de energías renovables desempeñan un papel esencial en la eficiencia y la sostenibilidad de la cadena de suministro alimentario, contribuyendo a la mitigación de pérdidas postcosecha y al uso responsable de recursos energéticos (Lamidi et al., 2019).

La robótica está desempeñando un papel cada vez más relevante en la agricultura moderna, ofreciendo una serie de beneficios significativos que mejoran la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad de la industria agrícola. Por lo tanto, la implementación de tecnología que sea capaz de ayudar a resolver los problemas ambientales, energéticos y productivos en la agricultura son una parte importante pues el aumento en el número de habitantes ha forzado a los agricultores a modificar sus enfoques en la administración de sus terrenos agrícolas con el fin de satisfacer la creciente demanda por alimentos de calidad superior. En este contexto, la agricultura de precisión se presenta como una posibilidad transformadora para cambiar la manera en que se cultivan y gestionan los cultivos, llevando consigo mejoras en la eficiencia, la sostenibilidad y la productividad en la industria agrícola. En términos más específicos, la agricultura de precisión se encuentra intrínsecamente vinculada a la variabilidad natural del terreno y a aspectos analíticos y tecnológicos específicos. Uno de los ejemplos más notables es la aplicación precisa de insumos agrícolas en áreas con un potencial de producción más elevado. Esta técnica no solo reduce la cantidad de insumos desperdiciados, sino que también permite que los cultivos reciban exactamente lo que necesitan para prosperar. Como resultado, se maximiza la producción y se minimiza el impacto ambiental (Ghobadpour et al., 2022).

La agricultura de precisión emerge como una herramienta esencial para adaptarse a las necesidades cambiantes y a las expectativas de producción en el contexto de un crecimiento demográfico constante. Al adoptar enfoques más eficientes y específicos en la gestión de cultivos, la industria agrícola está en una posición sólida para responder a los desafíos de la seguridad alimentaria y la sostenibilidad en el futuro.

La importancia de integrar fuentes de energía renovable en conjunción con la agricultura de precisión es un factor crucial en el panorama actual. Esta sinergia se demostró particularmente vital durante la pandemia de COVID-19, ya que las fuentes de energía renovable emergieron como una solución óptima. Al combinar estas fuentes con técnicas agrícolas de alta precisión, se abren oportunidades para lograr una seguridad energética eficiente y sostenible. Esta sinergia se convierte en un pilar fundamental para la implementación de la llamada agricultura 5.0. Este enfoque se caracteriza por ser un sistema de producción holístico que aprovecha tanto los avances tecnológicos como los métodos de toma de decisiones especializados. Su esencia reside en la combinación armónica de todos los elementos de producción y la integración de investigaciones y conocimientos agrícolas de vanguardia. El objetivo principal de la agricultura 5.0 es optimizar al máximo la eficiencia del sector agrícola en su conjunto (Ragazou et al., 2022).

Durante la época de la pandemia COVID-19, la relación entre la energía renovable y la agricultura de precisión se volvió aún más crucial. La interrupción de las cadenas de suministro y la necesidad de garantizar la producción de alimentos subrayaron la importancia de una infraestructura resiliente. La incorporación de energías renovables ofreció a los agricultores la posibilidad de alcanzar un nivel de autonomía energética que les permitiera mantener sus operaciones, incluso en circunstancias desafiantes.

En última instancia, la conjunción de energías renovables y la agricultura de precisión no solo asegura la sostenibilidad de las operaciones agrícolas, sino que también refleja la evolución hacia sistemas de producción más inteligentes y adaptables. La integración de tecnología y conocimiento en este contexto es esencial para lograr una mayor eficiencia y resiliencia en el sector agrícola, abordando así las demandas cambiantes y contribuyendo al abastecimiento de alimentos y recursos de manera más eficiente y efectiva.

Por otro lado, los cultivos estables demandan considerables volúmenes de agua y fertilizantes, y lamentablemente, gran parte de estos elementos se filtran hacia los acuíferos, ocasionando su contaminación. A la vista de las desventajas asociadas a los métodos tradicionales de cultivo y dada la creciente necesidad global de abastecer alimentos, la transición hacia técnicas de producción alimentaria más avanzadas y precisas, conocidas como agricultura de ambiente controlado (CEA) por sus siglas en inglés, ha adquirido una urgencia sin precedentes.

La agricultura de ambiente controlado (CEA) ofrece una solución prometedora para abordar estos desafíos. Mediante el uso de tecnologías como invernaderos, sistemas hidropónicos y aeropónicos, y la regulación cuidadosa de factores ambientales como la luz, la temperatura y la humedad, la CEA permite un cultivo más eficiente y sostenible.

Esta forma de agricultura ofrece diversos beneficios pues, al controlar los factores ambientales, se puede optimizar el crecimiento de las plantas durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas externas. Además, se utiliza menos agua en comparación con la agricultura

convencional, ya que el riego se puede ajustar y optimizar para las necesidades específicas de las plantas. En cuanto a los fertilizantes, la CEA permite una administración precisa y mínima de estos insumos, reduciendo el riesgo de contaminación del suelo y de los recursos hídricos subterráneos. Además, la CEA puede reducir la necesidad de pesticidas al proporcionar un entorno más controlado y menos propicio para las plagas y enfermedades (Vatistas et al., 2022).

Asimismo, surge el sistema Integrado CEA (ISCEA) que representa una idea innovadora en la cual se busca la implementación conjunta y coordinada de diversos sistemas de Agricultura de Ambiente Controlado (CEA, por sus siglas en inglés). Esta novedosa aproximación propone la integración y ubicación estratégica de múltiples sistemas CEA con el objetivo de optimizar la eficiencia en la producción de alimentos y disminuir de manera significativa los efectos adversos sobre el medio ambiente.

Desde el punto de vista de (Cowan et al., 2022) al agrupar y coordinar diferentes sistemas CEA, como invernaderos, granjas verticales y cultivos hidropónicos, bajo el paraguas del ISCEA, se logra una sinergia que beneficia tanto la calidad de los productos cultivados como el impacto ambiental. Este enfoque permite el uso compartido de recursos como el agua, la energía y los nutrientes, reduciendo el consumo general y evitando el derroche innecesario. La localización estratégica de estos sistemas integrados tiene en cuenta aspectos como la disponibilidad de recursos, la proximidad a los mercados y la optimización de la logística de distribución. Esto no solo reduce las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al transporte de alimentos, sino que también disminuye la necesidad de grandes extensiones de tierra para la producción.

En conjunto, el ISCEA representa un paso hacia la agricultura más eficiente, sostenible y resiliente. Al unir múltiples enfoques de Agricultura de Ambiente Controlado, se fomenta una producción alimentaria más inteligente y responsable que se adapta a las necesidades cambiantes de la sociedad, al mismo tiempo que minimiza los impactos negativos sobre el medio ambiente y los recursos naturales.

De manera simultánea, (Wang et al., 2022) exploró la interconexión entre tres elementos clave: la agricultura con valor añadido, la globalización de la agricultura y la adopción de diversas fuentes de energía renovable. El concepto de agricultura con valor añadido trasciende la mera producción y comercialización de productos agrícolas básicos, centrándose en la generación de mayor valor económico y en la creación de diferenciación en el mercado. Paralelamente, la globalización de la agricultura, que ha venido tomando fuerza, se refiere al proceso en el cual la producción, distribución y comercialización de productos agrícolas se vuelven cada vez más interdependientes y transnacionales. Esta tendencia implica la integración de los mercados agrícolas a nivel global, la expansión de cadenas de suministro internacionales y un aumento significativo en la importancia del comercio de alimentos y productos agrícolas a escala mundial.

La combinación de la agricultura con valor añadido y la globalización presenta un panorama dinámico para la industria agrícola. Por un lado, la adición de valor a través de la transformación y la innovación en productos permite a los agricultores diferenciarse en un mercado global competitivo, lo que puede ser especialmente efectivo en el contexto de la globalización. La globalización, por su parte, brinda oportunidades de mercado expandidas y acceso a una amplia gama de consumidores, lo que puede impulsar la demanda de productos agrícolas con valor añadido.

Además, la incorporación de fuentes de energía renovable en esta ecuación presenta un aspecto crucial en términos de sostenibilidad y resiliencia. La adopción de energías renovables, como la solar o la eólica, puede disminuir la huella ambiental de la agricultura con valor añadido, contribuyendo a una producción más eco-amigable y en sintonía con los objetivos de mitigación del cambio climático.

En conjunto, este enfoque integrado no solo tiene el potencial de beneficiar a los agricultores y a la economía agrícola, sino que también puede influir en la manera en que se conciben y se gestionan las prácticas agrícolas en el contexto globalizado actual.

La bioenergía de residuos agrícolas ofrece una fuente de energía renovable que puede ayudar a reducir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que contribuye a la mitigación del cambio climático. La biomasa agrícola, como los restos de cultivos y los residuos de cultivos, se puede convertir en biogás o biocombustibles para generar electricidad o calor. Esto proporciona una fuente de energía alternativa valiosa y reduce la necesidad de quemar combustibles fósiles, lo que disminuye la liberación de dióxido de carbono a la atmósfera.

Sin embargo, es crucial abordar cuidadosamente cómo se gestionan estos residuos agrícolas. La eliminación excesiva de residuos agrícolas para la producción de bioenergía puede tener efectos negativos en el suelo. Los residuos agrícolas, como las hojas y los tallos, son ricos en materia orgánica y proporcionan nutrientes esenciales al suelo. Cuando se eliminan en exceso, se reduce la cantidad de materia orgánica que vuelve al suelo a través del proceso de descomposición. Esto puede llevar a una disminución del carbono orgánico en el suelo, lo que afecta negativamente la fertilidad del suelo, su capacidad para retener agua y su resistencia a la erosión (Lugato et al., 2014).

Por otro lado, si se gestionan de manera adecuada, los residuos agrícolas pueden contribuir a la mejora del ciclo de carbono en el suelo. Por ejemplo, cuando se utiliza parte de la biomasa para la producción de bioenergía y se devuelve el residuo (como cenizas o materia orgánica) al suelo como enmienda, se puede mantener o incluso aumentar el contenido de carbono orgánico en el suelo. Esto puede mejorar la estructura del suelo, su capacidad de retención de agua y nutrientes, y su

resistencia a la erosión, lo que, a su vez, beneficia la producción de cultivos a largo plazo (Torquati et al., 2014).

La relación entre la bioenergía de residuos agrícolas, el ciclo de vida y el carbono orgánico del suelo subraya la importancia de un enfoque integral en la gestión de biomasa. Es crucial considerar no solo los beneficios inmediatos de la bioenergía, como la reducción de emisiones, sino también sus implicaciones a largo plazo en la salud del suelo y la sostenibilidad agrícola. Esto requiere una planificación cuidadosa que incluya prácticas agrícolas sostenibles, la reposición adecuada de nutrientes y la gestión responsable de los residuos agrícolas para garantizar que la bioenergía no comprometa la calidad y la capacidad productiva del suelo.

La generación de biogás, una forma de energía renovable se basa en su capacidad para producir electricidad a partir de materia orgánica en descomposición. Esta tecnología fomenta la sostenibilidad medioambiental al aprovechar recursos previamente desaprovechados, lo que resulta en la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero y en una mayor diversificación de las fuentes de energía disponibles. Además de sus ventajas en términos ambientales, la producción de biogás puede facilitar la gestión eficiente de los residuos y estimular el desarrollo económico a nivel local.

A pesar de sus beneficios en la gestión de residuos y la producción de biogás, los digestores anaeróbicos también presentan limitaciones que requieren atención en su implementación. Uno de los desafíos principales es la variabilidad en la calidad y la cantidad de los materiales orgánicos alimentados al digestor, lo que puede afectar la eficiencia de la digestión y la producción de biogás. Además, la inversión inicial y los costos de mantenimiento pueden ser significativos, lo que puede limitar su adopción en ciertos contextos. La gestión adecuada de subproductos como los digestatos también es esencial, ya que pueden contener nutrientes y compuestos orgánicos que requieren una disposición adecuada. Además, la tecnología de digestores anaeróbicos puede no ser apropiada para todos los tipos de residuos orgánicos, lo que plantea desafíos en la selección de la fuente de alimentación adecuada. Estas limitaciones resaltan la importancia de un enfoque integral y cuidadosamente planificado en la implementación de digestores anaeróbicos para abordar eficazmente los desafíos de la gestión de residuos orgánicos y la producción de energía renovable (Pierie et al., 2016).

De manera que la combinación de microalgas con digestores anaeróbicos es de gran importancia debido a su potencial para crear un sistema simbiótico altamente eficiente y sostenible. Las microalgas pueden desempeñar un papel crucial en este contexto al absorber los nutrientes, como nitrógeno y fósforo, liberados como subproductos en el proceso de digestión anaeróbica de residuos orgánicos, como lodos de aguas residuales o residuos agrícolas. Esto no solo ayuda a purificar el efluente del digestor, reduciendo la contaminación ambiental, sino que también promueve el crecimiento de las microalgas, que son una valiosa fuente de biomasa rica en nutrientes. Esta biomasa de microalgas puede ser posteriormente cosechada y utilizada en diversas aplicaciones,



como la producción de biocombustibles, piensos para acuicultura o incluso como alimento humano. Así, la combinación de microalgas y digestores anaeróbicos no solo mejora la gestión de residuos y la reducción de contaminantes, sino que también contribuye a la producción sostenible de biomasa y recursos valiosos, promoviendo una economía circular y respetuosa con el medio ambiente (Stiles et al., 2018).

Las plantas de biogás centralizadas desempeñan un papel crucial al abordar dos desafíos apremiantes: la gestión sostenible de los desechos de ganado y la producción de energía renovable. Estas instalaciones permiten la transformación eficiente del estiércol de ganado en biogás, un combustible limpio compuesto principalmente de metano (Kaufmann, 2015). Esto no solo reduce el impacto ambiental al mitigar la contaminación del agua y la emisión de gases de efecto invernadero, sino que también aprovecha una fuente valiosa de energía renovable (Heng, 2017). La electricidad y el calor generados a partir del biogás pueden utilizarse para abastecer a comunidades locales y reducir la dependencia de fuentes de energía no renovable. Así, las plantas de biogás centralizadas representan una solución integrada que promueve la sostenibilidad, la gestión eficaz de residuos y la producción de energía limpia en beneficio tanto del medio ambiente como de la sociedad.(Provolo et al., 2018)

Para lograr este objetivo de contribuir al manejo eficiente de los desechos y estimular el crecimiento económico a nivel local (Röder et al., 2020) proponen un enfoque basado en modelos de negocios que desencadenen el potencial de la bioenergía para beneficio del acceso energético, las técnicas agrícolas y el empoderamiento de las comunidades locales vinculadas a la producción de arroz. En otras palabras, el modelo de negocios se concentra en la generación de biogás y compost como una vía de gestión sostenible para la paja sobrante de los cultivos de arroz, en reemplazo de la quema o incorporación tradicional. Un elemento esencial para la implementación exitosa radica en comprender las condiciones necesarias para cambiar las prácticas agrícolas, alejándolas de la quema de la paja. Esto se logra al potenciar las cadenas de valor del arroz, creando nuevas fuentes de ingreso y oportunidades laborales, mientras se favorece el acceso a fuentes de energía limpia y fertilizantes orgánicos.

Este enfoque innovador aborda tanto cuestiones ambientales como socioeconómicas. La adopción de un modelo de negocios centrado en la bioenergía y la valorización de la paja de arroz no solo reduce las emisiones contaminantes resultantes de la quema, sino que también contribuye a mejorar la salud del suelo mediante el uso de compost orgánico y al suministro de una fuente de energía renovable y limpia, como el biogás. Además, al crear oportunidades de ingresos adicionales y empleos en las comunidades agrícolas locales, se fortalece la seguridad económica y se promueve el empoderamiento de los productores.

El éxito de esta propuesta radica en la colaboración entre diversos actores, como agricultores, empresas, gobiernos y organizaciones no gubernamentales. Una implementación efectiva requerirá políticas y regulaciones favorables, así como inversiones en infraestructura y capacitación para los

involucrados. En última instancia, este enfoque basado en modelos de negocios puede tener un impacto transformador al abordar de manera integral los desafíos agrícolas, energéticos y medioambientales, enriqueciendo las comunidades y fomentando la sostenibilidad en múltiples niveles.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

La agricultura cumple con la responsabilidad de abastecer a una población global en expansión con alimentos, materiales textiles y recursos básicos, al mismo tiempo que supervisa la administración de recursos naturales como el suelo y el agua. No obstante, es importante destacar que también juega un papel de importancia considerable en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) debido a las acciones previamente mencionadas.

La agricultura sostenible emerge como un enfoque esencial para abordar los desafíos actuales y futuros relacionados con la producción de alimentos. A través de prácticas respetuosas con el medio ambiente, la preservación de la biodiversidad y la gestión eficiente de recursos como el suelo y el agua, la agricultura sostenible no solo garantiza la seguridad alimentaria a largo plazo, sino que también contribuye a la mitigación del cambio climático.

La combinación de la agricultura sostenible y el aprovechamiento de energías renovables emerge como una estrategia fundamental para alcanzar la sostenibilidad en un mundo con crecientes desafíos ambientales y alimentarios. Esta sinergia permite la producción de alimentos de manera responsable con el medio ambiente, reduciendo la huella de carbono de la agricultura. Al mismo tiempo, proporciona una fuente de energía limpia y confiable para impulsar las operaciones agrícolas, mejorando la eficiencia y la resiliencia del sector.

Indudablemente, estamos presenciando numerosos cambios en la manera en que se producen, distribuyen y consumen los productos agrícolas. En este contexto, la pandemia de COVID-19 ha surgido como un desafío adicional de gran relevancia para la industria agrícola en la actualidad. La noción de agricultura avanzada o agricultura de precisión emerge como esencial para enfrentar los retos contemporáneos que afectan la agricultura, tales como la mejora de la productividad, la adaptación al cambio climático, la garantía de la seguridad alimentaria y energética, así como la promoción de la sostenibilidad.

Las diversas fuentes de energía renovable aplicadas en la agricultura, que incluyen la energía solar, eólica, biomasa y biogás, ofrecen un potencial transformador para el sector agrícola al mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de las operaciones. Estas fuentes no solo proporcionan una fuente de energía más limpia y asequible, sino que también reducen la dependencia de los combustibles fósiles y, por lo tanto, las emisiones de gases de efecto invernadero.

La implementación del uso de energías renovables en las diversas técnicas y métodos utilizados en la producción agrícola como, Agricultura convencional, Agricultura orgánica, Agricultura de precisión, Acuicultura y demás técnicas utilizadas desempeña un papel esencial en la transición

hacia una economía circular. Al adoptar fuentes de energía limpias y sostenibles, estos actores no solo reducen su huella ambiental al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de combustibles fósiles, sino que también cierran el ciclo de recursos al aprovechar la energía de manera eficiente.

Esta práctica contribuye a una economía circular al mejorar la eficiencia energética en la producción y el procesamiento de alimentos, al tiempo que reduce los residuos y los desechos. Además, al incorporar la energía renovable, se fomenta la autosuficiencia energética en las operaciones agrícolas, lo que puede llevar a una mayor independencia y resiliencia económica. En resumen, la adopción de energías renovables por parte de los productores agrícolas es un paso crítico hacia una economía circular que promueve la sostenibilidad, la eficiencia y la conservación de recursos naturales, brindando beneficios tanto ambientales como económicos a largo plazo.

### **5.1.Recomendaciones**

Se sugiere llevar a cabo una revisión centrada en la sinergia de múltiples fuentes de energía renovable, analizando cómo estas se interconectan para alcanzar una mayor sustentabilidad y estabilidad en el suministro energético de la agricultura.

Es aconsejable llevar a cabo una evaluación exhaustiva y un análisis detallado de la relación entre los gastos y los beneficios asociados con la adopción de diversas fuentes de energía renovable en el ámbito de la agricultura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelzaher, M. A., Farahat, E. M., Abdel-Ghafar, H. M., Balboul, B. A. A., & Awad, M. M. (2023). Environmental Policy to Develop a Conceptual Design for the Water–Energy–Food Nexus: A Case Study in Wadi-Dara on the Red Sea Coast, Egypt. *Water (Switzerland)*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/w15040780>
- Aldaco, R., Hoehn, D., Laso, J., Margallo, M., Ruiz-Salmón, J., Cristobal, J., Kahhat, R., Villanueva-Rey, P., Bala, A., Batlle-Bayer, L., Fullana-i-Palmer, P., Irabien, A., & Vazquez-Rowe, I. (2020). Food waste management during the COVID-19 outbreak: a holistic climate, economic and nutritional approach. *Science of the Total Environment*, 742. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140524>
- Badii, M., Guillen, A., & Lugo Serrato, O. (2015). Historia y Uso de Energías Renovables History and Use of Renewable Energies. In *Daena: International Journal of Good Conscience* (Vol. 10, Issue 1).
- Barrera Arturo. (2011). *New realities, new paradigms: the new agricultural revolution*.
- Becerra, J. (2020). *Uso de Residuos Biologicos Bovinos para Aplicaciones Rurales a Pequeña Escala en Colombia Mediante un Sistema de Biogás de Ciclo Cerrado*.
- Beltrán, Ó. (2005). *Revisiones sistemáticas de la literatura*.
- Cabhilash AsimmBiswass, S.K. Singh, & P.C. Abhilash. (2021). *Soil Science: Fundamentals to Recent Advances*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-16-0917-6>
- Commission on Environment, W. (n.d.). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future Towards Sustainable Development 2. Part II. Common Challenges Population and Human Resources 4*. Retrieved July 4, 2023, from <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
- Cowan, N., Ferrier, L., Spears, B., Drewer, J., Reay, D., & Skiba, U. (2022). CEA Systems: the Means to Achieve Future Food Security and Environmental Sustainability? In *Frontiers in Sustainable Food Systems* (Vol. 6). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.891256>
- Cuevas, E., Sánchez, M., & Matosas, L. (2019). Bibliometric analysis of studies of brand content strategy within social media. *Comunicacion y Sociedad (Mexico)*, 2019. <https://doi.org/10.32870/CYS.V2019I0.7441>
- Da Silva, M. B. P., Dutra, Í. P., Marcos, R. A., Coutinho, J. R. de A., Alberto, N. J., Borges, A. L. de O., Massache, A. F., & Eugénio, G. (2023). Agricultura sintrópica: uma breve revisão. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 6(2), 1480–1489. <https://doi.org/10.34188/bjaerv6n2-043>

- De Muner, L. H., Masera, O., Fornazier, M. J., De Souza, C. V., & De Loreto, M. D. D. S. (2015). Energetic sustainability of three arabica coffee growing systems used by family farming units in Espírito Santo state. *Engenharia Agricola*, 35(3), 397–405. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n3p397-405/2015>
- Energy Agency, I. (2020). *Renewables 2020 - Analysis and forecast to 2025*. [www.iea.org](http://www.iea.org)
- Fao. (2002). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. <https://www.fao.org/3/y3557e/y3557e00.htm>
- Fao. (2018). *Report of the EXPERT WORKSHOP ON MEANS AND METHODS FOR REDUCING MARINE MAMMAL MORTALITY IN FISHING AND AQUACULTURE OPERATIONS FAO Fisheries and Aquaculture Report FIAO/R1231 (En)*.
- Fao. (2021). Criterios e indicadores sobre resiliencia climática en el desarrollo e implementación de programas de desarrollo agrícola rural. In *Criterios e indicadores sobre resiliencia climática en el desarrollo e implementación de programas de desarrollo agrícola rural*. FAO and FFLA. <https://doi.org/10.4060/cb3248es>
- Fernandez, C. (2020). *La pandemia del Covid-19: los sistemas y la seguridad alimentaria en América Latina*.
- Franchini, M., & Evangelista Mauad, A. C. (2022). La gobernanza ambiental global tras el Acuerdo de París y los ODS: crisis ambiental, pandemia y conflicto geopolítico sistémico. *Desafíos*, 34(1). <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/desafios/a.11880>
- García, E., & Flego, F. (n.d.). *Agricultura de Precisión*.
- Ghobadpour, A., Monsalve, G., Cardenas, A., & Mousazadeh, H. (2022). Off-Road Electric Vehicles and Autonomous Robots in Agricultural Sector: Trends, Challenges, and Opportunities. In *Vehicles* (Vol. 4, Issue 3, pp. 843–864). MDPI. <https://doi.org/10.3390/vehicles4030047>
- Gómez Asistente, R., Morales Colaboración, M., & Alvarado Silvia Wu Carmen Felipe Morales, F. (2012). *La agricultura orgánica: los beneficios de un sistema de producción sostenible*.
- González, A., Amarillo, G., Amarillo, M., & Sarmiento, F. (2015). *Drones AplicADos A lA Agricultura De precisión Drones ApplieD to precision Agriculture*.
- Heng, D. L. K. (2017). Bio Gas Plant Green Energy from Poultry Wastes in Singapore. *Energy Procedia*, 143, 436–441. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.708>
- Iso 26000. (2010). *ISO INTERNACIONAL 26000*. [www.iso.org](http://www.iso.org)

- Jamil, U., & Pearce, J. M. (2023). Energy Policy for Agrivoltaics in Alberta Canada. In *Energies* (Vol. 16, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/en16010053>
- Kaufmann, T. (2015). Sustainable livestock production: Low emission farm – The innovative combination of nutrient, emission and waste management with special emphasis on Chinese pig production. In *Animal Nutrition* (Vol. 1, Issue 3, pp. 104–112). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.08.001>
- Kim, Y., & Zhang, Q. (2018). Economic and environmental life cycle assessments of solar water heaters applied to aquaculture in the US. *Aquaculture*, 495, 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.05.022>
- Lamidi, R. O., Jiang, L., Pathare, P. B., Wang, Y. D., & Roskilly, A. P. (2019). Recent advances in sustainable drying of agricultural produce: A review. In *Applied Energy* (Vols. 233–234, pp. 367–385). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.10.044>
- Leyva, A., & Martínez, A. (2014). Review Biomass crops in the agroecosystem. Its benefits agroecological. In *Cultivos Tropicales* (Vol. 35, Issue 1). <http://ediciones.inca.edu.cu>
- Lugato, E., Panagos, P., Bampa, F., Jones, A., & Montanarella, L. (2014). A new baseline of organic carbon stock in European agricultural soils using a modelling approach. *Global Change Biology*, 20(1), 313–326. <https://doi.org/10.1111/gcb.12292>
- Machado, C. T., & Miranda, F. S. (2015). Photovoltaic solar energy: A briefly review. *Revista Virtual de Química*, 7(1), 126–143. <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20150008>
- Matrinovich Viviana. (2022). *Búsqueda bibliográfica Como repensar las formas de buscar, recopilar y analizar la producción científica escrita. 1.* <https://doi.org/10.8294./978978926162>
- Moustafa, K. (2016). Toward Future Photovoltaic-Based Agriculture in Sea. In *Trends in Biotechnology* (Vol. 34, Issue 4, pp. 257–259). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2015.12.012>
- Moya José. (1994). *La Agricultura Sostenible Como Alternativa A La Agricultura Convencional.*
- Naciones unidas, & Cepal. (2019a). *ODS 2: Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible en América Latina y el Caribe.* <https://www.cepal.org/es>
- Naciones unidas, & Cepal. (2019b). *ODS 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos en América Latina y el Caribe.* <https://www.cepal.org/es>

- Organización de las Naciones Unidas. (2018). *TRANSFORMAR LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA PARA ALCANZAR LOS ODS 20 acciones interconectadas para guiar a los encargados de adoptar decisiones*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021). *FAO Marco estrategico para 2022-2031*. <https://www.fao.org/3/cb7099es/cb7099es.pdf>
- Palafox, O., & Haydee, K. (2019). *Sustentabilidad global: Principios y acuerdos internacionales*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
- Pierie, F., Benders, R. M. J., Bekkering, J., van Gemert, W. J. T., & Moll, H. C. (2016). Lessons from spatial and environmental assessment of energy potentials for Anaerobic Digestion production systems applied to the Netherlands. *Applied Energy*, 176, 233–244. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.05.055>
- Pringle, A. M., Handler, R. M., & Pearce, J. M. (2017). Aquavoltaics: Synergies for dual use of water area for solar photovoltaic electricity generation and aquaculture. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 80, pp. 572–584). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.191>
- Provolo, G., Mattachini, G., Finzi, A., Cattaneo, M., Guido, V., & Riva, E. (2018). Global warming and acidification potential assessment of a collective manure management system for bioenergy production and nitrogen removal in Northern Italy. *Sustainability (Switzerland)*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/su10103653>
- Quintana, S. V., & Estrada, J. F.-P. (n.d.). *AGRICULTURA SOSTENIBLE Ingeniero Agrónomo ^Tr ^ MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y AIJMENTACION SECRETARIA GENERAL DE ESTRUCTURAS AGRARIAS*.
- Ragazou, K., Garefalakis, A., Zafeiriou, E., & Passas, I. (2022). Agriculture 5.0: A New Strategic Management Mode for a Cut Cost and an Energy Efficient Agriculture Sector. *Energies*, 15(9). <https://doi.org/10.3390/en15093113>
- Röder, M., Jamieson, C., & Thornley, P. (2020). (Stop) burning for biogas. Enabling positive sustainability trade-offs with business models for biogas from rice straw. *Biomass and Bioenergy*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105598>
- Ruiz, J. J., Santiago, M., Martínez, G., Dolores, M., & Jiménez, R. (2017). *EVIDENCIAS AGROECOLÓGICAS PARA LA AGRICULTURA DEL FUTURO*.
- Shatar, N. M., Rahman, M. A. A., Muhtazaruddin, M. N., Salim, S. A. Z. S., Singh, B., Muhammad-Sukki, F., Bani, N. A., Saudi, A. S. M., & Ardila-Rey, J. A. (2019). Performance evaluation of unconcentrated photovoltaic-thermoelectric generator hybrid system under tropical climate. *Sustainability (Switzerland)*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/su11226192>



- Stiles, W. A. V., Styles, D., Chapman, S. P., Esteves, S., Bywater, A., Melville, L., Silkina, A., Lupatsch, I., Fuentes Grünewald, C., Lovitt, R., Chaloner, T., Bull, A., Morris, C., & Llewellyn, C. A. (2018). Using microalgae in the circular economy to valorise anaerobic digestate: challenges and opportunities. In *Bioresource Technology* (Vol. 267, pp. 732–742). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.07.100>
- Tien, N. N., Matsushashi, R., & Chau, V. T. T. B. (2019). A sustainable energy model for shrimp farms in the Mekong delta. *Energy Procedia*, 157, 926–938. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.259>
- Torquati, B., Venanzi, S., Ciani, A., Diotallevi, F., & Tamburi, V. (2014). Environmental sustainability and economic benefits of dairy farm biogas energy production: A case study in Umbria. *Sustainability (Switzerland)*, 6(10), 6696–6713. <https://doi.org/10.3390/su6106696>
- Vatistas, C., Avgoustaki, D. D., & Bartzanas, T. (2022). A Systematic Literature Review on Controlled-Environment Agriculture: How Vertical Farms and Greenhouses Can Influence the Sustainability and Footprint of Urban Microclimate with Local Food Production. In *Atmosphere* (Vol. 13, Issue 8). MDPI. <https://doi.org/10.3390/atmos13081258>
- Wang, L., Mehmood, U., Agyekum, E. B., Uhunamure, S. E., & Shale, K. (2022). Associating Renewable Energy, Globalization, Agriculture, and Ecological Footprints: Implications for Sustainable Environment in South Asian Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(16). <https://doi.org/10.3390/ijerph191610162>