



Universidad del  
**Rosario**

Escuela de Ingeniería,  
Ciencia y Tecnología

**VIGILANCIA TECNOLÓGICA E INTELIGENCIA  
COMPETITIVA PARA EL DESARROLLO DE  
PROYECTOS DE INNOVACIÓN ENERGÉTICA.  
ESTUDIO DE CASO: DENSIFICACIÓN DE BIOMASA  
RESIDUAL.**

Presentado para obtener el título de

**MAGÍSTER EN ENERGÍAS RENOVABLES**

John Elkin Feo Duitama

Vanessa Archila López

Dirección:

José Ricardo Buitrago

Universidad del Rosario

Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología

Maestría en Energías Renovables

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo con gratitud a Dios, el ser supremo creador del universo, dador de vida y sabiduría. A mi esposa, quien ha sido mi apoyo constante y paciente a lo largo de esta travesía académica, brindándome consejo y consuelo mientras equilibraba múltiples responsabilidades.

A mi madre, cuyas plegarias y palabras de aliento incesantes han sido un faro para seguir adelante. A mis hermanos, quienes me han guiado con su ejemplo y consejos valiosos. A mis amados abuelos, cuyas oraciones han llenado de energía positiva cada paso de mi camino. A mi compañera Vanessa, que ha compartido este viaje de la maestría a mi lado y ha brindado apoyo académico incondicional. A José Ricardo y María Fernanda, quienes nos han guiado en este trabajo y han sido fuentes invaluableles de apoyo académico. Cada uno de ustedes ha sido fundamental en mi recorrido académico y su respaldo han sido mi mayor motivación. Gracias a sus contribuciones y a la fe que han depositado en mí.

**John Feo**

Con profunda gratitud dedico este trabajo a Dios, por guiar mis pasos y darme la fortaleza para superar cada obstáculo. A mis padres y hermanos, por su fé inquebrantable y su amor incondicional, que me han impulsado a seguir adelante. A Mariana, mi pequeña fuente de inspiración, por su alegría y su paciencia infinita. A John, mi compañero de batallas académicas, por su brillante mente y su amistad. A José Ricardo y María Fernanda, nuestros mentores, por sus valiosos consejos y su experiencia. Gracias porque han dejado una huella imborrable en este trabajo, a cada uno les agradezco por hacer posible este logro.

**Vanessa Archila**

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a nuestros compañeros de maestría por su valioso apoyo, compartiendo su conocimiento y herramientas que enriquecieron el desarrollo de esta tesis. A José Ricardo Buitrago, nuestro director de Tesis, le agradecemos por su inmensa sabiduría y profundo conocimiento en innovación, lo cual nos ha guiado en este apasionante camino de investigación.

A María Fernanda, agradecemos su apoyo constante como experta en temas de biomasa. Su dedicación incansable y dirección en esta prestigiosa maestría de nuestra universidad ha sido de inmenso valor para nosotros.

A Andrés Torres, quien ha sido nuestra fuente de inspiración en este trabajo, agradecemos sus orientaciones iniciales y su constante motivación para que esta tesis sea el punto de partida hacia nuevos proyectos y oportunidades de negocio. Su contribución ha sido fundamental en nuestro viaje académico.

Estamos profundamente agradecidos por el apoyo y la orientación que hemos recibido de cada uno de ustedes. Este logro no habría sido posible sin su inestimable ayuda y guía en nuestra investigación.

**Autores**

## ABSTRACT

### **Español**

Esta investigación propone un portafolio de tecnologías para la densificación de biomasa residual en Colombia, con el objetivo de impulsar proyectos de innovación en sistemas de peletización, briquetización u otros para usos térmicos e industriales. El estudio se basa en la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC) para identificar tecnologías que permitan aprovechar el potencial de la biomasa residual en Colombia, un recurso subutilizado a pesar de la creciente demanda mundial de biocombustibles densificados como los pellets. Se abordan las barreras, como la falta de inversión en I+D, la ausencia de un marco regulatorio sólido y la competencia con otros usos de la biomasa.

La investigación se enmarca en los conceptos de innovación, Vigilancia Tecnológica (VT) e Inteligencia Competitiva (IC), revisando sus definiciones, procesos e importancia en la gestión de la I+D+i. Se analizan las normas UNE 166000, las NTC 5800, 5801, 5802 y la GTC 186, que establecen los requisitos para la gestión de la I+D+i y la VT. Se realizó una búsqueda de información científica y tecnológica en bases de datos como Scopus y Lens, utilizando palabras clave y criterios técnicos para la selección de patentes relevantes. Las patentes se analizaron mediante un análisis multicriterio, considerando su aplicabilidad en Colombia, la eficiencia energética, la escalabilidad y la generación de subproductos.

Como resultado, se identificaron 15 patentes con potencial para ser implementadas en Colombia, la mayoría de China, un par de Estados Unidos y una de Rumania. Se analizó la información de las patentes a través de gráficos y datos. Se encontró que China lidera la innovación en el campo de la densificación de biomasa. La investigación concluye que la VTIC es una herramienta fundamental para la innovación en el sector energético y propone un portafolio de tecnologías para la densificación de biomasa residual en Colombia, con el potencial de contribuir a la diversificación energética y al desarrollo sostenible. Se recomienda profundizar en el análisis técnico y económico de las patentes seleccionadas, adaptar las tecnologías a las condiciones locales, y fomentar la colaboración entre universidades, centros de investigación y empresas.

## **English**

This research proposes a portfolio of technologies for the densification of residual biomass in Colombia, with the objective of promoting innovation projects in pelletization, briquetting, or other systems for thermal and industrial uses. The study is based on Technological Surveillance and Competitive Intelligence (VTIC) to identify technologies that allow the utilization of the potential of residual biomass in Colombia, an underutilized resource despite the growing global demand for densified biofuels such as pellets. Barriers such as the lack of investment in R&D, the absence of a solid regulatory framework, and competition with other uses of biomass are addressed.

The research is framed within the concepts of innovation, Technological Surveillance (VT), and Competitive Intelligence (IC), reviewing their definitions, processes, and importance in the management of R&D&I. The UNE 166000, NTC 5800, 5801, 5802, and GTC 186 standards, which establish the requirements for the management of R&D&I and VT, are analyzed. A search for scientific and technological information was carried out in databases such as Scopus and Lens, using keywords and technical criteria for the selection of relevant patents. The patents were analyzed through a multicriteria analysis, considering their applicability in Colombia, energy efficiency, scalability, and the generation of byproducts.

As a result, 15 patents with the potential to be implemented in Colombia were identified, mostly from China, a couple from the United States, and one from Romania. The information from the patents was analyzed through graphs and data. It was found that China leads innovation in the field of biomass densification. The research concludes that VTIC is a fundamental tool for innovation in the energy sector and proposes a portfolio of technologies for the densification of residual biomass in Colombia, with the potential to contribute to energy diversification and sustainable development. It is recommended to deepen the technical and economic analysis of the selected patents, adapt the technologies to local conditions, and encourage collaboration between universities, research centers, and companies.

## TABLA DE CONTENIDO

.....	
Capítulo 1 INTRODUCCIÓN .....	1
Capítulo 2 OBJETIVOS .....	4
2.1.    Objetivo general.....	4
2.2.    Objetivos específicos .....	4
Capítulo 3 PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	5
Capítulo 4 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	9
4.1.    La Innovación como soporte de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC).....	9
4.2.    Vigilancia Tecnológica (VT) .....	10
4.3.    Inteligencia Competitiva (IC) .....	13
4.4.    Transición Energética y la innovación.....	15
4.5.    Bioenergía como tendencia sostenible y competitiva.....	16
4.6.    Biomasa y su camino en la innovación.....	19
4.7.    Estado del arte relacionado con la densificación .....	20
Capítulo 5 METODOLOGÍA .....	22
5.1.    Metodología planteada para la presente Investigación. ....	23
5.1.1.    Etapa 01. Identificación de necesidades de información, fuentes internas y externas .....	24
5.1.2.    Etapa 02. Planificación de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC) .....	25
5.1.3.    Etapa 03. Búsqueda, selección y tratamiento de la información .....	25
5.1.4.    Etapa 04. Puesta en valor y almacenamiento de la información.....	26
5.1.5.    Etapa 05. Productos de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC). ....	27
5.1.6.    Etapa 06. Resultados de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC) 28	
Capítulo 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
6.1.    Resultados de la Etapa 01: Identificación de necesidades de información, fuentes internas y externas: .....	29
6.2.    Resultados de la Etapa 02: Planificación de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC).....	32
6.3.    Resultados de la Etapa 03: Búsqueda, selección y tratamiento de la información. ....	33
6.4.    Resultados de la Etapa 04: Puesta en valor y almacenamiento de la información. ....	35
6.5.    Resultados Etapa 05. Productos de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC).....	36
6.5.1.    Primera Fase. Análisis Global de la información ecuaciones usadas .....	36
6.5.2.    Análisis de datos de la Primera Fase.....	37

6.5.3.	Segunda Fase. Definición de criterios técnicos enfocados a Patentes: Ecuaciones usadas .....	42
6.5.4.	Análisis de datos Segunda Fase: Patentes.....	43
6.5.5.	Patentes de la Super Intendencia de Industria y Comercio (SIC).....	43
6.5.6.	Análisis de Patentes de Lens Patents .....	46
6.5.7.	Tercera Fase. Conjunto de datos final.....	50
6.5.8.	Tercera Fase. Análisis de datos Lens Patents .....	51
6.6.	Resultados de la Etapa 06: Resultados de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC).....	54
6.6.1.	Portafolio de tecnologías que aplican para Colombia.....	55
6.6.2.	Potencialidad de las patentes globales para ser adaptadas en Colombia. ....	60
6.6.3.	Potencial de las patentes de la SIC para aplicarse en Colombia.....	61
Capítulo 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		62
7.1.	Recomendaciones .....	65
REFERENCIAS.....		66
ANEXOS .....		72

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparativo Normas UNE España y NTC Colombia. Fuente: Adaptado por Autores	12
Tabla 2. Metodología para la evaluación de patentes. Fuente. Autores, 2024 .....	28
Tabla 3. Análisis de conjunto de patentes y selección de portafolio. Fuente: Autores, 2024.....	28
Tabla 4. Identificación de necesidades priorizadas. Fuente: Autores 2024.....	30
Tabla 5. Fuentes de información utilizadas en el estudio. Fuente: Autores 2024 .....	32
Tabla 6. Planificación de las etapas de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC). Fuente: Autores 2024.....	33
Tabla 7. Software y plataforma usados para el análisis de datos. Fuente: Autores .....	35
Tabla 8. Tipo de tratamiento de datos y herramientas usadas .....	35
Tabla 9. Operadores booleanos y búsqueda de información exploratoria de 1a Primera Fase. Fuente: Autores. ....	37
Tabla 10. Operadores booleanos y búsqueda de información exploratoria de 1a Segunda Fase. Fuente: Autores. ....	42
Tabla 11. Patentes identificadas en la ecuación de búsqueda. Fuente: [80] .....	45
Tabla 12. Operadores booleanos y búsqueda de información exploratoria de 1a Tercera Fase. Fuente: Autores. ....	51
Tabla 13. Resumen de las patentes con potencial para Colombia: Autores 2024 .....	59
Tabla 14. Potencialidad del portafolio de patentes para diversos usos. Fuente: Autores, 2024. ..	61
Tabla 15. Análisis de las patentes de la SIC y su potencial en Colombia. Fuente: Autores, 2024. .....	62

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principales fuentes de Biomasa y tipos de combustibles densificados. Fuente: [17].....	7
Figura 2. Principales tipos de Innovación. Fuente: [25] .....	10
Figura 3. Oferta total de energía mundial por fuente en exajulios (EJ), 1971 – 2019, Fuente: [43] .....	17
Figura 4. Proceso de transformación de biomasa para diversos usos. Fuente: Adaptado de [51] por autores.....	19
Figura 5. Proceso de peletización de biomasa. Fuente: Tomado de [59] .....	21
Figura 6. Modelo conceptual de la Inteligencia estratégica. Fuente: [69] .....	23
Figura 7. Esquema Metodológico. Fuente: Adaptado de [33], [70], [71] por autores.....	24
Figura 8. Índice de potencialidad de biomasa agregado por municipios. Fuente: [76] .....	31
Figura 9. Motores de búsqueda para Vigilancia Tecnológica (VT) de tipo científico. Fuente: Autores 2024.....	34
Figura 10. Almacenamiento de Datos utilizados. Fuente: Autores .....	36
Figura 11. Diagrama de árbol o de sankey. Fuente: Autores.....	38
Figura 12. Autores más relevantes. Fuente: Autores.....	39
Figura 13. Documentos más citados por autor. Fuente: Autores.....	39
Figura 14. Mapa de árbol. Fuente: Autores.....	41
Figura 15. Evolución temática. Fuente: Autores.....	42
Figura 16. Patentes a lo largo del tiempo. Fuente: Autores.....	47
Figura 17. Distribución geográfica de patentes. Fuente: Autores.....	47
Figura 18. Distribución geográfica de patentes. Fuente: Autores.....	48
Figura 19. Fuentes más citadas de Lens patents. Fuente: Autores.....	49
Figura 20. Inventores top Lens Patents. Fuente: Autores.....	50
Figura 21. Patentes a través del tiempo, 2014 – 2024. Fuente: Adaptado de Lens Patents por Autores, 2024.....	51
Figura 22. Patentes por países.....	52
Figura 23. Información de publicación de propietarios e inventores. Fuente. Adaptado de Lens por Autores, 2024.....	53
Figura 24. Patentes más citadas. Fuente: Adaptado de Lens Patents por Autores,2024.....	54
Figura 25. Patentes Seleccionadas. Fuente: Adaptado de Lens Patents por Autores,2024.....	55

## Capítulo 1

### INTRODUCCIÓN

El uso de energías renovables se ha establecido como una estrategia global para mitigar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, generadas por la industria y para disminuir la dependencia de los combustibles fósiles [1]. El uso extensivo y prolongado de estos ha contribuido en gran medida al deterioro del medio ambiente. En este contexto, la adopción de fuentes renovables de energía, como la solar, eólica, térmica, mareomotriz y la derivada de la biomasa, se vuelve crucial. Estas fuentes no solo ofrecen beneficios para la salud y el medio ambiente, sino que también suelen ser tecnologías asequibles, lo que fomenta su integración en la matriz energética mundial [1].

La biomasa emerge como una alternativa energética proveniente de fuentes renovables para la producción de bioenergía. Colombia se destaca como un país con un potencial significativo para el desarrollo agrícola de biomasa como fuente renovable. Anualmente, el país produce aproximadamente 72 millones de toneladas de biomasa residual, siendo la agroindustria de la caña responsable de alrededor de 7 millones de toneladas por año. En el sector arrocero, se generan aproximadamente 409,788 toneladas al año, mientras que en la producción de café se alcanzan las 193,469 toneladas anuales. Asimismo, la producción de palma de aceite contribuye con 0.7 millones de toneladas por año [2] [3] [4].

Estas cifras no incluyen la biomasa residual forestal ni los residuos de estiércol animal y urbanos. En conjunto, la disponibilidad de biomasa residual en Colombia se estima entre 36 y 420 Peta Julios, consolidando así su potencial como fuente de energía renovable [5].

La biomasa se erige como una alternativa energética prometedora para generar energía térmica renovable, su utilización en forma de combustible sólido, como los pélets o briquetas elaborados de biomasa, representan un avance significativo en este campo [6]. Para mejorar la densidad de la biomasa, facilitar su almacenamiento y reducir los costos de transporte, se emplean procesos de secado, reducción de forma y compresión, dando lugar a los pélets [6].

A nivel mundial, el uso de pélets ha experimentado un crecimiento notable tanto en la industria como en los hogares, alcanzando los 37 millones de toneladas entre 2000 y 2015, con una tasa de crecimiento del 92% [6]. Este mercado emergente y en expansión ha llevado a países como Estados Unidos y Canadá a establecer grandes plantas de producción de pélets, impulsando la comercialización transcontinental mediante tratados comerciales. Este esfuerzo ha extendido el alcance del producto hasta Europa y Asia, generando una demanda adicional de casi 18 millones de toneladas en 2010 [7].

En el contexto colombiano, se evidencia un mercado de pélets muy limitado, caracterizado por la presencia de pequeñas a medianas plantas de peletización de biomasa con una capacidad total de 10,000 toneladas para el año 2022. Estas plantas se destinan principalmente a abastecer los mercados locales de calefacción residencial [8]. En el ámbito latinoamericano, países como Chile, Argentina y Colombia producen conjuntamente alrededor de dos millones de toneladas métricas de pélets al año, mientras que Brasil, como el principal productor de la región, alcanzó una producción de 1.3 millones de toneladas métricas para el año 2022. Es importante destacar que una parte significativa de esta producción, que incluye pélets elaborados a partir del bagazo de caña de azúcar, se destina a la exportación [8].

Sin embargo, a pesar del potencial regional, el porcentaje de material producido por Latinoamérica y el Caribe apenas representó un 3% de la capacidad global de producción de pélets en el año 2022 [8]. Este panorama sugiere que, si bien existe un interés y una capacidad productiva en la región, aún queda un gran margen para el crecimiento y la expansión del mercado de pélets en América Latina. En este sentido, es crucial explorar estrategias y políticas que impulsen el desarrollo de esta industria en la región, aprovechando los recursos naturales disponibles y promoviendo la inversión y la innovación en tecnologías de producción de pélets.

Con el objetivo de capitalizar el potencial de Colombia, en la generación de biomasa residual y responder a la creciente demanda del mercado europeo y asiático de pélets u otro combustible de biomasa, este documento propone llevar a cabo un proceso de Vigilancia

Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC). Este enfoque busca explorar las diversas alternativas disponibles a nivel mundial, con el fin de establecer las directrices necesarias para la implementación de un proyecto de producción de pélets en Colombia utilizando biomasa residual de alta calidad.

Este proyecto no solo apunta a proponer alternativas para la demanda externa, sino también ofrecer una alternativa sostenible en la industria local, promoviendo el uso de pélets u otro combustible de biomasa densificado emergente, como sustituto del carbón y contribuyendo así a la mitigación de impactos ambientales. La Vigilancia Tecnológica y la Inteligencia Competitiva (VTIC) serán herramientas fundamentales para identificar las mejores prácticas, tecnologías y estrategias de mercado, garantizando así la viabilidad y competitividad del proyecto en el contexto nacional e internacional.

## **Capítulo 2**

### **OBJETIVOS**

#### **2.1. Objetivo general**

Proponer un portafolio de tecnologías que sirva como base para proyectos de innovación, en sistemas de peletización briquetización u otros relacionados con densificación de biomasa residual, para usos térmicos e industriales en Colombia, empleando Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC).

#### **2.2. Objetivos específicos**

Identificar los conceptos asociados con la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC) como herramientas fundamentales para proyectos de innovación.

Determinar los elementos críticos que sirvan de base para iniciar el proceso de Vigilancia Tecnológica (VT) en procesos de peletización.

Desarrollar el proceso de Vigilancia Tecnológica (VT) que identifique las tecnologías de procesos de peletización, relevantes para Colombia.

Determinar los elementos o factores críticos de la Inteligencia Competitiva que son relevantes para el estudio.

Desarrollar la Inteligencia Competitiva que permita llegar al portafolio de tecnologías más aptas para implementar en Colombia.

### **Capítulo 3**

## **PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

A nivel mundial, la biomasa destaca como la principal fuente de energía renovable, siendo ampliamente utilizada para la generación eléctrica. En el año 2016, se produjeron aproximadamente 500 TWh de electricidad a partir de biomasa, representando el 2% de la generación eléctrica global [9]. Sin embargo, en Colombia, el potencial de la biomasa residual permanece subutilizado, centrándose principalmente en la producción de biocombustibles de primera generación [10]. Por ejemplo, en el año 2013, la contribución de la biomasa a la generación eléctrica en Colombia fue de aproximadamente 804 GWh, equivalente al 1,3% de la producción total de electricidad.

La limitada penetración de la biomasa en la matriz energética colombiana refleja no solo un bajo aprovechamiento de los recursos disponibles, sino también una falta de visión estratégica y políticas claras en este ámbito. A pesar del potencial técnico de 16.000 MWh de biomasa aprovechable en el país[11], su contribución a la generación eléctrica es mínima, lo que pone de relevancia la necesidad urgente de acciones concretas para impulsar su desarrollo.

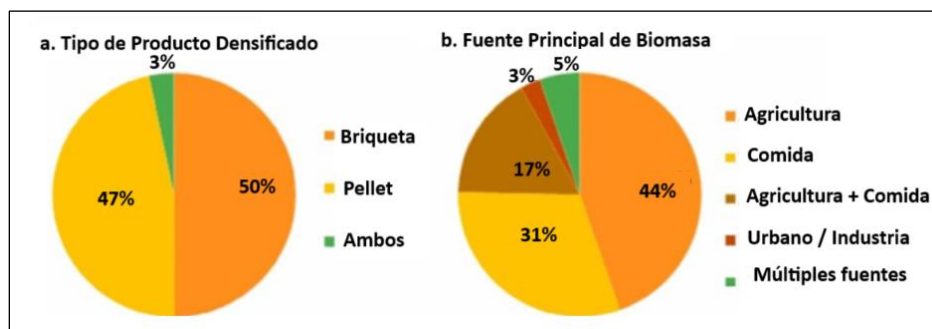
La explotación de la biomasa como fuente de energía en Colombia se enfrenta a múltiples desafíos, entre los cuales destacan la falta de inversión en investigación y desarrollo (I+D), la ausencia de un marco regulatorio sólido y la competencia por otros usos de la biomasa [12]. Estos obstáculos han limitado significativamente el desarrollo de un sector de bioenergía robusto y sostenible en el país.

La falta de iniciativas en este sentido se refleja en la escasa cantidad de proyectos eléctricos basados en biomasa registrados en la UPME (12 proyectos registrados), que representan apenas 50 MW de capacidad instalada. Este panorama contrasta con las proyecciones modestas de crecimiento en la capacidad de generación eléctrica basada en biomasa entre 2020 y 2030, especialmente en las Zonas No Interconectadas (ZNI) [12] [11].

Sin embargo, el potencial latente de la biomasa en las ZNI ofrece una oportunidad significativa para impulsar la competitividad y el desarrollo rural en Colombia. La biomasa no solo puede contribuir a diversificar la matriz energética del país, sino también a crear empleo en zonas rurales y promover prácticas agrícolas sostenibles. En este contexto, es crucial abordar las barreras actuales y establecer políticas que fomenten la inversión y la innovación en el sector de la biomasa, con el fin de exaltar su potencial como una fuente de energía renovable clave para el futuro de Colombia [11].

En Colombia, la producción de pélets de madera se concentran en algunas empresas fabricantes como Bioena [13], Refocosta [14], HRG ingeniería [15], Agroforestal de Antioquía son las que mayormente resaltan en el mercado. Por otro lado se presentan comercializadores como Servicons, INMSAFT, Pallets de Colombia [16], junto a con otros pequeños comercializadores. La falta de plantas que utilicen biomasa residual como materia prima resalta la necesidad de explorar nuevas oportunidades en el sector, especialmente considerando el potencial no aprovechado de los residuos agrícolas y forestales para la generación de energía renovable.

Estudios han evidenciado el gran potencial de América Latina en términos de producción de biomasa residual. Se estima que el 92% de esta biomasa proviene de fuentes agrícolas, como cultivos energéticos, residuos de cultivos y desechos agrícolas, así como de fuentes madereras, incluyendo aserrín, desechos de aserradero y plantaciones de árboles. Además, aproximadamente un 17% de la biomasa residual explorada proviene de residuos industriales y urbanos. Estos datos sugieren grandes posibilidades para el uso de diferentes tipos de biomasa en la región. Por otro lado, se observa que, del total de productos densificados, el 47% se destina a briquetización, el 50% a peletización y un 3% a ambos procesos, según se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Estos hallazgos resaltan la importancia de la peletización como uno de los principales métodos de densificación de biomasa, así como la necesidad de explorar su potencial para maximizar su aprovechamiento en la región [17]



**Figura 1. Principales fuentes de Biomasa y tipos de combustibles densificados. Fuente: [17].**

La abundante producción de biomasa residual agrícola en Colombia, estimada en alrededor de 72 millones de toneladas anuales, revela un recurso subutilizado con un potencial significativo para la generación de energía renovable [3]. Específicamente, en sectores clave como la agroindustria de la caña de azúcar, el gremio arrocero, los cultivos de café y la producción de palma aceitera, se generan volúmenes sustanciales de residuos que podrían ser aprovechados para la producción de biomasa.

Por ejemplo, se estima que la agroindustria de la caña de azúcar produce aproximadamente 7 millones de toneladas de residuos al año, mientras que el gremio arrocero genera alrededor de 409.788 toneladas anuales de cascarilla de arroz. Asimismo, los cultivos de café contribuyen con 193.469 toneladas anuales de cascarilla y la producción de palma aceitera genera aproximadamente 1,6 millones de toneladas de residuos anuales. Estos datos subrayan el alto potencial de Colombia para la generación de biomasa a partir de residuos agrícolas y madereros, lo que podría contribuir significativamente a la diversificación de la matriz energética del país y a la reducción de su dependencia de combustibles fósiles.

Sin embargo, a pesar de este potencial, la falta de infraestructura adecuada, la limitada investigación y desarrollo en este campo, y las barreras regulatorias pueden obstaculizar la plena explotación de estos recursos. Por lo tanto, es crucial abordar estos desafíos y desarrollar estrategias innovadoras para fomentar el aprovechamiento sostenible de la biomasa residual en Colombia [3].

A pesar del avance de Colombia hacia la sostenibilidad, aún carece de una ruta definida para la implementación de criterios e indicadores específicos de sostenibilidad en el aprovechamiento de la biomasa proveniente de residuos agrícolas. Esta falta de claridad dificulta la transición de una economía basada en combustibles fósiles a una basada en biomasa y la identificación de criterios de sostenibilidad aplicables a bioproductos [18]. Además, el país se ha visto limitado en el uso moderno de la bioenergía, centrando su producción en biocombustibles de primera generación a partir de caña de azúcar y aceite de palma.

Se han identificado diversas barreras que obstaculizan la generación de energía a partir de biomasa, como el bajo precio de la electricidad, la falta de apoyo político, la competencia con el diésel subsidiado en Zonas No Interconectadas (ZNI), limitaciones tecnológicas, altos costos de las tecnologías, infraestructura limitada para el transporte de biomasa, la percepción de que la hidroenergía es la mejor solución, el éxito limitado de las políticas actuales, la falta de objetivos claros y estrategias de planificación, así como la falta de aceptación pública [19] [20]. Estas barreras representan desafíos significativos que deben abordarse para aprovechar plenamente el potencial de la biomasa como fuente de energía renovable en Colombia.

Aunque este estudio no se centra en el análisis financiero, un ejemplo con datos de una planta piloto en Colombia ilustra el potencial económico de la producción de pellets. Esta planta, con una capacidad de 10 toneladas mensuales y utilizando borra de café con aglutinante de crudo de palma, proyecta recuperar la inversión en aproximadamente 6 años. Según el estudio, en 2021 el Valor Presente Neto (VPN) alcanzaría los \$54.000.000 de pesos, con una atractiva Tasa Interna de Retorno (TIR) del 29,88%. Estos indicadores financieros resaltan la viabilidad económica de la producción de pellets en Colombia y refuerzan la necesidad de impulsar proyectos que aprovechen recursos disponibles, contribuyendo a la diversificación energética del país [21].

Actualmente, la industria colombiana de pélet está dominada por pocas compañías fabricantes. Sin embargo, al analizar el mercado, se identifica una oportunidad prometedora para establecer una planta de biomasa en Colombia. Esta planta tendría el potencial de satisfacer la creciente demanda de energía térmica de la industria local y competir en el mercado de la Unión

Europea, donde existe una demanda significativa de pélet para alimentar centrales térmicas industriales y sistemas de calefacción doméstica. El objetivo de este documento es proporcionar alternativas viables que conduzcan a conclusiones fundamentadas sobre la selección de la mejor tecnología y con las cualidades necesarias para ingresar con éxito a este mercado cada vez más competitivo [22].

## **Capítulo 4**

### **MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE**

El presente proyecto de investigación se centra en el desarrollo de un enfoque integral para la innovación en el sector de las energías renovables, con un énfasis particular en la biomasa como fuente de energía sostenible. En este sentido, el presente capítulo, ofrece una revisión desde una perspectiva global hasta local sobre los conceptos fundamentales que sustentan este proceso innovador. Se explora el concepto de innovación y su proceso subyacente, seguido por una discusión sobre la importancia de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC) en este contexto. Luego, se aborda la transición energética, contextualizando sus aspectos conceptuales y normativos, así como los desafíos y barreras asociados. Finalmente, se presenta potencial energético de la biomasa, explorando sus procesos de conversión y las tecnologías de densificación relevantes para el presente estudio.

#### **4.1. La Innovación como soporte de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC)**

La innovación, definida como la acción de dotar a los recursos con una nueva capacidad de producir riqueza, crea un “recurso” [23]. Es un factor esencial para el dinamismo y el desarrollo económico. Esta innovación puede manifestarse en diversas formas, desde un producto innovador hasta un proceso más eficiente, una estrategia de marketing disruptiva o una reorganización del trabajo.

El Manual de Oslo, guía internacional para la medición y análisis de las actividades de innovación, respalda esta visión amplia de la innovación. Peter Walter, uno de sus autores, enfatiza que la innovación no se limita al ámbito tecnológico, sino que abarca todas las áreas de una empresa y se basa en la generación y aplicación de nuevas ideas para optimizar productos, procesos y servicios [24].

Esta amplia definición subraya la capacidad de la innovación para generar múltiples beneficios y cambios significativos en diversas áreas, como la tecnología, la competitividad, la productividad, la calidad de vida y la sostenibilidad, destacando su papel fundamental en el progreso integral y sostenible de las sociedades. La Figura 2. ilustra los cuatro tipos principales de innovación, representados en un ciclo continuo, indicando que estos tipos de innovación están interrelacionados y pueden influirse mutuamente.



**Figura 2. Principales tipos de Innovación. Fuente: [25]**

#### **4.2. Vigilancia Tecnológica (VT)**

A nivel internacional, la vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva se han convertido en pilares fundamentales para el éxito de la I+D+i de las organizaciones. Tanto en Colombia como en España, existen normativas que impulsan la vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva dentro de los procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i).

La Guía Técnica Colombiana GTC 186:2009, que ofrece directrices para implementar sistemas de vigilancia tecnológica [26], que junto con las Normas Técnicas Colombianas NTC 5800, NTC 5801 y NTC 5802, ofrecen un marco de los requisitos para un sistema de gestión de la I+D+i [27] [28] [29]. En España, la familia de normas AENOR UNE 166000, de desarrollo más reciente, también integra la vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva estos elementos clave para la gestión de la I+D+i.

Tanto las normas UNE de España como las NTC/GTC de Colombia comparten un enfoque común en la gestión de la I+D+i, incluyendo la vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva. Si bien las NTC se basan en las UNE, la UNE 166006:2018 y la GTC 186:2019 ofrecen los lineamientos más detallados para esta tesis, especialmente la UNE 166006 que se centra en la creación y gestión de sistemas de vigilancia e inteligencia.

En la Tabla 1 se presenta una comparación entre las normas UNE de España con la familia de Normas NTC y GTC de Colombia con el fin de identificar similitudes y diferencias entre ellas:

<b>Norma UNE (España)</b>	<b>Norma NTC/GTC (Colombia)</b>	<b>Similitudes</b>	<b>Diferencias</b>
UNE 166000:2006 Gestión de la I+D+i: Terminología y definiciones de las actividades de I+D+i	NTC 5800:2008 Gestión de la I+D+i. Terminología y definiciones	Ambas normas definen términos y conceptos clave relacionados con la I+D+i, proporcionando un lenguaje común para las partes interesadas.	La NTC 5800 se basa en la UNE 166000 pero puede incluir modificaciones y adaptaciones al contexto colombiano.
UNE 166002:2014 Gestión de la I+D+i: Requisitos del sistema de gestión de la I+D+i	NTC 5801:2008 Gestión de la I+D+i. Requisitos del sistema de gestión de la I+D+i	Ambas normas establecen los requisitos para implementar un sistema de gestión de la I+D+i, incluyendo la vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.	La NTC 5801 se basa en la UNE 166002 pero puede incluir modificaciones y adaptaciones al contexto colombiano.
UNE 166006:2018 Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia e inteligencia	GTC 186:2009 Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia (V)	Ambas normas proporcionan directrices para la implementación de un sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.	La GTC 186 se basa en la UNE 166006 pero es una guía técnica, no una norma, por lo que su aplicación es voluntaria. Además, puede incluir modificaciones y adaptaciones al contexto colombiano.

Norma UNE (España)	Norma NTC/GTC (Colombia)	Similitudes	Diferencias
	NTC 5802:2008 Gestión de la I+D+i. Requisitos de un proyecto de I+D+i		La NTC 5802 se centra en los requisitos específicos para la gestión de proyectos de I+D+i, complementando las demás normas.

**Tabla 1. Comparativo Normas UNE España y NTC Colombia. Fuente: Adaptado por Autores**

Las normas UNE han evolucionado en su definición de la Vigilancia Tecnológica. Según la norma técnica española UNE 166000 de 2006 [30] se define la Vigilancia Tecnológica (VT) como un «proceso organizado, selectivo y sistemático para captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, para seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, y convertirla en conocimiento para tomar decisiones con menor riesgo y anticiparse a los cambios».

Las normas NTC 5800, 5801 y 5802, aunque no definen explícitamente la Vigilancia Tecnológica (VT), la integran como un componente esencial de la gestión de la I+D+i. La NTC 5800 destaca la importancia de la vigilancia del entorno tecnológico y de mercado, proporcionando el marco conceptual para la VT [27]. La NTC 5801, al detallar los requisitos para un sistema de gestión de la innovación, reconoce la VT como un elemento fundamental para identificar oportunidades, anticipar tendencias y tomar decisiones. Finalmente, la NTC 5802 complementa estas normas al enfocarse en los requisitos específicos para proyectos de I+D+i, donde la VT facilita el acceso a información relevante sobre tecnologías, mercado y competidores [27] [28] [29].

La vigilancia es un componente esencial de la gestión de la I+D+i, y la GTC 186 proporciona una guía valiosa para su implementación. Este guía ofrece directrices sobre cómo planificar, ejecutar y realizar el seguimiento de las actividades de vigilancia, asegurando que la información relevante sea capturada, analizada y utilizada de manera efectiva para impulsar la innovación y la competitividad [26].

Esta definición se complementa con la norma UNE 166002:2014 [31], que amplía el alcance de la VT al incluir información de diversos ámbitos, como el legislativo, económico, social, de mercado, normativo y técnico. De esta forma, la VT se convierte en un proceso integral que permite a las organizaciones capturar, analizar, difundir y explotar de manera sistemática información relevante para la toma de decisiones estratégicas

Así mismo, la norma UNE 166006 del 2018 [32] sintetiza el concepto de Vigilancia Tecnológica (VT) definiéndolo como un «proceso ético y sistemático de recolección y análisis de información acerca del ambiente de negocios, de los competidores y de la propia organización, destinada a la toma de decisiones». Adicionalmente la norma UNE 166006:2018 considera la Vigilancia e Inteligencia (VI) en red, la prospectiva y la previsión, así como la externalización de servicios [33].

### **4.3. Inteligencia Competitiva (IC)**

La Inteligencia Competitiva (IC) se define como una técnica de gestión que ofrece un marco metodológico para establecer mecanismos para capturar información del entorno, analizarla y obtener información de valor añadido para aplicarla al proceso de toma de decisiones en cualquier parte de la cadena de valor [34]. Además, la Inteligencia Competitiva va más allá de estudios de mercado, puesto que tiene en cuenta otros aspectos del entorno de la organización como factores tecnológicos, sociales, o políticos y diferentes grados de alcance: largo, cercano y operacional [34].

A diferencia de la Vigilancia, la Inteligencia está enfocada a la orientación hacia la interpretación [35]. La función Inteligencia (función I) es definida como el acceso a tiempo, al conocimiento e información relevante en las distintas fases de la toma de decisiones, es utilizada en las últimas fases de acceso para extender su uso a otros niveles de decisión. [36]

La Inteligencia se diferencia de la Vigilancia en que no se limita a la mera obtención de información, sino que hace énfasis en la selección de esta información, en su análisis y en su presentación adecuada para que se pueda tomar decisiones.[36].

En inglés la Inteligencia empresarial suele denominarse “competitive intelligence” o “business intelligence”, mientras que en francés se prefiere la denominación de “intelligence économique”. Estas expresiones abarcan las distintas formas de Vigilancia: comercial, Tecnológica, jurídica financiera, entre otras. En definitiva, según [37] consideran que la Inteligencia presenta una información más elaborada y mejor preparada para la toma de decisiones.

En Inteligencia Competitiva [34] se menciona que hay un proceso de recogida de la información que permite racionalizar el proceso y busca contextualización que es la auditoría de la Inteligencia. Es el proceso por el cual se extrae las necesidades claves de la información que ayuda a planificar el proceso de Inteligencia, determinar el tipo de productos y servicios que se requiere ofrecer, así como orientar las fases de recogida y análisis de la información y permite verificar la eficacia del ciclo de la Inteligencia.

La fase de Inteligencia requiere un gran volumen de información y una minería de datos, por tanto, este proceso requiere el uso de tecnologías que faciliten los procesos de búsqueda y explotación de información. Buscadores y agentes inteligentes, bases de datos corporativas, técnicas de minería de datos, desarrollo de algoritmos, redes neuronales, métodos estadísticos y técnicas de visualización ayudan en las fases de Inteligencia [34].

Ortoll & Garcia, 2015, consideran relevante la minería de datos en la Inteligencia usando herramientas que automatizan la clasificación y la comparación de datos e información, facilitando el proceso de análisis. Las herramientas de minería de datos, minería de textos, minería web; permiten analizar grandes volúmenes de datos y textos con el fin de identificar patrones, tendencias y relaciones entre productos, clientes, servicios y otras actividades relacionadas con el objetivo del proyecto u organización.

Las técnicas empleadas en minería de datos para el diseño de modelos inteligentes consideran el uso de redes neuronales, reglas y arboles de regresión, arboles de decisión, algoritmos genéricos, clustering o agrupamiento, aprendizaje automático, redes bayesianas, conjuntos aproximados, máquinas de apoyo vectorial y lógica difusa. [34].

Muchas herramientas de Inteligencia Competitiva contienen técnicas de visualización de la información y la capacidad de integrar datos en diferentes formatos. Así, la visualización de la información almacenada en los “data warehouse” se puede hacer mediante cuadros de mandos digitales conocidos como “dashboard”, y que facilitan el seguimiento de indicadores en tiempo real sobre la evaluación del proyecto [34].

#### **4.4. Transición Energética y la innovación**

El aprovechamiento del conocimiento, la investigación y la innovación es crucial para impulsar la transición energética en Colombia, incorporando nuevas tecnologías y fuentes de energía no convencionales a la matriz energética. Sin embargo, para lograrlo, es necesario superar las limitaciones o barreras existentes, que se manifiestan en: Insuficiencia de capacidades de talento humano, carencias en la infraestructura, desarticulación y gestión institucional ineficientes [38].

La Política de Investigación e Innovación Orientadas por Misiones (PIIOM) del Ministerio de Ciencia y Tecnología ha identificado los siguientes desafíos de capacidad e investigación que obstaculizan la transición energética en Colombia [38]:

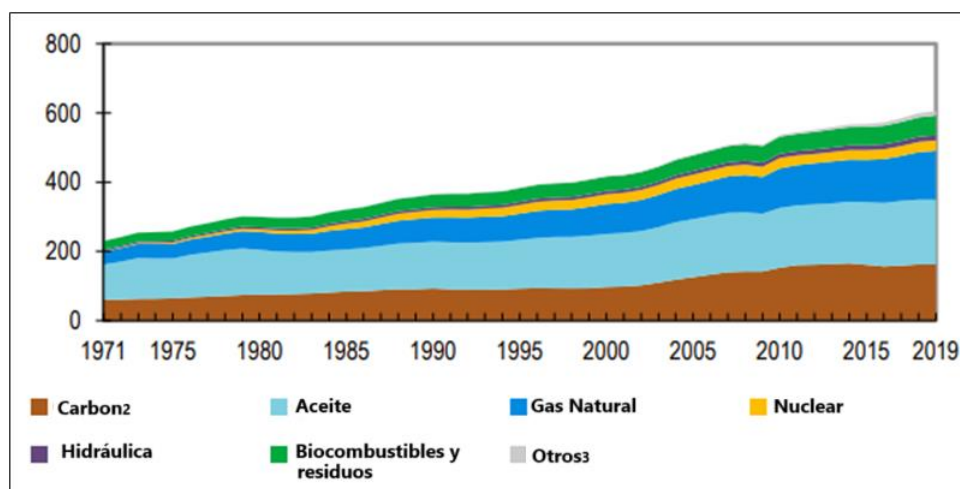
- Bajo desarrollo del talento humano: Solo dos departamentos, Bogotá-Cundinamarca y Antioquia, han alcanzado un desempeño alto en I+D, lo que refleja una brecha significativa en la formación de profesionales cualificados en áreas críticas para la transición energética.

- Disminución de la inversión en esquemas colaborativos de financiación: La inversión en I+D+i como porcentaje del PIB se redujo de 1,4% en 2021 a 0,89% en 2022, lo que limita el financiamiento para investigación y desarrollo de tecnologías energéticas sostenibles.
- Capacidades débiles en ciencia, tecnología e innovación (CTeI) en las cadenas de valor del sistema energético: La falta de capacidades en CTeI en las empresas y sectores relacionados con la energía renovable restringe la capacidad de Colombia para producir y adoptar estas tecnologías de manera eficiente.
- Escaso conocimiento y aceptación social de proyectos, junto con la limitada apropiación de proyectos por parte de las empresas: La falta de conocimiento sobre nuevas tecnologías y los beneficios de la transición energética entre las comunidades y las empresas dificulta la implementación de proyectos y su integración en el tejido social y productivo.

Abordar estos desafíos de manera integral es crucial para que Colombia pueda alcanzar sus metas de transición energética y aprovechar al máximo su potencial en energías renovables [38], [39], [40].

#### **4.5. Bioenergía como tendencia sostenible y competitiva**

La energía, como motor del desarrollo, impulsa la inversión, la innovación y el surgimiento de nuevas industrias, generando empleo, crecimiento inclusivo y prosperidad económica [41], [42]. La Figura 3 ilustra el aumento del consumo energético mundial, destacando el crecimiento de la biomasa y los residuos como fuente importante, pasando de 220 exajulios (EJ) en 1971 a 590 EJ en 2019, mientras que el carbón y los combustibles fósiles muestran un crecimiento estancado [43]. Esta tendencia evidencia el potencial de la biomasa como fuente energética renovable y sostenible.



**Figura 3. Oferta total de energía mundial por fuente en exajulios (EJ), 1971 – 2019, Fuente:**

[43]

En el contexto de las transiciones energéticas mundiales, la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) subraya la necesidad de una innovación sistémica que integre tanto los avances tecnológicos como los marcos de apoyo para alcanzar los objetivos de descarbonización y limitar el calentamiento global a 1,5°C. La bioenergía, con una participación proyectada del 18% en el consumo total de energía para 2050, está llamada a desempeñar un papel fundamental en esta transformación. Para aprovechar plenamente el potencial de la bioenergía, es imperativo promover su producción y uso sostenibles en todo el sistema energético. Esto incluye aplicaciones en el sector químico, combustibles para la aviación, la sustitución del gas natural por biometano y el prometedor concepto de bioenergía con captura y almacenamiento de carbono (BECCS por sus siglas en inglés) [44].

América Latina ofrece condiciones climáticas adecuadas con disponibilidad de agua y suelo para expandir la producción de biomasa, sin afectar la producción agrícola para consumo interno y exportación, ni afectar zonas protegidas países como, Brasil, Argentina y Colombia cuentan con un mayor desarrollo, pero también presentan retos a modo general:

- a) Desarrollar un marco legal y regulatorio: Se debe contar con un marco jurídico y reglamentario que defina y fomente la demanda de biocombustibles y bioelectricidad, que se comercialicen en condiciones rentables y seguridad jurídica
- b) Determinar valor económico de reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI): Programa RenovaBio en Brasil cuenta con beneficios importante en la determinación de valor económico mitigación de GEI para que se implemente en la región.
- c) Establecer un marco de cooperación entre países: Debe haber un diálogo entre los gobiernos, con la participación de la industria, instituciones financieras y agencias multilaterales para mejorar la base de conocimiento y ofrecer referencias en países interesados [45].

En Colombia, la utilización de biomasa se restringe principalmente a la producción de biocombustibles de primera generación. No obstante, el potencial de suministro técnico de biomasa en el país es considerable, con estimaciones que alcanzan hasta 5.200 petajulios (PJ) en las próximas cuatro décadas [10]. Sin embargo, actualmente no existen incentivos nacionales para la implementación de nuevas tecnologías, impuestos o subsidios que fomenten la participación significativa del sector privado en la integración de la biomasa como motor de producción [46].

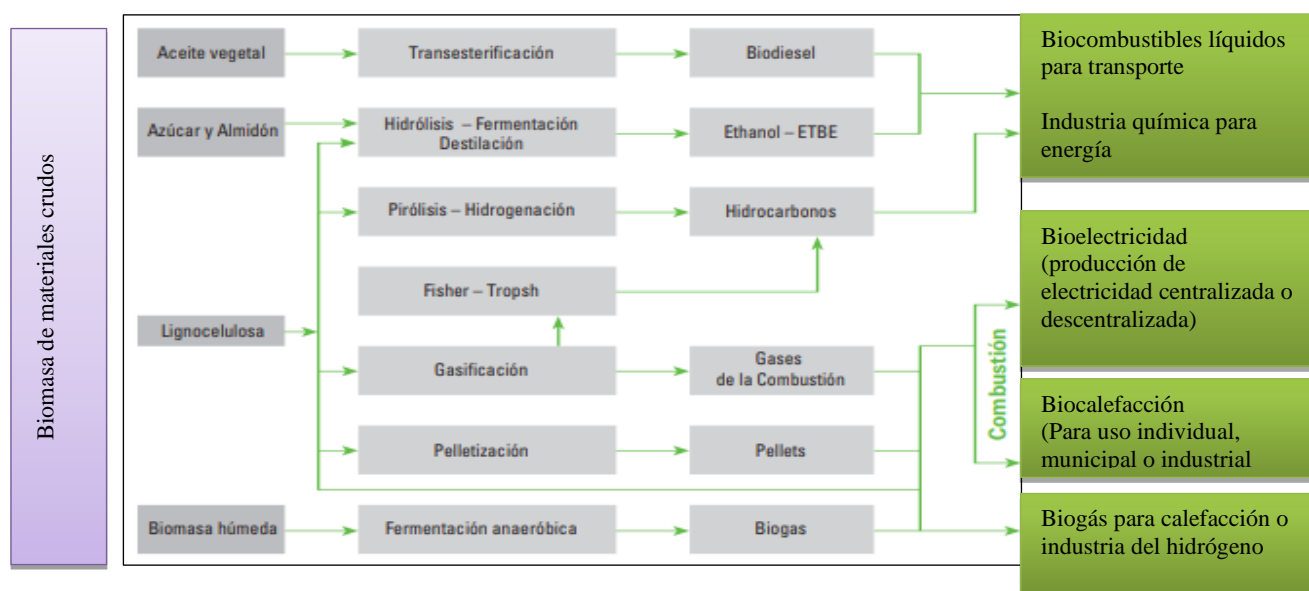
En el ámbito de la investigación, Colombia ha desarrollado diversos estudios que analizan el potencial energético de diferentes tipos de biomasa residual, incluyendo diversos escenarios nacionales y regionales, así como la aplicación de distintas tecnologías [5], [17] [2]. Adicionalmente, un estudio realizado mediante un análisis multicriterio evaluó la disponibilidad de biomasa residual, agrícola, ganadera y urbana, considerando objetivos de desarrollo sostenible para determinar los municipios con mayor aptitud para la producción de biomasa [10].

Cabe destacar la ausencia de estudios relacionados con Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC) enfocados en la identificación de tecnologías innovadoras para la densificación de biomasa.

#### 4.6. Biomasa y su camino en la innovación

La biomasa conocida como bioenergía o biocombustible es la materia orgánica de origen natural que se utiliza para generación de electricidad, calor, biocombustibles, procesos de calefacción, materias primas que puede ser usado en industrias como la, química, compostaje, entre otros [47], [48], [49]. Si la biomasa se cultiva y cosecha de manera que permita crecer sin agotar los recursos hídricos, nutrientes, es un recurso renovable que puede ser usado para generar energía, con pocas contribuciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) [50], [51], [52] [53].

La biomasa es versátil tiene diferentes usos, pero presenta inconvenientes que su densidad energética es muy baja, sin embargo, en los últimos años se han probado diversos métodos para convertir en combustibles de alta densidad como el carbón vegetal, combustibles líquidos, combustibles gaseosos como el hidrógeno, gas productor o biogás [51] [54] como se aprecia en la siguiente Figura 4.



**Figura 4. Proceso de transformación de biomasa para diversos usos. Fuente: Adaptado de [51] por autores.**

La tecnología de biomasa ha evolucionado notablemente, pasando por distintas generaciones que se diferencian por la procedencia y tipo de materia prima utilizada:

- Primera generación: Biocombustibles derivados de cultivos alimenticios.
- Segunda generación: Biocombustibles a partir de residuos agrícolas y forestales.
- Tercera generación: Biocombustibles de material vegetal no alimenticio de rápido crecimiento.
- Cuarta generación: Biocombustibles producidos por bacterias genéticamente modificadas.

Esta evolución refleja el esfuerzo continuo por desarrollar fuentes de energía más sostenibles y eficientes, contribuyendo a la mitigación del cambio climático y la seguridad energética.[52]

De la misma forma existen diversas tecnologías de conversión de biomasa en primaria relacionadas con combustión, gasificación y pirólisis, es decir conversión de biomasa en calor, por otro lado tecnologías de conversión secundaria transforman los productos de conversión primaria en combustibles para el transporte o una forma de energía como la electricidad [49], [50], [55],

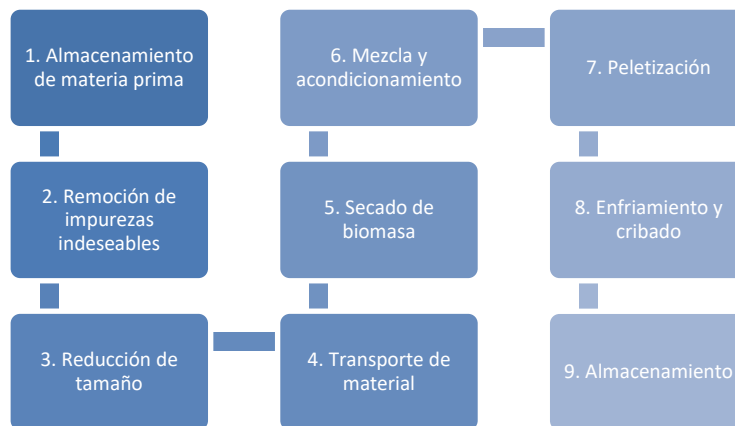
#### **4.7. Estado del arte relacionado con la densificación**

En los últimos 15 años, la investigación sobre densificación de biomasa ha experimentado un crecimiento constante, lo que evidencia el interés y los esfuerzos dedicados al desarrollo de esta tecnología para la producción de biocombustibles [56] [57]. Este impulso se fundamenta en las ventajas que ofrece la biomasa densificada, como su forma y propiedades uniformes, que la convierten en un material más fácil de manejar, transportar y procesar en conversiones termoquímicas como la combustión, gasificación y pirólisis [58] [59]

Un ejemplo destacado de biomasa densificada son los pélets, caracterizados por su alta densidad energética que los convierte en una opción eficiente para el transporte y almacenamiento [54]. Esta eficiencia se debe a la presencia de lignina en su composición, un componente natural que se ablanda bajo condiciones de alta presión y temperatura, actuando como aglutinante natural. Los pélets y briquetas de biomasa se posicionan como alternativas ecológicas y versátiles, con aplicaciones que abarcan el ámbito doméstico, industrial, municipal y energético [55]. Su atractivo

radica en su capacidad para sustituir a los combustibles fósiles de manera sostenible, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y promoviendo un uso más eficiente de los recursos naturales.

Los equipos de densificación se pueden clasificar según sus principios de funcionamiento y estos incluyen prensa de pistón, prensa de tornillo, prensa de rodillo, prensa manual y peletizadora [62]. Los pasos involucrados para la producción de briquetas y pélets incluyen la preparación de la materia prima, la densificación y el secado o enfriamiento del producto final [61], sin embargo, la cadena de procesos se resume en la siguiente **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**



**Figura 5. Proceso de peletización de biomasa. Fuente: Tomado de [59]**

Un aspecto crucial en la producción de combustibles densificados es el preprocesamiento de la biomasa, el cual depende de las características iniciales del material utilizado. Este proceso tiene como objetivo mejorar propiedades como la densidad aparente, la densidad energética, el almacenamiento y la manipulación de la biomasa [63]. La materia prima de biomasa ya sea residuos de madera, agrícolas, pecuarios, sólidos urbanos o provenientes del tratamiento de aguas residuales, determina el tipo de preprocesamiento requerido. Entre las técnicas más comunes se

encuentran la reducción de tamaño, la torrefacción, la explosión de vapor, la carbonización hidrotermal y el tratamiento biológico [64], [65], [66].

La selección de tecnología en la producción de pélets depende de las normativas de calidad (ISO17225-2, ENplus, SBP) para usos industriales y no industriales. En el ámbito no industrial (calefacción en edificios), existen tres categorías de pélets: A1 (máxima calidad), A2 y B (cogeneraciones o calefacción urbana). Para usos industriales (>50 kW), hay dos categorías: A1 (mayor calidad) y A2 (requisitos menos estrictos). La tecnología elegida debe considerar estas normativas, las características de la materia prima y el mercado objetivo [67] [68].

## **Capítulo 5**

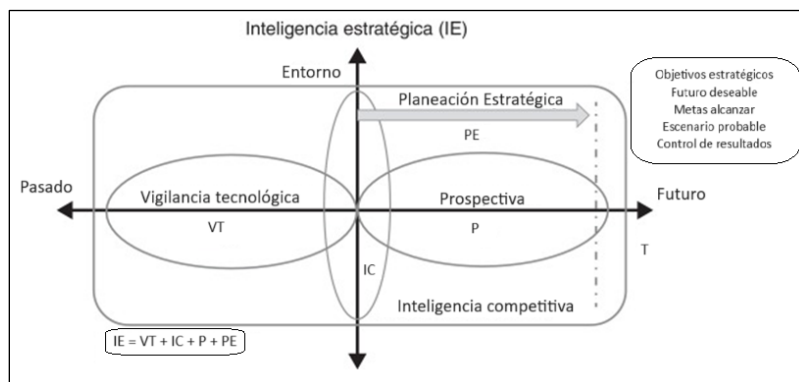
### **METODOLOGÍA**

La presente investigación se enmarcará en las directrices generales establecidas por la norma UNE 166006:2018, la cual servirá como referente metodológico para guiar el proceso de investigación. Sin embargo, es importante destacar que no se pretende cumplir con todos los requisitos específicos de la norma, sino adaptar su enfoque general a los objetivos particulares de este estudio.

Esta investigación tiene como objetivo principal proponer un conjunto de tecnologías de densificación de biomasa residual (peletización, briquetización) adecuadas para aplicaciones térmicas e industriales en el contexto colombiano. Por lo tanto, el alcance de la investigación se centrará en la búsqueda, identificación, evaluación y selección de tecnologías relevantes, sin profundizar en todos los aspectos de la gestión del conocimiento contemplados en la norma UNE 166006:2018.

Así mismo la presente metodología no abordará todos los aspectos de la Inteligencia Estratégica (IE) que aunque cuenta con aspectos en común como la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC), incluye otros aspectos como la prospectiva estratégica y gestión

del conocimiento para lograr una planeación estratégica integral [69] como se observa en el modelo conceptual:



**Figura 6. Modelo conceptual de la Inteligencia estratégica. Fuente: [69]**

En ese sentido la presente investigación acotará a los aspectos de la Inteligencia estratégica con aquellos relacionados con la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC) simplificando la ecuación de la siguiente manera:

$$MIE_a = VT + IC$$

Dónde:

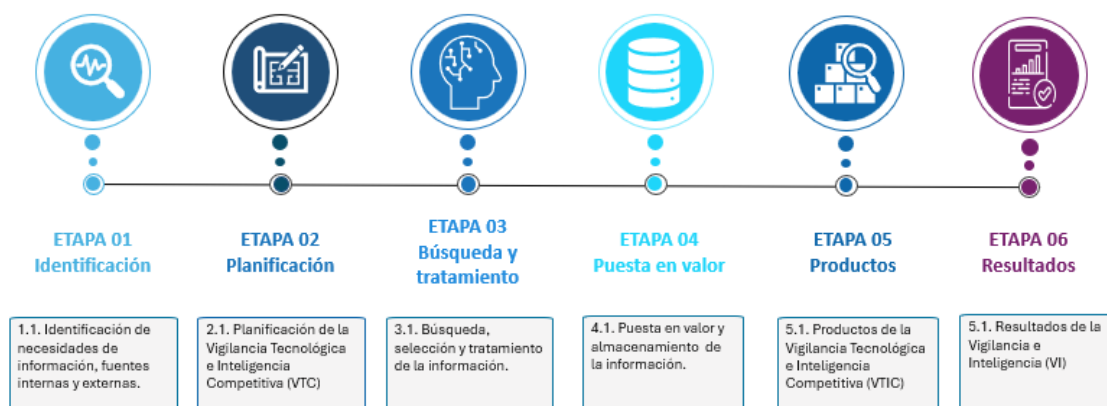
MIEa = Metodología de Inteligencia Estratégica adoptada para la presente investigación

VT = Vigilancia Tecnológica

IC = Inteligencia Competitiva

### 5.1. Metodología planteada para la presente Investigación.

En la Figura 7 se presenta un esquema de la metodología que se abordará para el desarrollo de la investigación la cual consta de seis (6) etapas, dicho proceso metodológico se encuentra adaptado del numeral 8.2, del proceso de la Vigilancia e Inteligencia de la norma UNE 166006:2018 [27]:



**Figura 7. Esquema Metodológico. Fuente: Adaptado de [33], [70], [71] por autores.**

En los siguientes numerales se describe de manera detallada, como se realizó cada una de las etapas y actividades para esta investigación.

#### **5.1.1. Etapa 01. Identificación de necesidades de información, fuentes internas y externas**

En esta fase, se priorizaron las necesidades de información basándose en los criterios de expertos, considerando los aspectos más relevantes y que requerían mayor profundización, alineándolos con el objetivo principal de la investigación. Para ello, se realizaron reuniones y comunicaciones, donde se definieron los aspectos cruciales que guiarían el estudio.

Con el fin de enriquecer el análisis de los factores decisivos identificados, se consultó tanto al sector público como al privado colombiano. En el sector público, se enviaron comunicaciones oficiales a entidades clave para obtener su perspectiva sobre el tema central y los aspectos cruciales. En el sector privado, se realizó una entrevista semiestructurada enfocada en los factores relevantes relacionados con la Vigilancia Tecnológica y la Inteligencia Competitiva (VTIC). El objetivo de estas consultas fue identificar avances en el campo y determinar los factores clave que, desde la experiencia de los consultados, resultaban cruciales en materia de VTIC, para incorporarlos en el estudio.

Para seleccionar las fuentes de información, se aplicaron criterios de accesibilidad, disponibilidad, confiabilidad y trazabilidad. Se consultaron las recomendaciones del Observatorio Virtual de Transferencia de Tecnología de la Universidad de Alicante (OVTT) [72], la Universidad de Antioquia [70], además de la opinión de expertos, para identificar y priorizar bases de datos relevantes. Se incluyeron bases de datos de patentes, investigaciones, tesis y artículos científicos.

### **5.1.2. Etapa 02. Planificación de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC)**

Tras la selección de las fuentes de información, se procedió a su exploración exhaustiva con el objetivo de identificar los aspectos tecnológicos finales y los factores críticos de Vigilancia en el campo de interés. Dos investigadores, autores de esta investigación, llevaron a cabo esta tarea siguiendo un cronograma de Vigilancia Tecnológica. Para ello, se destinaron dos computadores personales y se utilizaron tanto softwares bajo licencia de la Universidad del Rosario como softwares de acceso libre para el análisis de datos.

Además, se contó con el seguimiento periódico de un investigador senior (director de la tesis), a quien se le presentaron los resultados cada 15 o 30 días para recibir su retroalimentación y asegurar la calidad y pertinencia del proceso de Vigilancia.

### **5.1.3. Etapa 03. Búsqueda, selección y tratamiento de la información**

Para la búsqueda de información se emplearon operadores booleanos como AND, OR y NOT, fundamentales para acotar las búsquedas y dirigirlas hacia los factores relevantes y prioritarios de la investigación, tanto en bases de datos científicas como de patentes.

En el caso de las bases de datos de patentes, se utilizó como criterio principal el Código de la Clasificación Internacional de Patentes (CIP), un tratado multilateral administrado por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) que clasifica la tecnología en ocho secciones con más de 78.00 subdivisiones [73]. Adicionalmente, se emplearon otros operadores booleanos para refinar aún más la búsqueda.

Para la selección de la información se utilizaron dos métodos de análisis cualitativo. El primero aprovechó las herramientas de análisis de las plataformas web consultadas, que permitían orientar y analizar la información obtenida. El segundo método empleó software libre como VOSviewer, que facilita la minería de texto y la visualización de redes de coocurrencia de términos importantes [74], y RStudio con su biblioteca Bibliometrix para analizar bases de datos científicas y de patentes, y generar gráficos de correlación [75].

El tratamiento de la información consistió en un análisis exploratorio de los datos recopilados de las diversas bases de datos consultadas. Se identificó la información relevante a través de diferentes análisis, como diagramas de correlación, análisis geoposicional y extracción de palabras clave. Inicialmente, este análisis exploratorio permitió examinar el conjunto de información y detectar tendencias relacionadas con investigaciones y patentes.

Después de evaluar la información general de las diversas bases de datos, se optó por centrar el análisis en una única base de datos especializada en patentes. Esta focalización permitió llevar a cabo un estudio más profundo y preciso de la información, incluyendo aspectos como inventores, códigos CIP, palabras clave relevantes, lugar de invención, fecha de aprobación, países de origen de los solicitantes, técnicas y tecnologías empleadas, así como el inventor u organización responsable y su impacto en el mercado.

#### **5.1.4. Etapa 04. Puesta en valor y almacenamiento de la información**

Tras el tratamiento de los datos, se procede a su análisis mediante gráficas, tablas y esquemas. En esta etapa, se consolida el análisis integrando la información para comprender la dinámica de la innovación en el sector y anticiparse a futuros desarrollos.

Se realiza un análisis sistémico e integral para identificar sinergias entre la información de diversas fuentes, considerando no solo la tecnología, sino también sus implicaciones y ventajas para su implementación en Colombia.

El almacenamiento organizado y seguro de la información es fundamental en la vigilancia tecnológica. Para garantizar su fácil acceso y análisis posterior, se prioriza el uso de plataformas y software licenciados por la Universidad del Rosario, que ofrecen un almacenamiento seguro y garantizado.

### **5.1.5. Etapa 05. Productos de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC).**

En esta etapa, la información recopilada y analizada se convierte en valor tangible, alcanzando el objetivo principal de la investigación. Se realiza un análisis profundo de las variables identificadas, incluyendo correlaciones basadas en la interpretación de datos de cada búsqueda y fuente de información.

#### **5.1.5.1. Metodología de evaluación de datos de las fuentes usadas.**

Esta sección describe las fases del proceso de análisis de datos, detallando las actividades realizadas y las fuentes de información utilizadas para refinar la búsqueda y ajustarla a los criterios más relevantes.

<b>Fases</b>	<b>Descripción de la actividad</b>	<b>Fuentes usadas</b>	<b>Propósito para la investigación</b>
<b>Fase 1</b>	Análisis global de información.	-Scopus -Lens Scholarly	En esta etapa se hace la búsqueda inicial de información con el fin de analizarla y refinar la búsqueda que se analizará en la Etapa 2
<b>Fase 2</b>	Definición de criterios técnicos enfocados a patentes	-Patentes Super Intendencia Industria y Comercio (SIC) -Lens Patents	En esta etapa 2 previo a un análisis general y después de consultar a expertos, se refina la búsqueda enfocada únicamente a búsqueda de patentes.
<b>Fase 3</b>	Análisis y selección de patentes relevantes	-SIC -Lens Patents	En esta etapa se refina la búsqueda definiendo los aspectos que

Fases	Descripción de la actividad	Fuentes usadas	Propósito para la investigación
			consideramos relevantes para contar con un conjunto de patentes final

**Tabla 2. Metodología para la evaluación de patentes. Fuente. Autores, 2024**

### 5.1.6. Etapa 06. Resultados de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC)

Esta etapa final sintetiza el proceso completo. Se analizan el conjunto final de las patentes seleccionadas para obtener un portafolio de medidas. Con base en este análisis, se presentan los resultados y recomendaciones del presente trabajo.

Fases	Descripción de la actividad	Fuentes usadas	Propósito para la investigación
<b>Finales</b>			
<b>Fase 4</b>	Evaluación de las tecnologías	-SIC -Lens Patents	Del conjunto de datos se realiza análisis de datos para identificar las más relevantes e importantes.
<b>Fase 5</b>	Selección final de las patentes	-SIC -Lens Patents	Se realiza la selección final de patentes presentando el portafolio de tecnologías más prometedoras.

**Tabla 3. Análisis de conjunto de patentes y selección de portafolio. Fuente: Autores, 2024.**

## Capítulo 6

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva, siguiendo el proceso metodológico establecido, ha arrojado los siguientes resultados concretos para cada una de las etapas desarrolladas.

### 6.1. Resultados de la Etapa 01: Identificación de necesidades de información, fuentes internas y externas:

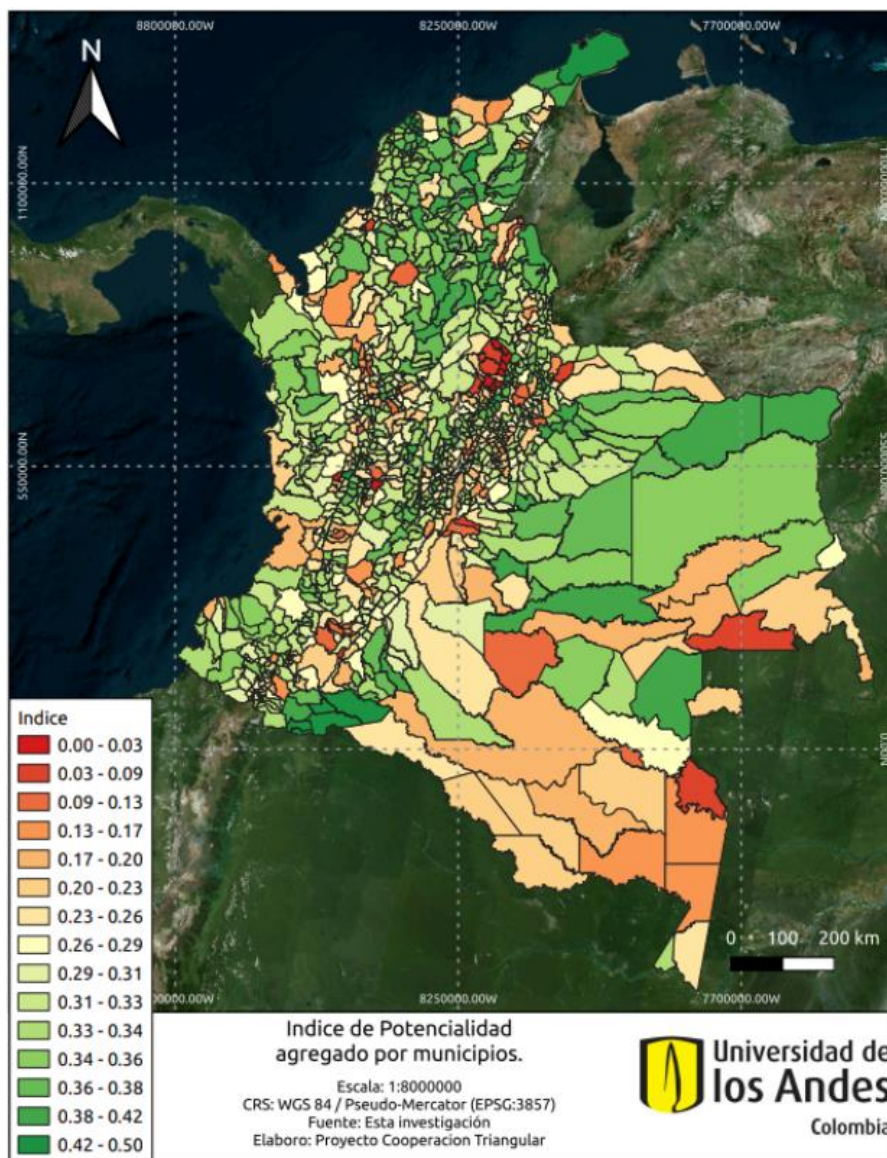
Cómo resultado de la investigación relacionada con la identificación de necesidades se consultó al conocimiento experto de la Directora del Programa de Maestría en Energías Renovables (Universidad del Rosario), quién es experta en Bioenergía, también se consultó al experto en bioenergía y biomasa de la India, al Director Ejecutivo de Biomasa de Brasil Consultoría y Mapeo de Ingeniería y Tecnología y al Director Corporativo de Innovación y Estrategia de Colgas y entidades públicas en Colombia, en dónde se identificaron las siguientes variables importantes a analizar en la siguiente tabla:

Necesidades de información	Identificadas	Observaciones
Biomasa residual	Café	Considerando los criterios técnicos de los expertos y la información de disponibilidad de biomasa en Colombia proporcionada por la UPME [2] , se han priorizado ciertas materias primas. Además, la distribución agrícola del país en sus diversas regiones ofrece un potencial favorable para la adquisición de estas materias primas y su posterior utilización en procesos de peletización.
	Bagazo de Caña	
	Yuca	
	Maíz	
	Arroz	
	Cacao	
Palma de Aceite		Se prioriza la lignina como aglutinante natural de la biomasa para el proceso de densificados ya sea para briquetas o pélets.
Tipo de Aglutinantes	Lignina	Se determina el uso de la tecnología, de acuerdo con la presentación que se utiliza mayormente para uso como combustible en calderas.
Tipo de densificado	Peletización	Como resultado se obtiene que Ecopetrol, es la única entidad que actualmente realiza actividades de peletización de biomasa residual. La empresa tiene en curso un proyecto en fase de prefactibilidad, para utilizar biomasa en su refinería. Se destaca que la principal fuente de biomasa considerada es el aceite de palma, para un proyecto de generación de
	Briquetización	
Avances de Proyectos (Principales entidades)	Unidad de Planeación	
	Minero-Energética	
	(UPME),	
	Finagro	
Fedemaderas		

Necesidades de información	Identificadas	Observaciones
Ministerio de Comercio Industria y Turismo (MinCIT)	energía de 25 MWe que requeriría aproximadamente 150,000 toneladas anuales de biomasa residual. Aunque se pueden utilizar diversas materias primas de biomasa, la principal ventaja de este enfoque es la producción de vapor y energía para el proyecto. Sin embargo, la principal debilidad radica en la logística de recolección y transporte de la biomasa, así como en la disponibilidad y cantidades necesarias para generar energía de manera sostenible. Las demás entidades, fueron consultadas, pero no han avanzado en el desarrollo de proyectos o estudios.	de vapor y energía para el proyecto. Sin embargo, la principal debilidad radica en la logística de recolección y transporte de la biomasa, así como en la disponibilidad y cantidades necesarias para generar energía de manera sostenible. Las demás entidades, fueron consultadas, pero no han avanzado en el desarrollo de proyectos o estudios.
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial	Ecopetrol	

**Tabla 4. Identificación de necesidades priorizadas. Fuente: Autores 2024.**

Adicionalmente en el estudio realizado en Colombia del potencial solar y de Biomasa en Colombia [76] se muestra que la biomasa residual más importante es el listado de la Tabla 4 y en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presentan los municipios que cuentan con el mayor potencial en el país en la leyenda de semáforo, donde los valores en rojo son los de menor potencial y los valores en verde oscuro o más cercanos a 1 son los de mayor potencial. Por tanto, se puede evidenciar que Colombia tiene un amplio potencial de biomasa residual aprovechable, para la generación energética que podría ser usada para proyectos de peletización y briquetización.



**Figura 8. Índice de potencialidad de biomasa agregado por municipios. Fuente: [76]**

Las fuentes de información utilizadas para este proyecto se listan en la siguiente Tabla 5.

Tipo de bases de datos	Nombre	Tipo de fuente	Criterio de utilización
Científicas/ Académicas	Scopus	Externa	Se utiliza la información académica con Scopus que es una de las bases de datos de investigación científico-académica más importante a nivel mundial, revisada

Tipo de bases de datos	Nombre	Tipo de fuente	Criterio de utilización
			por pares, debido a su cobertura exhaustiva, calidad de la información, herramientas de análisis, actualización constante e interdisciplinariedad [77].
Patentes	Lens.Org	Externa	Es una herramienta valiosa para la investigación de la Vigilancia Tecnología e Inteligencia Competitiva (VTIC), debido a su acceso a datos de patentes exhaustivos, herramientas de análisis avanzadas, interfaz intuitiva, acceso abierto y comunidad activa [78].

**Tabla 5. Fuentes de información utilizadas en el estudio. Fuente: Autores 2024**

Adicional a las bases de datos mencionadas, se incorporó en la búsqueda la información una investigación exhausta del objetivo del proyecto a través de entidades públicas, consultores externos y demás entidades relevantes.

## 6.2. Resultados de la Etapa 02: Planificación de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC)

La planificación de la ruta de intervención de la vigilancia tecnológica se llevó a cabo siguiendo el siguiente esquema que tuvo los siguientes momentos en la investigación:

Momento	Personal	Actividad	Recursos utilizados	Tiempo
<b>Momento 1</b>	-Investigadores -Expertos	Identificación de necesidades de información fuentes internas y externas	-Equipos de computo -Microsoft Office	60 días
<b>Momento 2</b>	-Investigadores	Planificación de la vigilancia	-Microsoft office -Bases de datos de acceso de la U Rosario	20 días
<b>Momento 3</b>	-Investigadores -Director Senior	Búsqueda, selección y tratamiento de información	-Microsoft office -Bases de datos de acceso de la U Rosario	60 días

<b>Momento</b>	<b>Personal</b>	<b>Actividad</b>	<b>Recursos utilizados</b>	<b>Tiempo</b>
			-Software libre para manejo de datos	
<b>Momento 4</b>	-Investigadores -Director Senior	Puesta en valor y almacenamiento de la información.	-Microsoft Office -OneDrive	60 días
<b>Momento 5</b>	-Investigadores -Director Senior	Productos de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC)	-Microsoft Office -Scopus -Lens	60 días
<b>Momento 6</b>	-Investigadores -Director Senior -Jurados	Resultados de la Vigilancia e Inteligencia Competitiva (VTIC) y análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones	-Microsoft Office -VOSViewer -RStudio -Lens	60 días

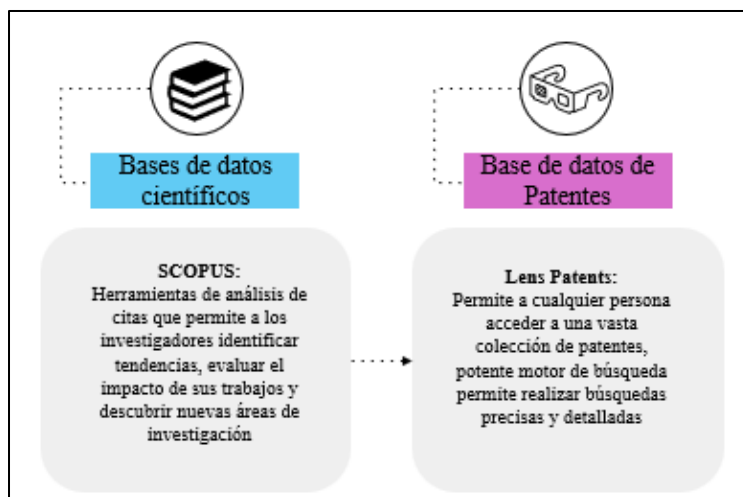
**Tabla 6. Planificación de las etapas de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC). Fuente: Autores 2024.**

### **6.3. Resultados de la Etapa 03: Búsqueda, selección y tratamiento de la información.**

Debido al gran flujo de datos que se utilizará para realizar la búsqueda de la información científica y patentes, se considera pertinente utilizar plataformas especializadas como se presentan en la Figura 9.

La selección de los criterios de los motores de búsqueda se observa en la Tabla 5, indicando que estas bases de datos son las que cuentan con mayor cantidad de información relevante para esta investigación.

### A. Motores de búsqueda científica:



**Figura 9. Motores de búsqueda para Vigilancia Tecnológica (VT) de tipo científico. Fuente: Autores 2024.**

El análisis de la información de las bases de datos consultadas para esta tesis se llevó a cabo utilizando software libre y aplicaciones de código abierto. Para el tratamiento de datos bibliométricos para realizar análisis de volúmenes de información se utiliza **RStudio**, con su biblioteca **Biblioshiny**, que permite importar y limpiar datos, realizar análisis descriptivos, visualizar resultados en mapas de redes, diagramas de sankey, gráficos de barras entre otros. También se utiliza **VOSViewer** como un software de análisis de datos bibliométricos este se especializa en **Visualización de redes**: Permite crear mapas de redes interactivos y visualmente atractivos que muestran las relaciones entre autores, publicaciones, palabras clave, revistas, países, etc.

Esto facilita la identificación de patrones y conexiones entre diferentes elementos del campo de estudio. Además, se emplean las herramientas de análisis de datos que se encuentran disponibles en la plataforma de Lens.org y Scopus, las cuales permiten realizar estudios de tendencias y facilitan la toma de decisiones informadas en temas de innovación.

En la Tabla 7, se presenta un desglose detallado de las herramientas utilizadas para el análisis de datos de la información recopilada.

<b>Biblioshiny [75]</b>	<b>Vos Viewer [74]</b>	<b>Lens [78] y Scopus [79]</b>
Análisis de datos de R Studio para tendencias de información: -Scopus -Lens.Scholarly works	Análisis de datos de la Universidad de Leiden. -Lens.patents	Es un metabuscador gratuito y de acceso abierto que permite a los usuarios buscar y explorar información sobre patentes y literatura académica - científica -Lens.Patents

**Tabla 7. Software y plataforma usados para el análisis de datos. Fuente: Autores**

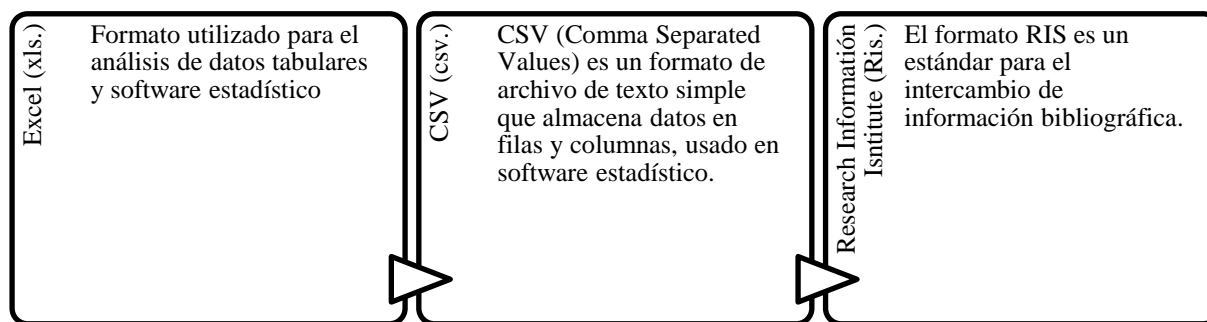
En cuanto al tratamiento de la información, se realiza un análisis de tipo estadístico cualitativo, para identificar los aspectos más importantes de la revisión bibliográfica tanto de patentes como de información científico-académica y realizar análisis cualitativos y de correlación como se ven en la siguiente Tabla 8:

<b>Tipo de tratamiento</b>	<b>Aplicativo</b>	<b>Criterio</b>
Análisis de información geolocalización, citas, relevancia	Scopus Lens	La base de datos del aplicativo web es capaz de realizar este tipo de análisis, arrojando gráficas y estadísticas con base en la información cualitativa como ubicación, citas, relevancia, número de publicaciones entre otros
Análisis de información de correlación entre autores, palabras claves, nube de datos, títulos de investigaciones y resúmenes y años	VOSViewer RStudio uso de la biblioteca Biblioshiny	Se utiliza para realizar análisis de información cualitativa, de bases de datos científicos y patentes y analizar la correlación entre autores, años, citas, palabras claves de investigaciones, títulos y resumen

**Tabla 8. Tipo de tratamiento de datos y herramientas usadas**

#### **6.4. Resultados de la Etapa 04: Puesta en valor y almacenamiento de la información.**

La información descargada procede para cada una de las bases de datos, de acuerdo con los formatos compatibles con diversos programas de análisis de información. Los formatos específicos utilizados como repositorio de la información son:



**Figura 10. Almacenamiento de Datos utilizados. Fuente: Autores**

La información se almacena de forma segura en las carpetas de anexos dentro del servicio en la nube OneDrive de la Universidad del Rosario. Esta medida garantiza la recuperación de los datos y sus diferentes versiones en caso de cualquier problema con los equipos de trabajo.

## **6.5. Resultados Etapa 05. Productos de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC)**

Los resultados que se presentan a continuación se realizaron aplicando la metodología aplicada en Tabla 2 la cual incluye las siguientes fases:

### **6.5.1. Primera Fase. Análisis Global de la información ecuaciones usadas**

Se realizaron búsquedas generales con el fin de identificar en un espectro más amplio general cuales eran las tecnologías, los métodos y procesos que se estaban realizando a nivel mundial con respecto a la densificación de biomasa residual para la generación de pélets y briquetas para uso energético.

Con base en esta búsqueda general se intentaron buscar patrones de publicaciones y patentes que fueran las más citadas y sobre todo los autores, palabras claves, países y tipos de patentes asociadas para ellos se realizó la primera búsqueda utilizando la siguiente ecuación, que además sirvió de base para la realización del marco teórico de la presente investigación:

Base de datos	Ecuación	Información	Numero de investigaciones
Lens Scholarly works	(title:(Pellet) OR abstract:(Pellet) OR full_text:(Pellet)) AND (title:(Biomass) OR abstract:(Biomass) OR full_text:(Biomass)) AND (title:(Energy) OR abstract:(Energy) OR full_text:(Energy)) AND (title:(Techno*) OR abstract:(Techno*) OR full_text:(Techno*))	Investigaciones científicas	14.170
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (pellets) OR TITLE-ABS-KEY (brique*) AND TITLE-ABS-KEY (biomass) OR TITLE-ABS-KEY (densification) )	Investigaciones científicas	9.543

**Tabla 9. Operadores booleanos y búsqueda de información exploratoria de 1a Primera**

**Fase. Fuente: Autores.**

### 6.5.2. Análisis de datos de la Primera Fase

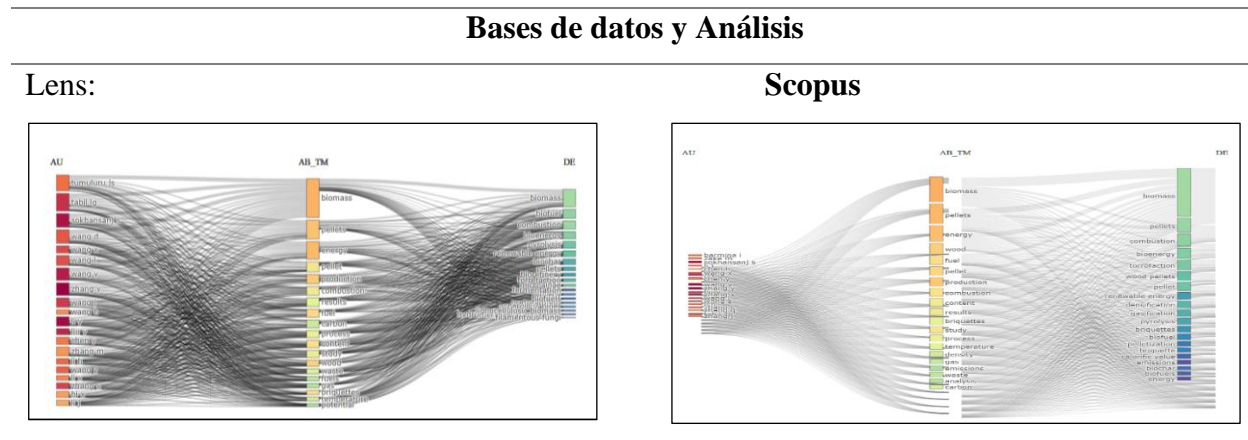
Se presentan los resultados de la primera búsqueda utilizando las ecuaciones definidas previamente en la Tabla 9. El análisis de los datos se realiza mediante graficas que se presentan a continuación y que se observan con más detalle en los **Anexos 4.1.2 para Lens y 4.2.3. para Scopus**. Con respecto al análisis de correlación de Sankey:

#### 6.1.1.1. Análisis de diagrama de Sankey

Se utiliza para el análisis diagramas de Sankey en los cuales se destacan la biomasa como materia prima central y la producción de pélets y briquetas como productos principales, lo que confirma su importancia en el campo. La combustión se consolida como el proceso de conversión dominante, respaldando su papel crucial en la generación de energía a partir de biomasa.

Los diagramas resaltan la importancia de analizar las propiedades de la biomasa y los biocombustibles, como densidad, contenido energético y emisiones. Esto subraya la necesidad de caracterizar estos materiales para garantizar su calidad, eficiencia y sostenibilidad.

Scopus enfatiza la conexión entre la biomasa y diversos procesos de conversión, incluyendo la gasificación y la pirólisis, lo que sugiere un interés en la diversificación de biocombustibles. Lens Scholarly: Resalta la importancia de autores clave y sus contribuciones específicas en áreas como la combustión, la producción y la bioenergía, proporcionando una perspectiva centrada en los investigadores.



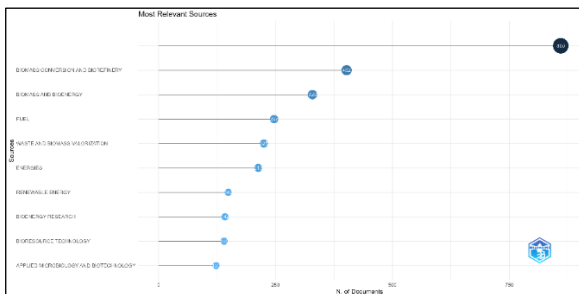
**Figura 11. Diagrama de árbol o de sankey. Fuente: Autores.**

#### 6.1.1.2. Análisis de autores relevantes

En cuanto al análisis de los autores más relevantes por cada una de las plataformas de búsqueda se presentan los siguientes resultados de los 10 autores que más publicaciones, se observa a Zhang Y. como el líder indiscutible en las dos bases de datos como el autor más relevante sobre densificación de biomasa, en segundo lugar, se presenta Sockhansanj S. quien es también importante en la investigación. Autores como Li Y, Wang Y, Liu Y, Tabil LG y otros también aparecen como relevantes en al menos una de las tres plataformas. Esto indica que, si bien Zhang y Sockhansanj S son líderes claros, existe un grupo diverso de investigadores realizando contribuciones significativas en el campo.

## Bases de datos y Análisis

Lens



Scopus

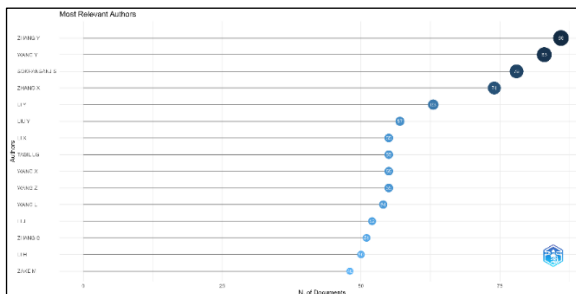


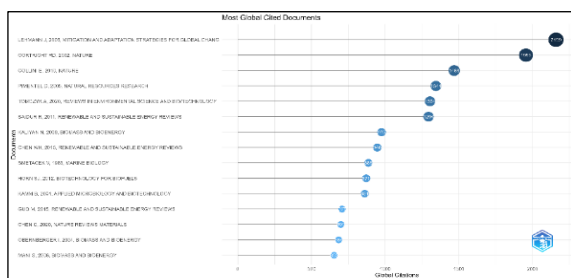
Figura 12. Autores más relevantes. Fuente: Autores.

### 6.1.1.3. Análisis de Documentos más citados

Las gráficas resaltan la importancia de temas como la biomasa, la bioenergía, las energías renovables y la sostenibilidad, lo que indica su relevancia central en el campo de investigación. Algunos artículos aparecen en varias plataformas, como el de Kaliyan N. (2009) sobre biomasa y bioenergía, reforzando su influencia y valor en el campo. Se identifican autores clave como Lehmann J., Cortright RD, Saidur R., Van der Stelt MJC, entre otros, cuyas publicaciones han tenido un impacto significativo en la investigación.

## Bases de datos y Análisis

Lens



Scopus

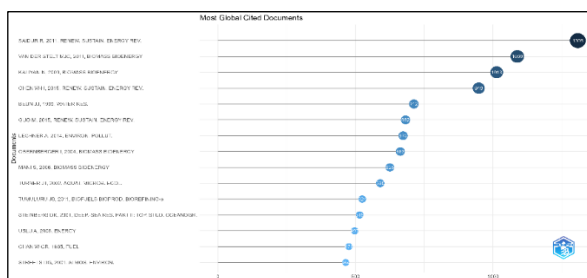


Figura 13. Documentos más citados por autor. Fuente: Autores.

#### **6.1.1.4. Análisis de Mapa de árbol y nube de palabras**

Los mapas de árbol y palabras clave destacan la biomasa como el tema central, lo que confirma su papel fundamental como recurso renovable con múltiples aplicaciones potenciales, especialmente en la producción de biocombustibles. Términos como Pélets, Briquetas, Combustión, Fermentación, Pirólisis y Gasificación aparecen de forma destacada en los tres mapas, lo que indica un enfoque prioritario en la producción y conversión de biomasa en diferentes tipos de biocombustibles. Términos como Densidad, Valor Calorífico, Contenido de Humedad, Emisiones, Tamaño de Partícula y Temperatura subrayan la importancia de analizar y comprender las propiedades de la biomasa y los biocombustibles para optimizar su producción, conversión y uso, así como para evaluar su impacto ambiental.

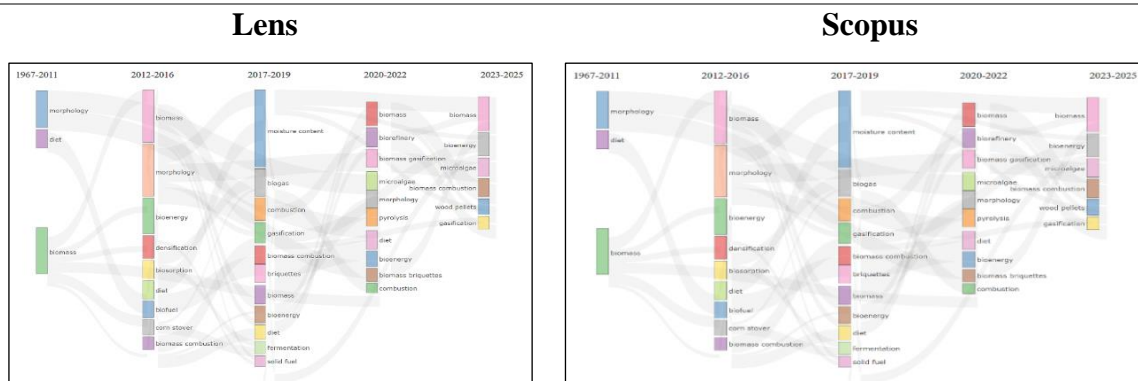
La presencia de términos como Sostenibilidad, Economía Circular, Contaminación del Aire y Aguas Residuales en los mapas de árbol resaltan la creciente preocupación por garantizar la sostenibilidad y minimizar el impacto ambiental de la producción y utilización de biocombustibles.

Scopus: Enfatiza los procesos de Peletización y Briqueteado, así como la importancia de evaluar la Durabilidad de los biocombustibles sólidos. También destaca la Gasificación de Biomasa y la Co-combustión como tecnologías de conversión relevantes

Lens Scholarly: Destaca la importancia de autores clave como Zhang Y, Wang Y y Sokhansanj S, lo que indica su influencia en la investigación sobre biomasa y biocombustibles. También incluye términos relacionados con la Recolección, el Briqueteado, la Cinética, la Lignocelulosa y las propiedades del Combustible, así como la preocupación por la Sostenibilidad y la Economía Circular.



## Bases de datos y Análisis



**Figura 15. Evolución temática. Fuente: Autores.**

### 6.5.3. Segunda Fase. Definición de criterios técnicos enfocados a Patentes:

#### Ecuaciones usadas

Una vez identificados las variables importantes de la investigación y haber explorado de manera global tendencias en países, exploración de diversas materias primas, métodos híbridos en donde se densifican biocarbonos con biomasa para producción de pelets entre otros hallazgos importantes, se decide realizar la refinación de búsqueda colocando como prioridad en este caso únicamente las patentes con código de clasificación IPCR C10L5/44:

Base de datos	Ecuación	Información	Numero de patentes
Lens Patents	class_ipcr.symbol:C10L5/44	Patentes	17.149
Super Intendencia de Industria y Comercio – SIC	Búsqueda Avanzada / Búsqueda IPC: C10 L5/44	Patentes	13

**Tabla 10. Operadores booleanos y búsqueda de información exploratoria de 1a Segunda Fase. Fuente: Autores.**

El análisis en Lens Patents abarcó un total de 17.149 patentes, todos estos documentos están relacionados con la producción de pélets, briquetas y la densificación de biomasa para uso energético o como combustible.

Se incluyeron en el análisis las patentes registradas en la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) de Colombia bajo el código IPC C10 L5/44. Este código, perteneciente al sistema de Clasificación Internacional de Patentes, se enmarca en el grupo de Combustibles sólidos (producidos por solidificación de combustibles fluidos; briquetas provenientes de sustancias vegetales), y fue identificado como prioritaria

#### 6.5.4. Análisis de datos Segunda Fase: Patentes.

Teniendo en cuenta que en esta fase se utiliza otra ecuación de búsqueda relacionada con patentes con la ecuación de búsqueda que aparece en la Tabla 10, en esta fase evalúan en primer lugar las patentes de la SIC y en segundo Lens Patents.

#### 6.5.5. Patentes de la Super Intendencia de Industria y Comercio (SIC)

Para la selección de las patentes, se estableció la ecuación de búsqueda con base en los criterios establecidos obteniendo los resultados que se resumen en la Tabla 10 y se presenta en el Anexo 5.1.:

Título de la Patente	Resumen patente	Origen	Año
Combustible lignocelulósico obtenido a partir de biomasa	Un combustible lignocelulósico catalíticos obtenido a partir de biomasa, caracterizado porque está formado por celulosa y lignina globulizada con una superficie específica de 1,5 a 2,5 m <sup>2</sup> /g.	Sao Paulo, (Brasil)	2000
Proceso para la fabricación de una briqueta a base de residuos y desechos y la briqueta así obtenida	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Separación de aceite absorbente por centrifugación, polvo resultante de la extracción del carbón, restos de podas y cosechas</li> <li>2. Molido de material vegetal se muele y tamiza obtención de partícula menores a 5 mm.</li> <li>3. Mezcla de adsorbente) % con el material seco</li> <li>4. Aglutinante y antimicrobiano usado para lograr un masa homogénea</li> </ol>	Floridablanca, Santander (Colombia)	2006
Biocombustible compuesto sólido obtenido a partir de residuos agroindustriales y su método de obtención	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Un material compuesto sólido biocombustible obtenido a partir de residuos agroindustriales derivados del proceso de producción de azúcar y papel, esto es, bagacillo de caña, vinazas y lodos de papel, cuyas aplicaciones se encuentran relacionadas con el sector de la generación de energía eléctrica, específicamente, con fuentes alternativas de generación</li> </ol>	Cali, Valle del Cauca (Colombia)	2017

Título de la Patente	Resumen patente	Origen	Año
Proceso y producto obtenido como alimento para animales y plantas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La invención trata sobre fertilizantes orgánicos</li> <li>2. Consiste en la sanitización y descontaminación de la pollinaza o estiércol de pollo, sometiéndolo a una temperatura entre 65 y 80 °C en un horno durante ocho minutos, descontaminando la pollinaza de salmonella s.p., helmintos, hongos y demás gérmenes patógenos.</li> </ol>	Bogotá D.C.	2021
Biocombustible sólido a partir de derivados de productos vegetales y método de obtención de este	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biocombustible sólido, fabricado a base de productos vegetales y con poder calorífico mayor que la preparación de la leña de ignición rápida</li> <li>2. No emite gases a la atmosfera y sirve para cocción de alimentos</li> <li>3. La preparación consta de alcohol etílico al 96% obtenido de la caña de azúcar y la grasa vegetal estearina en una relación de volumen de 100:8,5.</li> </ol>	Bogotá D.C.	2022
Aparato y método de combustión de biomasa de bajo poder calorífico y combustible.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aparato y proceso de combustión de biomasa de bajo poder calorífico y combustible gaseoso usando desechos ruminales de ganado</li> <li>2. El aparato comprende un mecanismo de secado usando energía solar, también cuenta con un mecanismo de preprocesamiento para obtener la biomasa seca y triturada</li> <li>3. Usa quemador tipo swirl</li> </ol>	Montería, Córdoba	2024
Método para el tratamiento y aprovechamiento energético de borras o lodos aceitosos de petróleo mediante peletización con biomasa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Método para el aprovechamiento de borras o lodos aceitosos</li> <li>2. Mediante peletización con biomasa, se hace acondicionamiento con cascarilla de arroz y/o café mediante cribado, humectación y reducción de tamaño de partícula de 1 a 4 mm.</li> </ol> <p>Ajusta la humedad entre 10 a 30%</p>	Chía Cundinamarca	2024
Proceso y dispositivo para el tratamiento de biomasa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proceso para tratar la biomasa con humedad residual el cual se calienta a temperatura de torrefacción en atmosfera baja en oxígeno en reactor de torrefacción</li> <li>2. El reactor comprende una cámara de torrefactado de material</li> <li>3. Secado de material con gas mismo flujo de material.</li> <li>4. <b>Dos cámaras:</b> Una para secar y otra para la torrefacción dentro del mismo reactor</li> </ol>	Países Bajos	2008
Aglomerados y briquetas combustibles que comprenden pergamino de café, y método de producción de los mismo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Propone una forma de crear un combustible ecológico y barato a partir del pergamino de café, un residuo abundante. La idea central es usar este pergamino para fabricar aglomerados combustibles con un buen poder calorífico.</li> </ol>	Suseon Gu, Corea del Sur	2018
Procedimiento para la fabricación de un material combustible a partir de virutas de madera mediante descompresión explosiva	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Esta invención describe un método para producir un material combustible a partir de madera con un alto poder calorífico (mayor o igual a 5.29 MWh/t).</li> <li>2. El proceso implica tratar fragmentos de madera con vapor de agua a alta temperatura en un reactor presurizado.</li> </ol>	París, Francia	2021
Método para el tratamiento de biomasa con un líquido que comprende vinaza y eventualmente fluidos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Procedimiento para la torrefacción húmeda (Torwash) de biomasa, en el que la fase líquida comprende vinaza que normalmente se considera una corriente residual.</li> <li>2. calentar una mezcla de biomasa y vinaza a una temperatura entre 100 - 400 °C, para obtener biomasa torrefactada y un</li> </ol>	Países Bajos	2021

Título de la Patente	Resumen patente	Origen	Año
residuales de ingenios azucareros	licor; y (b) lavar la biomasa torrefactada con agua, para obtener un material lavado y un efluente.		
Método y aparato para la producción de biocarbón no quemado con tratamiento térmico, que contenga una cantidad muy pequeña de compuestos hidrocarburos aromáticos policíclicos	1. Este invento busca producir biocarbón de alta calidad con bajo contenido de HAP mediante un proceso eficiente que integra la pirólisis, la combustión y la eliminación de contaminantes.	Finlandia	
Control del craqueo al vapor para mejorar el poder calorífico inferior (pci) de los pellets negros	1. Este método busca mejorar el poder calorífico de la biomasa mediante un proceso continuo de craqueo al vapor que se aplica directamente a un tipo específico de biomasa con bajo contenido de humedad.		

**Tabla 11. Patentes identificadas en la ecuación de búsqueda. Fuente: [80]**

Se observan que se presenta información sobre 13 patentes relacionadas con la densificación de biomasa en Colombia. El análisis muestra una actividad moderada en este campo, con un aumento reciente en el número de solicitudes de patentes. La actividad de patentamiento ha sido relativamente baja en general, pero ha habido un aumento notable en los últimos años. Se observa un pico en 2021 con 4 patentes presentadas. Esto podría indicar un creciente interés y desarrollo en tecnologías de densificación de biomasa en Colombia.

La mayoría de las patentes son solicitadas por individuos o empresas colombianas. Sin embargo, EUROPEENNE DE BIOMASSE destaca con 2 patentes, lo que sugiere un interés internacional en este campo en Colombia. Frédéric MARTEL y Jean-Luc DESPRES son los inventores más prolíficos, cada uno con 2 patentes. Esto indica su experiencia y posible liderazgo en el desarrollo de tecnologías de densificación de biomasa.

La mayoría de las patentes están en estado de "Concedidas" o "Bajo Examen de Fondo", lo que indica que el proceso de evaluación está en curso para muchas de ellas, 3 han caducado, 5 concedido, 2 negadas y 3 bajo examen de fondo.

EUROPEENNE DE BIOMASSE y los inventores Frédéric MARTEL y Jean-Luc DESPRES podrían considerarse competidores relevantes o potenciales colaboradores, dependiendo de la estrategia de la organización. El aumento reciente en la actividad de

patentamiento sugiere que hay oportunidades de innovación y desarrollo en el campo de la densificación de biomasa en Colombia.

#### **6.5.6. Análisis de Patentes de Lens Patents**

La segunda etapa de búsqueda consistió adicionalmente en buscar en Lens Patents mediante la ecuación de búsqueda de la Tabla 10, utilizando el código IPCR C10L5/44. Se obtuvieron 17.149 patentes relacionadas con este código. A continuación, se presenta un análisis gráfico de estas patentes. La información detallada de los resultados se analiza con los siguientes gráficos que se encuentra en el Anexo 5.1.1 del presente trabajo.

##### **6.5.6.1. Análisis de Patentes a través del tiempo**

La gráfica de Lens Patents revela un crecimiento acelerado en el número de patentes relacionadas con la densificación de biomasa y biocombustibles, especialmente desde 2010. Este auge indica un mayor interés y dinamismo en el campo, con crecientes oportunidades para la investigación, desarrollo y comercialización de nuevas tecnologías.

A su vez, el aumento en la actividad de patentamiento sugiere una mayor competencia, remarcando la importancia de la Vigilancia Tecnológica (VT) y la protección de la propiedad intelectual. La proyección de crecimiento continuo subraya la necesidad de la prospectiva tecnológica para anticipar futuras tendencias y oportunidades.

Bases de datos y Análisis

Lens Patents

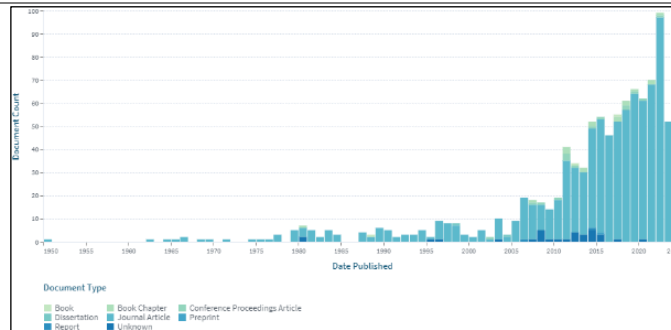


Figura 16. Patentes a lo largo del tiempo. Fuente: Autores.

6.5.6.2. Distribución geográfica de las patentes.

Lens Patents, identifican a China como el principal contribuyente de patentes, seguido de cerca por las solicitudes internacionales a través de la OMPI. Esto resalta la importancia de China como actor clave en la innovación relacionada con la densificación de biomasa y los biocombustibles, así como el carácter global de la investigación y el desarrollo en este campo

**Lens Patents:** Destaca la actividad de patentamiento en Canadá (CA), España (ES) y Austria (AT), lo que sugiere que estos países también están realizando importantes contribuciones en este ámbito tecnológico

Plataforma

Jurisdicción de patentes

Lens Patents

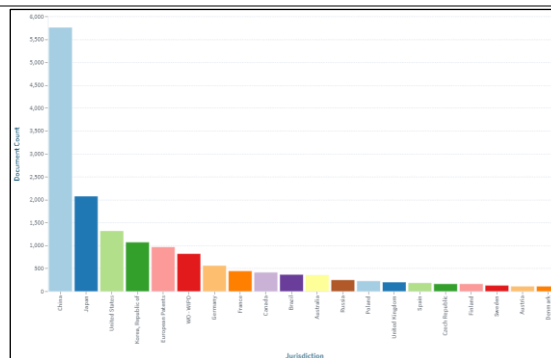
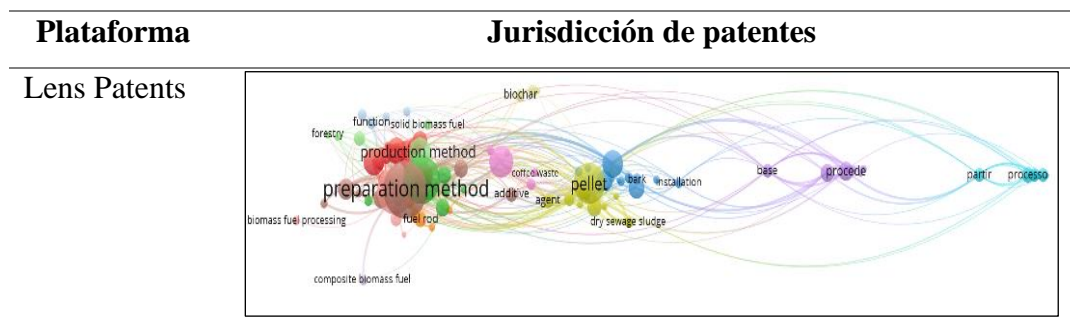


Figura 17. Distribución geográfica de patentes. Fuente: Autores.

### 6.5.6.3. Análisis de patentes por palabras claves

La grafica destaca a la "biomasa" como el eje central y el "pélets" como un producto clave, lo que confirma su importancia fundamental en la investigación y el desarrollo de biocombustibles. Términos como "combustión" y "producción" aparecen de forma destacada en ambas gráficas, lo que indica un enfoque prioritario en la conversión de biomasa en energía, particularmente a través de la combustión de pélets. La presencia de términos como "sostenibilidad", "economía circular" y "contaminación del aire" en ambas gráficas resalta la creciente preocupación por garantizar la sostenibilidad y minimizar el impacto ambiental de la producción y utilización de biocombustibles.

Lens Patents: Incluye términos relacionados con diversos procesos de conversión de biomasa, como torrefacción, pirólisis, biochar, fermentación y biorrefinería, lo que sugiere una exploración más amplia de las aplicaciones de la biomasa más allá de la producción de pélets. Términos como propiedades del combustible resaltan la importancia de analizar y comprender las propiedades de la biomasa y los biocombustibles para optimizar su uso.



**Figura 18. Distribución geográfica de patentes. Fuente: Autores.**

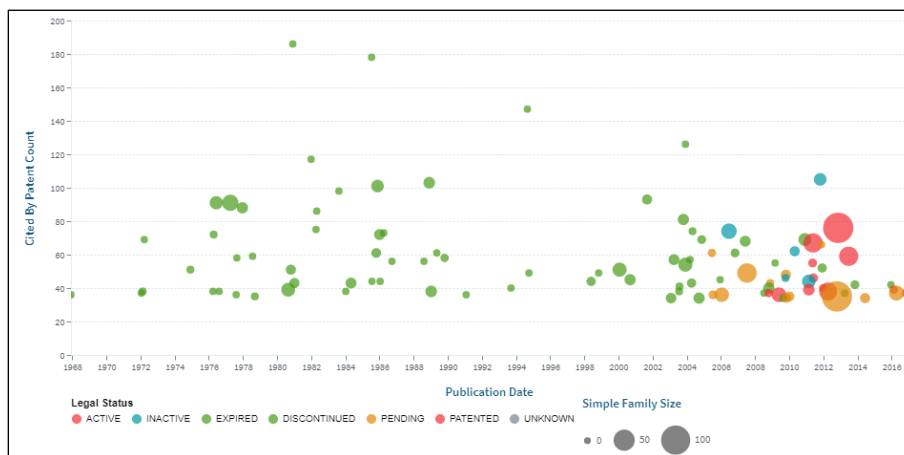
### 6.5.6.4. Fuentes más citadas en Lens Patents

La gráfica revela que ciertas patentes, incluyendo algunas más antiguas, poseen un número significativamente mayor de citas, lo que indica su relevancia e influencia continua en el campo de la densificación de biomasa y biocombustibles. Además, algunas patentes presentan familias

más grandes, sugiriendo un mayor desarrollo y protección de la propiedad intelectual alrededor de esas tecnologías específicas.

El aumento en las citas de patentes en este campo muestra la creciente importancia de la biomasa y los biocombustibles como alternativas sostenibles. Los avances tecnológicos en el área han impulsado innovaciones más impactantes, lo que se traduce en un mayor número de citas.

El análisis de estas patentes, especialmente las más citadas, y sus titulares, brinda información crucial para la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC), permitiendo identificar tecnologías clave, actores principales y competidores en el campo.



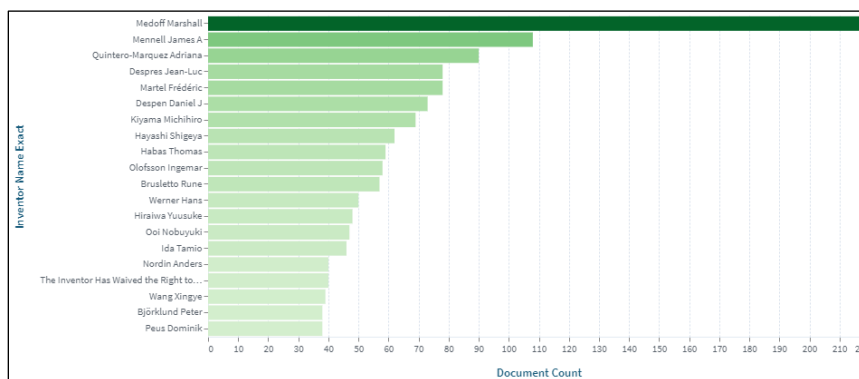
**Figura 19. Fuentes más citadas de Lens patents. Fuente: Autores.**

#### 6.5.6.5. Inventores Top Len Patents

**Medoff Marshall:** Lidera con un número significativo de documentos, lo que indica su alta productividad y posible liderazgo en la innovación en este campo.

**Mennell James A., Quintero-Márquez Adriana, Despres Jean-Luc y Martel Frédéric:** También presentan un número considerable de documentos, lo que sugiere su relevancia en la investigación y desarrollo de píldoras digitales.

**Otros Inventores:** El resto de los inventores tienen un número menor de documentos asociados, pero aún contribuyen al panorama general de la innovación en este campo.



**Figura 20. Inventores top Lens Patents. Fuente: Autores.**

### 6.5.7. Tercera Fase. Conjunto de datos final.

Con base en la búsqueda de las patentes de Lens orientadas al código IPC C10 L5/44 se definieron los patrones de búsqueda, entre esos el rango de fecha para los últimos 10 años y un documento por familia de patentes, esto con el fin de identificar cuales patentes de acuerdo con las necesidades de información priorizadas se ajustan a nuestro modelo, el cual finalmente arrojó un total de 62 patentes y las cuales servirán para hacer un análisis de datos de las tendencias tecnológicas:

Base de datos	Ecuación	Filtros Adicionales	Número de patentes
Lens Patents	class_ipcr.symbol:C10L5/44 AND (title:(machine) OR abstract:(machine) OR claim:(machine)) AND (title:(energy) OR abstract:(energy) OR claim:(energy)) AND (title:(pellet OR briquette) OR abstract:(pellet OR briquette) OR claim:(pellet OR briquette)) AND (title:(lignin) OR abstract:(lignin) OR claim:(lignin)) OR (title:(cassava) OR abstract:(cassava) OR claim:(cassava)) OR (title:(corn) OR abstract:(corn) OR claim:(corn)) OR (title:(coffe) OR abstract:(coffe) OR claim:(coffe)) OR (title:(rice) OR abstract:(rice) OR claim:(rice)) OR (title:(bagasse) OR abstract:(bagasse) OR claim:(bagasse)) OR (title:(palm oil) OR abstract:(palm oil) OR claim:(palm oil)) OR (title:(cocoa) OR abstract:(cocoa) OR claim:(cocoa))	Fechas: (2014-01-01 - 2024-12-31)  Grouped by Simple Families	62
Super Intendencia de Industria y Comercio	De la información Recolectada de la SIC se hace un análisis manual puesto que la cantidad de datos no es extensa y se deja la misma ecuación: Búsqueda Avanzada / Búsqueda IPC: C10 L5/44	Criterio Autores	16

**Tabla 12. Operadores booleanos y búsqueda de información exploratoria de 1a Tercera**

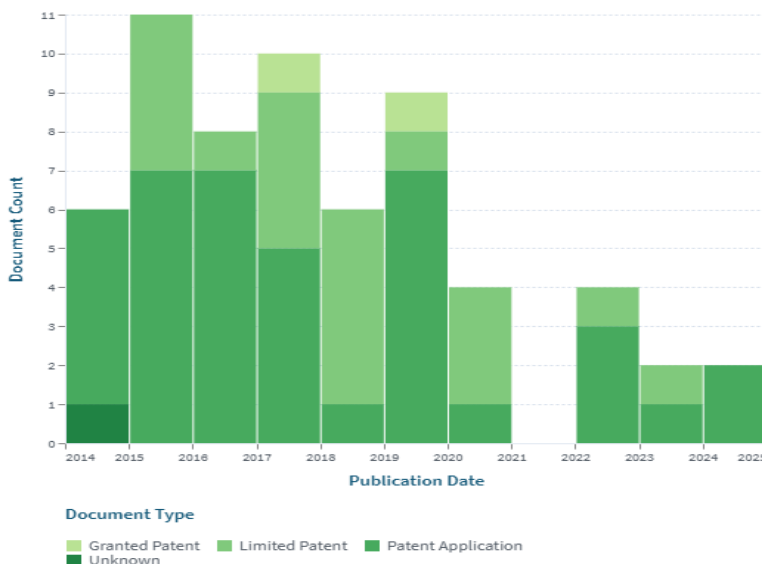
**Fase. Fuente: Autores.**

### 6.5.8. Tercera Fase. Análisis de datos Lens Patents

En esta fase se realizará el análisis de las patentes de acuerdo con un análisis de datos que se observan a continuación:

#### 6.5.8.1. Análisis de Patentes a través del tiempo

Con respecto al crecimiento se ve claramente un crecimiento en el número de patentes a lo largo del tiempo, evidenciando un aumento en la investigación y desarrollo en este campo, la aceleración parece realizarse en los últimos años especialmente en el año 2017. Con respecto a los picos se observa uno muy importante en el 2015 con mayor número de patentes publicadas esto puede deberse a la COP 21 que trato sobre temas de descarbonización de los sistemas energéticos [81]; el otro pico presentado es en el año 2018 aunque no tan pronunciado como en el 2015.

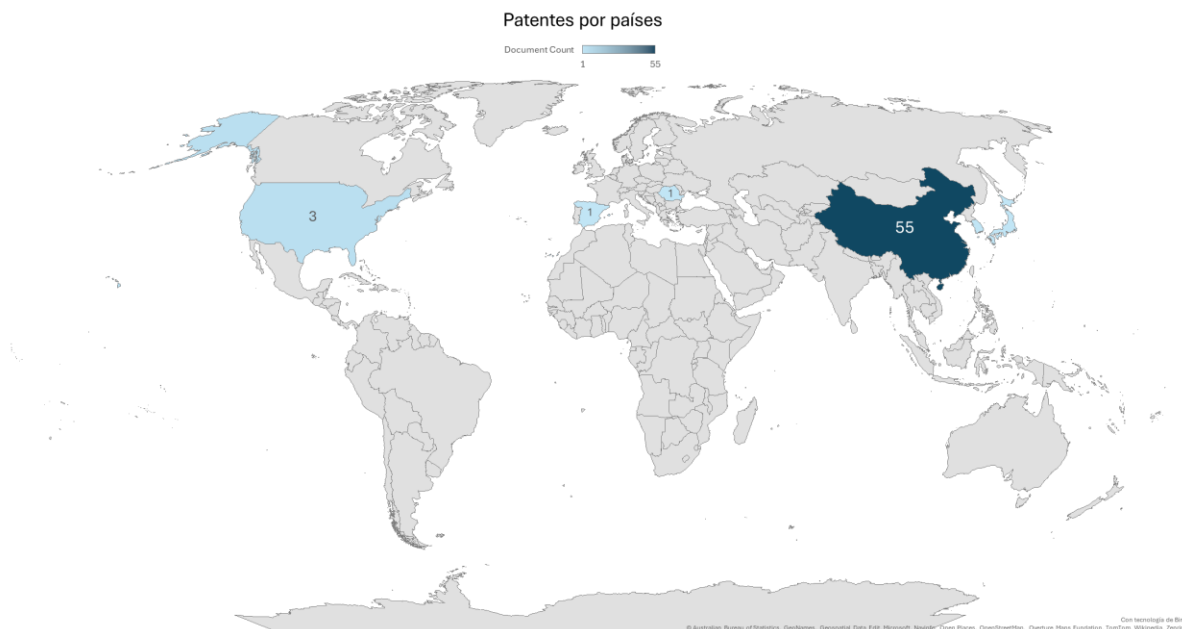


**Figura 21. Patentes a través del tiempo, 2014 – 2024. Fuente: Adaptado de Lens Patents por Autores, 2024.**

### 6.5.8.2. Análisis de Patentes por países

Con respecto a los países se observa una concentración de patentes del continente asiático, particularmente de China que lidera con un número significativamente mayor con 55 patentes, esto indica que es un actor dominante en el desarrollo de tecnologías relacionadas con el desarrollo de máquinas y dispositivos relacionadas con pélets, briquetas lignocelulósicas para producir energía.

Estados Unidos muestra una cantidad considerable de patentes (3) lo que lo hace un actor importante, mientras que Europa con España y Francia tienen una presencia limitada de patentes. Por otro lado, Latinoamérica no presenta patentes por lo que revela un menor desarrollo de inversión en tecnologías relacionadas. Por tanto, un referente para Latinoamérica y Colombia es aprovechar oportunidades de China para impulsar la innovación en los temas objeto del estudio.

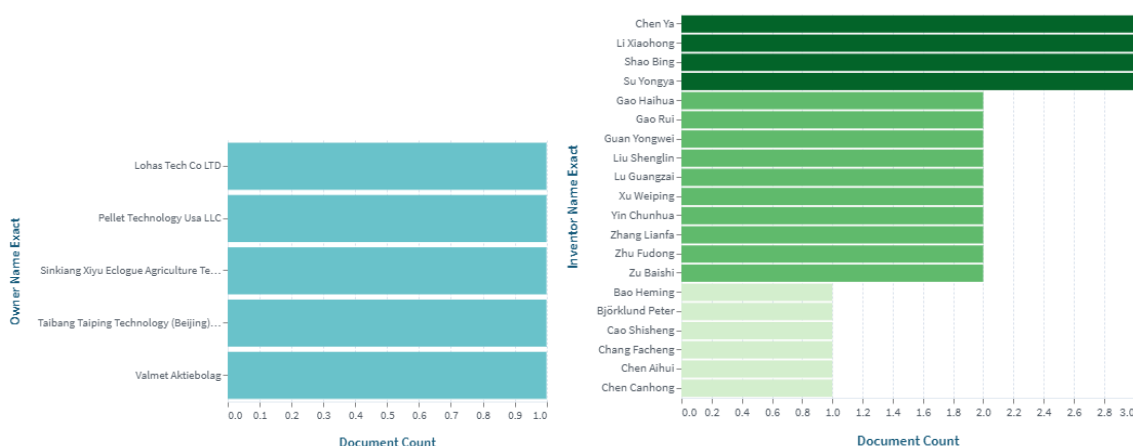


**Figura 22. Patentes por países**

### 6.5.8.3. Análisis por top de propietarios e inventores

Se observa que algunos inventores tienen una participación significativamente mayor con el conjunto de patentes analizadas como "Chen Ya", "Li Xiaohong", "Shao Bing", "Su Yongya" y "Gao Haihua", son los más prolíficos con una mayor cantidad de patentes.

Con respecto a los propietarios se trata de muchas patentes concentradas en pocas empresas quienes son las que se encuentran realizando investigación e innovación quienes además podrían tener una mayor incidencia en el mercado de briquetas y pellets.



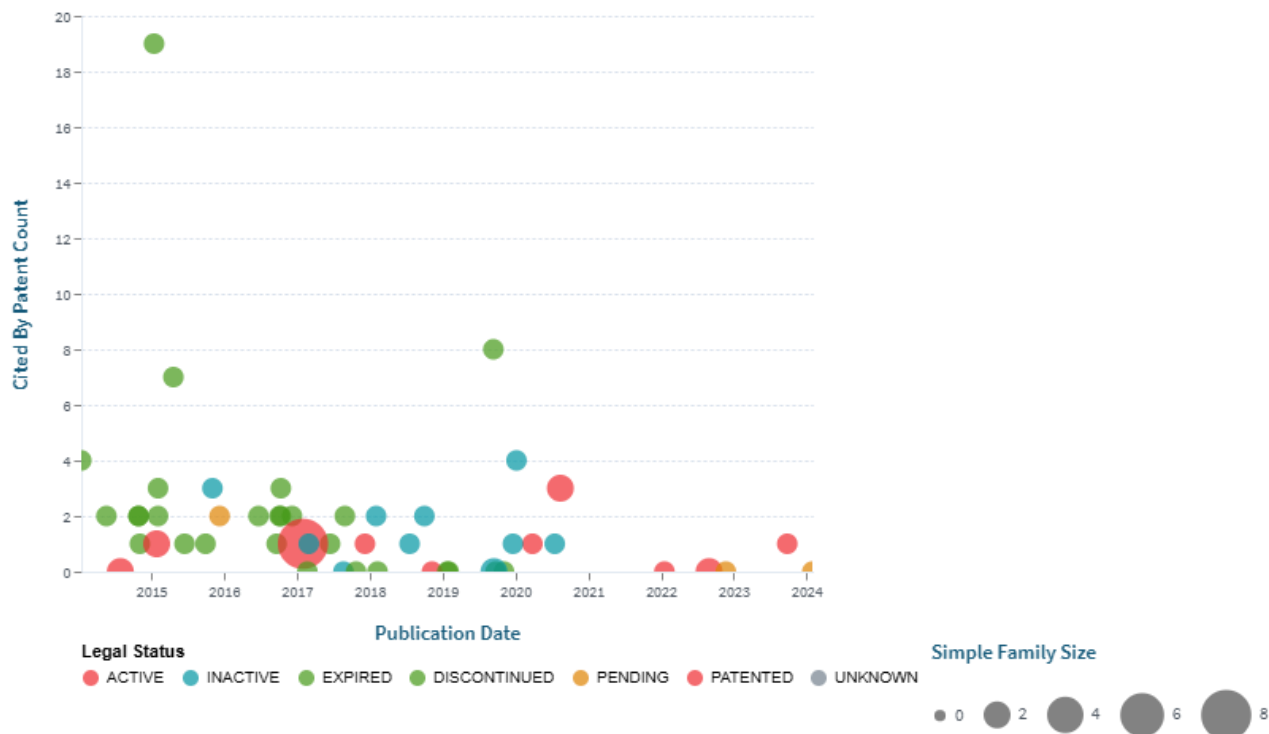
**Figura 23. Información de publicación de propietarios e inventores. Fuente. Adaptado de Lens por Autores, 2024.**

### 6.5.8.4. Análisis de datos de patentes citadas

Cómo se observa en la Figura 24 se puede decir que hay una tendencia a que las patentes más recientes tengan un mayor número de citas. Esto podría indicar que las innovaciones más recientes en este campo están generando mayor interés y siendo utilizadas como base para nuevos desarrollos.

Hay algunas patentes influyentes que destacan por tener un número significativo mayor de citas que las demás. Inclusive patentes antiguas podrían representar tecnologías o innovaciones

clave en el campo. La mayoría de las patentes con mayor número de citas parecen estar activas, lo que sugiere que están en uso y desarrollo.

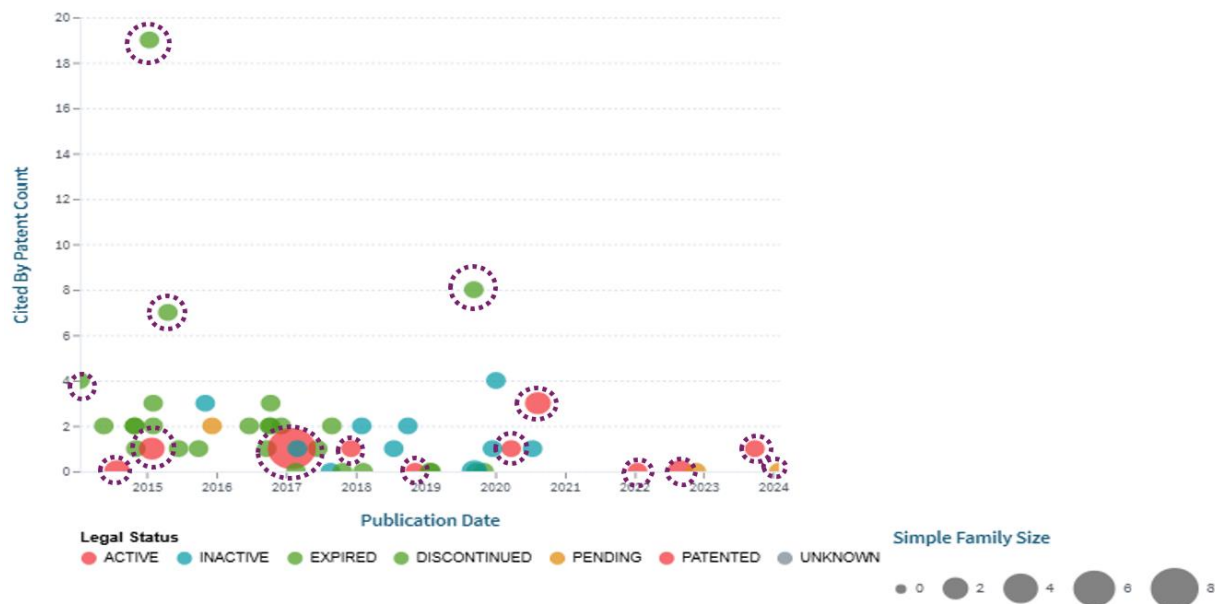


**Figura 24. Patentes más citadas. Fuente: Adaptado de Lens Patents por Autores,2024.**

## 6.6. Resultados de la Etapa 06: Resultados de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC)

Después de haber realizado el análisis en conjunto de los documentos científicos y patentes a nivel nacional y mundial se decide por analizar las patentes siguiendo los criterios de las más citadas, las activas, se incluyó la patente más reciente y la última patente del total de patentes en la Figura 24.

En la Figura 25 se presenta las patentes que se analizaron en el presente trabajo las cuales sumaron un total de patentes la mayoría son de China, un par de Estados Unidos y una de Rumanía en total se analizaron 15 patentes.



**Figura 25. Patentes Seleccionadas. Fuente: Adaptado de Lens Patents por Autores,2024.**

### 6.6.1. Portafolio de tecnologías que aplican para Colombia

En la Tabla 13 se presentan las patentes que fueron consultadas y analizadas identificando las oportunidades que ofrece cada uno como portafolio tecnológico para Colombia en el Anexo 6.1 Portafolio de tecnologías.

Número de patente	Título de la Patente	Titular / Solicitante	País de Origen	Relevancia en la investigación
CN 117467486 A	Dispositivo y método de preparación de biomasa por microondas formando pellets de combustible	Guo Heyuan	China	Esta patente destaca por la novedosa aplicación de tecnología de microondas en el proceso de producción de combustible de pellets a partir de biomasa. A diferencia de los métodos convencionales de secado y reducción de humedad, este enfoque innovador permite un calentamiento rápido y uniforme, optimizando la eficiencia del proceso y mejorando las características del combustible final. Su reciente publicación la convierte en un referente clave para comprender las últimas tendencias en la producción de biocombustibles.
CN 219744728 U	Máquina formadora de combustible de pellets de biomasa para nuevas energías	Hubei Yixiang Nueva Energía Dev Co Ltd	China	En Colombia, esta patente representa una valiosa oportunidad para el sector de energías renovables, al proponer mejoras en máquinas de producción de biocombustible a partir de biomasa. La optimización de estas tecnologías permitiría aprovechar la vasta cantidad de recursos naturales del país, como residuos agrícolas y forestales, para generar biocombustibles de manera más eficiente y rentable. Esto no solo impulsaría la transición energética hacia fuentes más sostenibles, sino que también contribuiría a la reducción de costos, el aumento de la producción, la creación de empleo local y el desarrollo de nuevas industrias y cadenas de suministro.
CN 114958447 A	Método de preparación de briquetas de combustible de biomasa a base de residuos de polvo de coque de fundición	Hanshan Yongbang Renewable Resources Utilization Co Ltd	China	Esta investigación presenta una oportunidad importante para Colombia al proponer una solución innovadora para el aprovechamiento de dos subproductos abundantes en el país: los lodos de biomasa de la industria alimentaria y los residuos de polvo de coque. La tecnología desarrollada permite la producción de un combustible sólido con alta eficiencia energética y de producción, a través de un proceso simplificado que reduce la complejidad de la separación sólido-líquido. Además promueve la reducción de residuos, aprovecha recursos promueve la sostenibilidad.
CN 111531949 A	Máquina de briquetas de biomasa de sistema de formación de briquetas de molde circular basado en un módulo de ensamblaje	Jinhu Heyi Tecnología Biológica Co Ltd	China	La invención de esta máquina de briquetas de biomasa representa una oportunidad importante para Colombia en su camino hacia una matriz energética más sostenible y diversificada. Al aprovechar los recursos naturales del país y reducir los costos de producción, esta tecnología puede contribuir al desarrollo económico y social de las comunidades rurales, así como a la protección del medio ambiente.
CN 110229707 A	Dispositivo y proceso para la producción de pellets de alto poder calorífico mediante pirólisis a baja temperatura de residuos agrícolas y forestales	Zu Baishi	China	La implementación de esta invención en Colombia representa una oportunidad estratégica para el desarrollo de una bioeconomía sostenible. El aprovechamiento de residuos agrícolas y forestales mediante pirólisis a baja temperatura para la producción de pellets de combustible no solo impulsa la diversificación de la matriz energética y reduce la dependencia de combustibles fósiles, sino que también fomenta la gestión eficiente de biomasa y la generación de valor agregado a partir de desechos. Esta tecnología, al producir un biocombustible de alta calidad con bajas emisiones y un

Número de patente	Título de la Patente	Titular / Solicitante	País de Origen	Relevancia en la investigación
				subproducto líquido libre de alquitrán, contribuye a la mitigación del cambio climático y a la promoción de una economía circular. Adicionalmente, su implementación puede generar empleo rural, impulsar el desarrollo de industrias locales y fortalecer la seguridad energética del país.
201414500300	Proceso de peletización de biomasa y productos peletizados	Tecnología de pellets EE. UU. LLC	Estados Unidos	La implementación en Colombia de esta patente, que transforma residuos agrícolas como el rastrojo de maíz y de soja en pellets de biomasa, representa una oportunidad estratégica para el país. Este proceso no solo impulsa una bioeconomía circular al valorizar desechos agrícolas, sino que también diversifica la matriz energética colombiana, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles. La tecnología propuesta, eficiente y económica, genera un biocombustible de alta calidad con bajas emisiones, contribuyendo a la mitigación del cambio climático y fomentando la creación de empleo rural y el desarrollo industrial local.
CN 210193786 U	Equipo de producción de combustible granular de alto poder calorífico por pirólisis a baja temperatura de residuos agrícolas y forestales	Zu Baishi	China	La patente analizada presenta un alto potencial para su aplicación en Colombia, dada la abundancia de biomasa residual en el país. Se destaca por ser más eficiente energéticamente: la pirólisis a baja temperatura maximiza la conversión de la biomasa en un combustible de alto poder calorífico, optimizando el aprovechamiento energético de los residuos. Además produce subproductos importantes en aplicaciones de la industria química y agrícola como el vinagre biológico y genera menos emisiones de gases residuales y cenizas con un vinagre libre de alquitrán.
CN 104531256 A	Método de producción de combustible de pellets de biomasa respetuoso con el medio ambiente	Condado de Guangde Leiqi Productos Agrícolas Salvage Co Ltd	China	La patente en mención transforma desechos agrícolas y forestales en pellets de alta calidad, ofreciendo una alternativa limpia a los combustibles fósiles y reduciendo la contaminación. Además, podría generar empleo en áreas rurales y crear nuevas industrias, contribuyendo a la seguridad energética y abriendo oportunidades de exportación.
CN 215560112 U	Briquetadora de paja para ensilaje por combustión de biomasa de paja	Shandong Runbo Machinery Equipment Co Ltd	China	La incorporación de un sistema de precalentamiento en la máquina de briquetado ofrece ventajas como una mayor eficiencia, reduce la humedad de la paja, optimizando el proceso de compactación y mejorando la calidad de las briquetas. Permite el briquetado de diferentes tipos de biomasa su simplicidad facilita la construcción, operación y mantenimiento es importante para el desarrollo rural es necesario evaluar la capacidad de producción para saber su eficiencia

Número de patente	Título de la Patente	Titular / Solicitante	País de Origen	Relevancia en la investigación
CN 208071660 U	Equipos de tratamiento de combustible de bajo consumo y alto poder calorífico	Univ Nanjing Forestry	China	<p>El equipo descrito en la patente es relevante para Colombia porque se basa en un proceso de gasificación de la biomasa, donde la combustión parcial de la materia prima genera un gas combustible que se utiliza para alimentar los hornos del sistema. Este diseño innovador permite autonomía energética el sistema no requiere energía eléctrica externa, lo que lo hace ideal para zonas rurales o remotas sin acceso a la red eléctrica. Puede utilizar diferentes tipos de biomasa, como paja de diferentes calidades y café molido, lo que facilita el aprovechamiento de recursos locales y reduce la dependencia de un único tipo de materia prima.</p> <p>La gasificación de la biomasa permite una combustión más eficiente y limpia, reduciendo las emisiones y optimizando el aprovechamiento energético de la materia prima. tiene implicaciones para zonas no interconectadas que facilita el acceso a una fuente de energía limpia y asequible en zonas rurales, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de las comunidades, promoviendo el desarrollo económico local al producir briquetas para comercialización</p>
CN 206721152 U	Formadora portátil de biomasa	Everbright Greentech Man Shenzhen Co Ltd	China	<p>Presenta una oportunidad para Colombia sobre todo para las zonas rurales con difícil acceso dónde la infraestructura es limitada, al ser una tecnología portátil. Presenta eficiencia energética al eliminar etapas como el secado. Además, posee un gran versatilidad para procesar varios tipos de biomasa, para aprovechar diferentes recursos locales. Presenta bajo costo en activos fijos al no requerir equipos adicionales como secadora, y es de fácil mantenimiento. Tiene una limitante y es la escalabilidad para una producción a gran escala y la calidad depende de la biomasa usada.</p>
US 9557105 B2	Método y disposición para la torrefacción con adición controlada de líquido refrigerante al material torrefactado	Björklund Peter, Valmet Oy	Estados Unidos	<p>Esta tecnología de enfriamiento de biomasa torrefactada mediante agua presenta un gran potencial para Colombia, especialmente para proyectos que busquen optimizar la producción de biocombustibles a gran escala.</p> <p>Reduce significativamente los tiempos de enfriamiento de la biomasa torrefactada al utilizar agua pulverizada, lo que aumenta la eficiencia del proceso y la capacidad de producción.</p> <p>Permite un control preciso de la temperatura y la humedad de la biomasa, mejorando la calidad del producto final y su poder calorífico.</p> <p>El vapor generado durante el enfriamiento se puede recuperar y utilizar en otros procesos, como el secado de la biomasa, optimizando el uso de energía y agua haciéndolo eficiente.</p> <p>Es adaptable a diferentes escalas de producción, desde pequeñas plantas hasta grandes instalaciones industriales.</p>

Número de patente	Título de la Patente	Titular / Solicitante	País de Origen	Relevancia en la investigación
CN 103506053 A	Granuladora de molde circular y tecnología de producción de la misma	Beijing Fanou Ruide Technology Co Ltd	China	La patente que describe un dispositivo para la producción de pellets de biomasa con molde circular y sistemas de adición de líquido y polvo, presenta potencial para su aplicación en Colombia, pero su relevancia dependerá de un análisis más profundo que considere sus ventajas, desventajas y la adaptabilidad al contexto colombiano porque no da mayores detalles del dispositivo se deberá precisar la dosificación controlada de líquido y polvo permite una mejor homogeneización de la mezcla, lo que se traduce en una mayor calidad de los pellets y un mejor control del proceso.
CN 104307419 A	Briquetadora de tolva de biomasa	Liu Shenglin	China	La patente se centra en el aprovechamiento de residuos orgánicos como el excremento de aves de corral, la paja y el ensilaje para la producción de biocombustibles y alimento animal. Esto se alinea con las necesidades de Colombia de desarrollar soluciones sostenibles para la gestión de residuos y la producción de energía limpia. Las briquetas producidas pueden utilizarse como combustible para la generación de energía, como fuente de calor en procesos industriales, o incluso como fertilizante orgánico, tiene versatilidad en diferentes sectores. La máquina produce briquetas de alta densidad, lo que facilita su almacenamiento, transporte y uso. El proceso de producción es eficiente, ya que combina la deshidratación, la alta temperatura y la alta presión para optimizar la compactación de la biomasa. Tiene una limitante de escalabilidad y se debe revisar el grado de eficiencia utilizando varios tipos de materias primas, podría ser sofisticado su operación para mantener eficiencia del proceso.
RO 129646 A0	Proceso para aumentar la potencia térmica de las briquetas de aserrín	Univ Transilvania Din Braşov	Rumano	la implementación de esta patente en Colombia podría generar beneficios tanto económicos como ambientales, al promover el uso de biomasa de madera de manera más eficiente y sostenible, y al reducir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones contaminantes.

**Tabla 13. Resumen de las patentes con potencial para Colombia: Autores 2024**

### 6.6.2. Potencialidad de las patentes globales para ser adaptadas en Colombia.

Este acápite presenta un análisis del potencial de las patentes seleccionadas para su aplicación en Colombia. El análisis se basa en los criterios identificados en los resúmenes y las reivindicaciones de cada patente que se presenta en la Tabla 14, considerando factores como:

- **Zonas no interconectadas:** Se priorizaron las patentes que no requieren energía eléctrica externa o que pueden funcionar con fuentes de energía alternativas.
- **Zonas rurales:** Se consideraron las patentes con diseños simples y de fácil mantenimiento, además de aquellas que permiten el aprovechamiento de recursos locales.
- **Escalabilidad:** Se evaluó la capacidad de la tecnología para adaptarse a diferentes escalas de producción.
- **Mantenimiento:** Se consideró la complejidad del mantenimiento y la necesidad de personal capacitado.
- **Gran escala:** Se identificaron las patentes con mayor capacidad de producción.
- **Subproductos:** Se destacaron las patentes que generan subproductos con potencial para otros sectores.
- **Eficiencia energética:** Se evaluó la eficiencia en el uso de la energía de cada tecnología.

Número de patente	Zonas no interconectadas	Zonas rurales	Escalabilidad	Mantenimiento	Gran escala	Subproductos	Eficiencia energética
CN 117467486 A	Sí	Sí	Media	Bajo	No	No	Alta
CN 219744728 U	Sí	Sí	Media	Bajo	No	No	Alta
CN 114958447 A	No	Sí	Alta	Bajo	Sí	No	Alta
CN 111531949 A	No	Sí	Alta	Moderado	Sí	No	Media
CN 110229707 A	Sí	Sí	Baja	Bajo	No	Sí	Alta
2,01415E+11	Sí	Sí	Media	Moderado	No	No	Media
CN 210193786 U	No	Sí	Alta	Alto	Sí	Sí	Media

Número de patente	Zonas no interconectadas	Zonas rurales	Escalabilidad	Mantenimiento	Gran escala	Subproductos	Eficiencia energética
CN 104531256 A	Sí	Sí	Media	Bajo	No	No	Alta
CN 215560112 U	No	No	Alta	Alto	Sí	Sí	Baja
CN 208071660 U	Sí	Sí	Media	Moderado	No	No	Media
CN 206721152 U	No	Sí	Baja	Bajo	No	No	Alta
US 9557105 B2	Sí	Sí	Media	Bajo	No	No	Alta
CN 103506053 A	No	Sí	Alta	Alto	Sí	Sí	Media
CN 104307419 A	Sí	Sí	Baja	Bajo	No	No	Alta
RO 129646 A0	No	Sí	Media	Moderado	No	No	Media

**Tabla 14. Potencialidad del portafolio de patentes para diversos usos. Fuente: Autores, 2024.**

### 6.6.3. Potencial de las patentes de la SIC para aplicarse en Colombia

En la Tabla 15 se realizó el análisis de las patentes de la SIC identificando su potencialidad para ser aplicadas en Colombia:

Número del IP	Potencial en Colombia	Observaciones
47556	Bajo	No produce pellets o briquetas además usa tecnología antigua (2002), posiblemente superada. Requiere lignina globulizada, que puede no ser fácil de obtener en Colombia.
6006956	Moderado	Utiliza residuos de poda y cosechas, abundantes en Colombia. Sin embargo, el proceso puede ser complejo y requerir aditivos específicos.
NC2016/0005907	Alto	Aprovecha residuos agroindustriales (bagazo de caña, vinazas, lodos de papel) abundantes en Colombia. Enfoque en la generación de energía.
NC2021/0000483	Moderado	No produce pellets o briquetas sino fertilizantes
NC2022/0012860	Moderado	Utiliza alcohol etílico y grasa vegetal para producir biocombustible sólido. Es necesario evaluar la eficiencia.

Número del IP	Potencial en Colombia	Observaciones
NC2024/0000079	Alto	Aprovecha desechos ruminales de ganado y energía solar para producir combustible. Tiene potencial en zonas rurales con ganadería.
NC2024/000436	Alto	Trata lodos aceitosos de petróleo con biomasa (cascarilla de arroz y/o café). Puede ser relevante para la industria petrolera y la gestión de residuos.
NC2008/000304	Bajo	No produce pellets o briquetas, además usa tecnología antigua (2008), posiblemente superada. El proceso puede ser complejo y requerir alta inversión.
NC2018/000538	Moderado	Produce briquetas a partir de pergamino de café, un residuo abundante en Colombia. Es necesario evaluar la escalabilidad.
NC2021/000435	Bajo	No produce briquetas o pélets, la tecnología está enfocada en el tratamiento de madera, no en la producción de biocombustible.
NC2021/000436	Moderado	No produce briquetas ni peléts ni combustibles sólidos.
NC2021/000437	Bajo	Tecnología enfocada en la producción de biocarbón, no en la producción de biocombustible a gran escala.
NC2022/000168	Bajo	Tecnología enfocada en mejorar el poder calorífico de pellets, no en la producción a partir de residuos locales.

**Tabla 15. Análisis de las patentes de la SIC y su potencial en Colombia. Fuente: Autores, 2024.**

## Capítulo 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta investigación ha logrado cumplir con su objetivo general al proponer un portafolio de tecnologías para la densificación de biomasa residual en Colombia, utilizando la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VTIC) como herramientas de innovación. Se ha identificado un conjunto de patentes con potencial para ser implementadas en el país, considerando su adaptabilidad a las condiciones locales, la disponibilidad de recursos y las necesidades del mercado.

Los resultados de la investigación han permitido identificar las principales tendencias tecnológicas en el campo de la densificación de biomasa a nivel mundial incluyendo el uso de

microondas, la pirolisis a baja temperatura, torrefacción y uso de aditivos para mejorar la calidad del producto, cada alternativa presentada puede tener un interés dependiendo de la necesidad ya sea para producción en zonas rurales, producción a gran escala, producción a escala local, mejora de procesos y productos.

Se logró identificar y comprender los conceptos de Vigilancia Tecnológica (VT) e Inteligencia Competitiva (IC) como herramientas fundamentales para la innovación. Se reconocieron las definiciones y los procesos de VT e IC, así como su importancia en la gestión de la I+D+i. Se analizaron las normas UNE incluyendo la 166006:2018 y la familia de normas NTC 5800 y la GTC 186:2019, identificando similitudes, diferencias y su aplicación en la gestión de la innovación. Se examinó la importancia de la VT y la IC en la toma de decisiones estratégicas, la anticipación de tendencias y la reducción de riesgos.

Se logró determinar los elementos críticos para iniciar la Vigilancia Tecnológica (VT) en procesos de peletización, considerando el contexto colombiano. Se identificaron las necesidades de información prioritarias, incluyendo materias primas como café, bagazo de caña, yuca, maíz, arroz, cacao y palma de aceite, el tipo de aglutinante (lignina), y el tipo de densificado (peletización y briquetización) para uso como combustible en energía y su potencial para atender la demanda futura ante los costos elevados del gas natural en Europa para la calefacción y la industria en Asia.

Se identificaron las principales fuentes de biomasa residual en Colombia, destacando la importancia de la peletización como método de densificación, y se reconocieron las limitaciones en el desarrollo de la biomasa como fuente de energía en Colombia, incluyendo la falta de inversión en I+D, la ausencia de un marco regulatorio sólido, y la competencia por otros usos de la biomasa. Se evidenció el potencial de Colombia para la generación de biomasa a partir de residuos agrícolas y madereros, y se identificaron las barreras que dificultan la plena explotación de estos recursos.

Se logró desarrollar un proceso de Vigilancia Tecnológica (VT) que permitió identificar tecnologías relevantes de peletización para Colombia. Se utilizaron ecuaciones de búsqueda con

operadores booleanos para encontrar información en bases de datos de patentes como Lens Patents y la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC). Se analizaron 17.149 patentes de Lens Patents y 13 patentes de la SIC, utilizando el código de clasificación IPCR C10L5/44, identificando un crecimiento acelerado en el número de patentes relacionadas con la densificación de biomasa y biocombustibles, especialmente desde 2014, encontrando que China lidera la innovación en este campo, seguida de cerca por las solicitudes internacionales a través de la OMPI.

Se analizaron las patentes utilizando diferentes métodos entre ellos palabras clave, diagramas de sankey, correlación, destacando la importancia de la biomasa, los pélets, la combustión, la producción, la sostenibilidad y la economía circular. Se identificaron las patentes más citadas, las cuales poseen un número significativamente mayor de citas, lo que indica su relevancia e influencia continua en el campo de la densificación de biomasa y biocombustibles. Se refinó la búsqueda de patentes en Lens Patents, utilizando un rango de fechas de los últimos 10 años y un documento por familia de patentes, obteniendo un total de 62 patentes para el análisis de tendencias tecnológicas.

Se logró determinar los elementos críticos de la Inteligencia Competitiva (IC) relevantes para el estudio, mediante la identificación de las patentes más citadas, activas, recientes y la última patente del total de patentes. Se analizó la información de las patentes a través del tiempo, por países, por propietarios e inventores, y por número de citas. Se seleccionaron 15 patentes para el análisis final, la mayoría de China, un par de Estados Unidos y una de Rumanía.

Se identificaron las patentes con mayor potencial para Colombia, como la NC2016/0005907 que aprovecha residuos agroindustriales abundantes, la NC2024/0000079 que utiliza desechos ruminales de ganado y energía solar, y la NC2024/000436 que trata lodos aceitosos de petróleo con biomasa. Se analizaron las patentes de la SIC, determinando su potencialidad para ser aplicadas en Colombia. Se concluyó que varias patentes presentan un alto potencial para la producción de combustibles densificados en Colombia, aprovechando la biomasa disponible y contribuyendo a la diversificación energética y al desarrollo sostenible.

Fuentes y contenido relacionado

## **7.1. Recomendaciones**

Profundizar en el análisis técnico y económico de las patentes seleccionadas, realizando estudios de factibilidad para determinar su viabilidad en el contexto colombiano.

Adaptar las tecnologías a las condiciones locales, considerando la disponibilidad de biomasa, los costos de producción y la demanda del mercado.

Fomentar la investigación y el desarrollo de tecnologías complementarias para la producción de biocombustibles densificados, impulsando la innovación y la creación de nuevas empresas en el sector.

Promover la colaboración entre universidades, centros de investigación y empresas para el desarrollo e implementación de tecnologías de densificación de biomasa.

Difundir los resultados de la investigación a los actores del sector energético y a la sociedad en general, con el fin de promover el conocimiento y la adopción de tecnologías de biomasa en Colombia.

## REFERENCIAS

- [1] United Nations, «Energías renovables: energías para un futuro más seguro | Naciones Unidas», United Nations. Accedido: 22 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/es/climatechange/raising-ambition/renewable-energy>
- [2] UPME, «Atlas del potencial energético de la Biomasa residual en Colombia». Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/atlas-del-potencial-energetico-de-la-biomasa.aspx>
- [3] G. P. Marrugo Escobar, «Efecto de los cambios estructurales de diferentes biomásas pirolizadas sobre las características del gas de síntesis, obtenido a partir de la gasificación de biochar», 2016, Accedido: 22 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56490>
- [4] Fedebiocombustibles, «Fedebiocombustibles-Estadísticas», Estadísticas. Accedido: 22 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://fedebiocombustibles.com/statistics/#>
- [5] N. E. Ramirez-Contreras y A. P. C. Faaij, «A review of key international biomass and bioenergy sustainability frameworks and certification systems and their application and implications in Colombia», *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 96, pp. 460-478, nov. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2018.08.001.
- [6] L. C. Hernandez Solorzano, C. A. Forero Nuñez, y F. E. Sierra, «Biomass densification: A review of the market and recent R&D trends», *TECCIENCIA*, vol. 12, n.º 23, pp. 81-92, jul. 2017, doi: 10.18180/tecciencia.2017.23.10.
- [7] A. Pirraglia, «Wood Pellets: An Expanding Market Opportunity | Biomass Magazine». Accedido: 22 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://biomassmagazine.com/articles/wood-pellets-an-expanding-market-opportunity-3853>
- [8] Bioenergy International, «Bioenergy International World of Pellets 2023», 2023, 2023.
- [9] M. Hiloidhari, D. C. Baruah, M. Kumari, S. Kumari, y I. S. Thakur, «Prospect and potential of biomass power to mitigate climate change: A case study in India», *J. Clean. Prod.*, vol. 220, pp. 931-944, may 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.02.194.
- [10] M. J. Calvo-Saad, J. S. Solís-Chaves, y W. Murillo-Arango, «Suitable municipalities for biomass energy use in Colombia based on a multicriteria analysis from a sustainable development perspective», *Heliyon*, vol. 9, n.º 10, p. e19874, oct. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e19874.
- [11] J. J. C. Eras *et al.*, «A look to the Electricity Generation from Non-Conventional Renewable Energy Sources in Colombia», *Int. J. Energy Econ. Policy*, vol. 9, n.º 1, Art. n.º 1, 2019.
- [12] G. Caspary, «Gauging the future competitiveness of renewable energy in Colombia», *Energy Econ.*, vol. 31, n.º 3, pp. 443-449, may 2009, doi: 10.1016/j.eneco.2008.12.007.
- [13] BIOENA, «Nosotros – BIOENA». Accedido: 22 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://bioena.co/nosotros/>
- [14] Refocosta, «Refocosta, Valor natural», Refocosta. Accedido: 11 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.refocosta.com/>

- [15] HRG Ingeniería, «HRG INGENIERÍA», Quemadores & Fabricacion de Pellets. Accedido: 11 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.hrging.com/Pellets.html>
- [16] QuimiNet, «Proveedores de pellets de madera - Teléfonos, Distribuidores, Productores y Fabricantes», QuimiNet. Accedido: 11 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.quiminet.com/proveedores/pellets-de-madera-121242330741.htm>
- [17] D. A. L. Silva, R. A. P. Filleti, R. Musule, T. T. Matheus, y F. Freire, «A systematic review and life cycle assessment of biomass pellets and briquettes production in Latin America», *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 157, p. 112042, abr. 2022, doi: 10.1016/j.rser.2021.112042.
- [18] J. R. Hess, P. Lamers, H. Stichnothe, M. Beermann, y G. Jungmeier, «Bioeconomy Strategies», en *Developing the Global Bioeconomy*, Elsevier, 2016, pp. 1-9. doi: 10.1016/B978-0-12-805165-8.00001-X.
- [19] M. Gonzalez-Salazar, «Strategic planning of biomass and bioenergy technologies», 2016. doi: 10.13140/RG.2.2.35407.89767.
- [20] C. A. García-Ubaque, M. L. Vaca-Bohórquez, y G. F. Talero, «Aprovechamiento de Biomasa Peletizada en el Sector Ladrillero en Bogotá-Colombia: Análisis Energético y Ambiental», *Inf. Tecnológica*, vol. 24, n.º 3, pp. 115-120, 2013, doi: 10.4067/S0718-07642013000300013.
- [21] F. C. R. Pinzón y Y. F. R. Galán, «Propuesta técnico financiera para la producción de pellets de borra de café utilizando aceite vegetal como aglomerante a nivel planta piloto», p. 104, 2022.
- [22] A. Aghalari, B. S. Aladwan, M. Marufuzzaman, S. Tanger, B. K. Da Silva, y V. G. Gude, «Optimizing a pellet supply system: Market-specific pellet production with biomass quality considerations», *Comput. Chem. Eng.*, vol. 153, p. 107417, oct. 2021, doi: 10.1016/j.compchemeng.2021.107417.
- [23] P. F. Drucker, *La innovación y el empresario innovador. La práctica y los principios.. Traducción de Maricel Ford*. México: Editorial Sudamericana S.A., 1994.
- [24] J. Echeverría, «THE OSLO MANUAL AND THE SOCIAL INNOVATION».
- [25] «Oslo Manual: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación, 3ª edición | READ online», [oecd-ilibrary.org](https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-oslo_9789264065659-es). Accedido: 20 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-oslo\\_9789264065659-es](https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-oslo_9789264065659-es)
- [26] ICONTEC - Instituto Colombiano de Normas Técnicas, «GTC186:2009. GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN (I+D+i). GESTIÓN DE LA I+D+i: SISTEMA DE VIGILANCIA (V).» 2009.
- [27] ICONTEC, *NTC 5800:2020 Sistema de gestión de la innovación. Terminología y definiciones*, 25 de noviembre de 2020.
- [28] E.- ICONTEC - Instituto Colombiano de Normas Técnicas, «NTC5802:2008. Gestión de la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). Requisitos de un proyecto I+D+i.» ICONTEC.
- [29] *NTC 5801:2018 Sistema de gestión de la innovación. Requisitos.*, 5801, Colombia., 21 de noviembre de 2018. Accedido: 12 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://e-collection-icontec-org.bdigital.sena.edu.co/normavw.aspx?ID=75480>

- [30] *UNE 166000:2006 Gestión de la I+D+i: Terminología y definición...*, 3 de mayo de 2006. Accedido: 15 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0036141>
- [31] *UNE 166002: 2014 Gestión de la I+D+i: Requisitos del Sistema de Gestión de la I+D+i.*, mayo de 2014.
- [32] «Vigilancia Tecnológica e inteligencia competitiva - OneDrive». Accedido: 7 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://uredumy.sharepoint.com/personal/john\\_feo\\_urosario\\_edu\\_co/\\_layouts/15/onedrive.aspx?FolderCTID=0x0120009E37BDEAD4820647B9F5A8EE19ACADC7&id=%2Fpersonal%2Fjohn%2Ffeo%2Furosario%2Fedu%2Fco%2FDocuments%2FMaestria%20Energ%C3%ADas%20Renovables%2FProyecto%20grado%2Finformaci%C3%B3n%20secundaria%2FVigilancia%20Tecnol%C3%B3gica%20e%20inteligencia%20competitiva%2Fune%20166006%202018%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2Fjohn%2Ffeo%2Furosario%2Fedu%2Fco%2FDocuments%2FMaestria%20Energ%C3%ADas%20Renovables%2FProyecto%20grado%2Finformaci%C3%B3n%20secundaria%2FVigilancia%20Tecnol%C3%B3gica%20e%20inteligencia%20competitiva](https://uredumy.sharepoint.com/personal/john_feo_urosario_edu_co/_layouts/15/onedrive.aspx?FolderCTID=0x0120009E37BDEAD4820647B9F5A8EE19ACADC7&id=%2Fpersonal%2Fjohn%2Ffeo%2Furosario%2Fedu%2Fco%2FDocuments%2FMaestria%20Energ%C3%ADas%20Renovables%2FProyecto%20grado%2Finformaci%C3%B3n%20secundaria%2FVigilancia%20Tecnol%C3%B3gica%20e%20inteligencia%20competitiva%2Fune%20166006%202018%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2Fjohn%2Ffeo%2Furosario%2Fedu%2Fco%2FDocuments%2FMaestria%20Energ%C3%ADas%20Renovables%2FProyecto%20grado%2Finformaci%C3%B3n%20secundaria%2FVigilancia%20Tecnol%C3%B3gica%20e%20inteligencia%20competitiva)
- [33] AENOR, *UNE 166006:2018 Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia e inteligencia*, 18 de abril de 2018.
- [34] E. Ortoll y M. García, «La inteligencia competitiva». Editorial UOC, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www-digitaliapublishing-com.bdigital.sena.edu.co/a/43986>
- [35] C. A. F. Núñez y C. A. G. Fajardo, «Producción y uso de pellets de biomasa para la generación de energía térmica: una revisión a los», vol. 9.
- [36] F. Palop y J. M. Vicente, *Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. Su potencial para la empresa española*, Fundación Cotec. Fundación Cotec.
- [37] P. Escorsa y R. Maspon, *De la Vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva*. Madrid, España: Adriana Gómez Arnau, 2001.
- [38] MinCiencias, «Políticas de Investigación e Innovación Orientadas por Misiones - PIIOM. Mision Transición Energética», Ministerio de Ciencia, tecnología e innovación, Documento de Política Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación, 2023. [En línea]. Disponible en: [https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/noticias/3.\\_documento\\_de\\_politica\\_transicion\\_energetica.pdf](https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/noticias/3._documento_de_politica_transicion_energetica.pdf)
- [39] J. S. González, «RECOMENDACIONES PARA LA POLÍTICA DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE COLOMBIA».
- [40] BID y Presidencia de Colombia, «Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia», Ministerio de Minas y Energía, Bogotá, 2021. Accedido: 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www.minenergia.gov.co/documents/5856/TRANSICION\\_ENERGETICA\\_COLOMBIA\\_BID-MINENERGIA-2403.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/5856/TRANSICION_ENERGETICA_COLOMBIA_BID-MINENERGIA-2403.pdf)
- [41] World Bank, «Energía: Entendiendo la pobreza», World Bank. Accedido: 18 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview>
- [42] Á. García-Maraver, *Optimization of the pelletization process of agricultural wastes originating from olive farms for their application in domestic boilers*. Universidad de Granada, 2013. Accedido: 11 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://digibug.ugr.es/handle/10481/29523>

- [43] IEA, «Final consumption – Key World Energy Statistics 2021 – Analysis», 2021. Accedido: 18 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021/final-consumption>
- [44] IRENA, «Perspectivas de la transición energética mundial. Camino hacia 1.5°C. Resumen ejecutivo.», 2021. [En línea]. Disponible en: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jun/IRENA\\_WETO\\_Summary\\_2021\\_ES.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jun/IRENA_WETO_Summary_2021_ES.pdf)
- [45] IRENA, «Rutas de la bioenergía sostenible en América Latina: fomento de la inversión y la sostenibilidad en la bioenergía», Sao Paulo, 2023. [En línea]. Disponible en: [https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Jan/IRENA\\_Sustainable\\_bioenergy\\_Latin\\_America\\_2024\\_ES.pdf?rev=72c6585c75e142abaab3719c92815710](https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Jan/IRENA_Sustainable_bioenergy_Latin_America_2024_ES.pdf?rev=72c6585c75e142abaab3719c92815710)
- [46] W. Reyes-Calle y J. W. Grimaldo-Guerrero, «Drivers of Biomass Power Generation Technologies: Adoption in Colombia», *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 844, n.º 1, p. 012010, may 2020, doi: 10.1088/1757-899X/844/1/012010.
- [47] A. M. C. Cabello Quiñones, *ENERGIAS ALTERNATIVAS «solución para el desarrollo sustentable»*. 2006.
- [48] Instituto Tecnológico de Canarias, «Energías renovables y eficiencia energética», p. 148, 2008.
- [49] M. Pande y A. N. Bhaskarwar, «Biomass Conversion to Energy», en *Biomass Conversion: The Interface of Biotechnology, Chemistry and Materials Science*, C. Baskar, S. Baskar, y R. S. Dhillon, Eds., Berlin, Heidelberg: Springer, 2012, pp. 1-90. doi: 10.1007/978-3-642-28418-2\_1.
- [50] D. O. Hall, F. Rosillo-Calle, y P. de Groot, «Biomass energy: Lessons from case studies in developing countries», *Energy Policy*, vol. 20, n.º 1, pp. 62-73, ene. 1992, doi: 10.1016/0301-4215(92)90148-U.
- [51] EPEC, «Energía Renovable: la biomasa», 2017.
- [52] J. Mauborgne y L. Gúisa-Suárez, «Energías renovables no convencionales y cambio climático: un análisis para Colombia.» Accedido: 6 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://web-s-ebsohost-com.ez.urosario.edu.co/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzIzNzcxODVfX0FO0?sid=33a9f493-198f-413f-a3ed-98f19a2d3001@redis&vid=5&format=EK&lpid=navpoint-41&rid=0>
- [53] EIA, «Biomass and the environment. Biomass Explained», - U.S. Energy Information Administration (EIA). Accedido: 23 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/biomass-and-the-environment.php>
- [54] C. A. Alvarado y F. M. Girón, «RECONOCIMIENTO TÉCNICO».
- [55] A. K. Kurchania, «Biomass Energy», en *Biomass Conversion: The Interface of Biotechnology, Chemistry and Materials Science*, C. Baskar, S. Baskar, y R. S. Dhillon, Eds., Berlin, Heidelberg: Springer, 2012, pp. 91-122. doi: 10.1007/978-3-642-28418-2\_2.
- [56] C. Gong *et al.*, «The significance of biomass densification in biological-based biorefineries: A critical review», *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 183, p. 113520, sep. 2023, doi: 10.1016/j.rser.2023.113520.

- [57] K. Kang *et al.*, «Codensification technology as a critical strategy for energy recovery from biomass and other resources - A review», *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 116, p. 109414, dic. 2019, doi: 10.1016/j.rser.2019.109414.
- [58] Dharmesh Kuwar Kewat, «Difference between Biomass pelletization and Briquetting», LinKeind. [En línea]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/difference-between-biomass-pelletization-briquetting-kewat/>
- [59] A. Garcia-Maraver, «Biomass Pelletization Process», en *WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering*, 1.<sup>a</sup> ed., vol. 1, A. Garcia-Maraver y J. A. Perez-Jimenez, Eds., WIT Press, 2015, pp. 53-66. doi: 10.2495/978-1-84566-062-8/004.
- [60] K. Kang, L. Qiu, M. Zhu, G. Sun, Y. Wang, y R. Sun, «Codensification of Agroforestry Residue with Bio-Oil for Improved Fuel Pellets», *Energy Fuels*, vol. 32, n.º 1, pp. 598-606, ene. 2018, doi: 10.1021/acs.energyfuels.7b03482.
- [61] T. R. Sarker, S. Nanda, V. Meda, y A. K. Dalai, «Densification of waste biomass for manufacturing solid biofuel pellets: a review», *Environ. Chem. Lett.*, vol. 21, n.º 1, pp. 231-264, feb. 2023, doi: 10.1007/s10311-022-01510-0.
- [62] J. Eling, D. K. Okot, E. Menya, y M. R. Atim, «Densification of raw and torrefied biomass: A review», *Biomass Bioenergy*, vol. 184, p. 107210, may 2024, doi: 10.1016/j.biombioe.2024.107210.
- [63] P. Pradhan, S. M. Mahajani, y A. Arora, «Production and utilization of fuel pellets from biomass: A review», *Fuel Process. Technol.*, vol. 181, pp. 215-232, dic. 2018, doi: 10.1016/j.fuproc.2018.09.021.
- [64] T. Sithole *et al.*, «A review of the combined torrefaction and densification technology as a source of renewable energy», *Alex. Eng. J.*, vol. 82, pp. 330-341, nov. 2023, doi: 10.1016/j.aej.2023.09.080.
- [65] S. Vaish, N. K. Sharma, y G. Kaur, «A review on various types of densification/briquetting technologies of biomass residues», *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1228, n.º 1, p. 012019, mar. 2022, doi: 10.1088/1757-899X/1228/1/012019.
- [66] L. B. Mendez H, «Diseño e implementación de una prensa hidráulica para la extracción de aceites fijos, en el laboratorio de investigaciones de extractos vegetales (liexve) del Centro de Investigaciones de la facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala», 2012, [En línea]. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0632\\_MI.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0632_MI.pdf)
- [67] D. Thrän *et al.*, «Moving torrefaction towards market introduction – Technical improvements and economic-environmental assessment along the overall torrefaction supply chain through the SECTOR project», *Biomass Bioenergy*, vol. 89, pp. 184-200, jun. 2016, doi: 10.1016/j.biombioe.2016.03.004.
- [68] UNE, «UNE-EN ISO 17225-2:2014 Biocombustibles sólidos. Especificación». 2019.
- [69] J. Aguirre, «Inteligencia estratégica: un sistema para gestionar la innovación», *Estud. Gerenciales*, vol. 31, n.º 134, pp. 100-110, ene. 2015, doi: 10.1016/j.estger.2014.07.001.
- [70] Universidad de Antioquia, «Fomento de la Innovación - Vigilancia e Inteligencia estratégica», Vigilancia e inteligencia estratégica. Accedido: 10 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://sites.google.com/view/fomentodelainnovacion/portafolio/oferta-formativa/transferencia-del-conocimiento/vigilancia-e-inteligencia-estrat%C3%A9gica>

- [71] Universidad de Alicante, «MOOCVT 2: Lección 2: Cómo identificar necesidades de información: Actividad 2», Mooccv. Accedido: 10 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://moocvt.ovtt.org/moocs/mod/lesson/view.php?id=62>
- [72] «EPO: Observatorio de Patentes y Tecnología para el futuro de la innovación — OVTT». Accedido: 8 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ovtt.org/recursos/observatorio-de-patentes-y-tecnologia-epo/>
- [73] OMPI, «Sobre la Clasificación Internacional de Patentes», Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. Accedido: 15 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.wipo.int/classifications/ipc/es/preface.html>
- [74] Leiden University, *VOS Viewer*. (2024). Centre for Science and Technology Studies, Netherland. [En línea]. Disponible en: <https://www.vosviewer.com/>
- [75] M. Aria y C. Cuccurullo, *bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis*, *Journal of Informetrics*. (2017). R studio. [En línea]. Disponible en: [https://www.bibliometrix.org/vignettes/Introduction\\_to\\_bibliometrix.html](https://www.bibliometrix.org/vignettes/Introduction_to_bibliometrix.html)
- [76] GIZ *et al.*, «Construcción de un sistema que integra los exploradores de energía solar y de biomasa residual agrícola Desarrollados en este estudio para Colombia y Chile PRODUCTO A: Base de datos de las comunidades y territorios de estudio Cooperación Triangular Alemania-Chile-Colombia», Colombia, 2024. Accedido: 22 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www1.upme.gov.co/Documents/Coop\\_internacional/2\\_GIZ/Informe\\_01\\_Producto\\_A.pdf](https://www1.upme.gov.co/Documents/Coop_internacional/2_GIZ/Informe_01_Producto_A.pdf)
- [77] «What is Scopus Preview? - Scopus: Access and use Support Center». Accedido: 22 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a\\_id/15534/supporthub/scopus/#tips](https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/15534/supporthub/scopus/#tips)
- [78] Lens.org, <https://www.lens.org/>. (2024). en. CAMBIA.org, Australia.
- [79] «Scopus preview - Scopus - Welcome to Scopus». Accedido: 22 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www2.scopus.com/home.uri?zone=header&origin=sbrowse>
- [80] MinCIT, «Búsqueda de solicitudes de Patente/Modelo de Utilidad/PCT/Esquemas de Trazado». Accedido: 3 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://sipi.sic.gov.co/sipi/Extra/IP/PT/Qbe.aspx?sid=638582742294290856>
- [81] U. Nations, «The Paris Agreement», United Nations. Accedido: 9 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement>

## ANEXOS

1. Consulta entidades nacionales
  - 1.1 Solicitud Información UPME
  - 1.2 Respuesta Ecopetrol
  - 1.3 Respuesta Finagro
  - 1.4 Traslado Comunicado de UPME a Fedemaderas
  - 1.5 Notificación traslado de UPME a Fedemaderas
  - 1.6 Respuesta Grupo de Registro de Bienes Nacionales
  - 1.7 Respuesta Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
2. Consulta Expertos
  - 2.1 Celso Oliveira ABIB Associação Brasileira das Indústrias Biomassa
  - 2.2 Consulta Experto Dhmesh Kumar
  - 2.3 Pregunta al sector Gas
3. Etapa 02 Necesidades
  - 3.1 búsqueda inicial
  - 3.2 Marco teórico relevante general
  - 3.3 Matriz de variables
4. Exploración fuentes científicas
  - 4.1. Lens Scholarly
    - 4.1.1 Base de datos Lens Científico
    - 4.1.2. Consolidado resultados Lens
    - 4.1.3. Documentos más citados a nivel global
    - 4.1.4. Producción de los autores
  - 4.2. Investigación SCOPUS
    - 4.2.1 Producción de los autores
    - 4.2.2 Base Scopus
    - 4.2.3 Resumen SCOPUS
5. Patentes
  - 5.1 Lens datos

- 5.1.1 Salidas graficas datos
- 5.2 Patentes Colombia
  - 5.2.1 Patentes SIC
  - 5.2.2 Origen de la patente
- 5.3 Patentes finales 3 fase
  - 5.3.1 Patentes-tercera-fase
  - 5.3.2 Graficas tercera fase
  - 5.3.3 Patentes Seleccionadas
- 6. Tecnologías
  - 6.1 Portafolio de tecnologías