



Evaluación de Sistemas Agroforestales para la generación de Biomasa Residual en el municipio  
del Carmen de Chucurí- Santander

Julián Andrés Gaviria Carvajal

Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Rectoría Virtual y a Distancia  
Maestría en Gerencia de la Innovación en Proyectos  
Gestión de la innovación para el desarrollo sostenible y la consolidación empresarial  
junio de 2025

Evaluación de Sistemas Agroforestales para la generación de Biomasa Residual en el municipio  
del Carmen de Chucurí- Santander

Julián Andrés Gaviria Carvajal

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Magíster en Gerencia de la  
Innovación en Proyectos

Director

Gerardo Pedraza Vega

Economista

Msc Desarrollo Rural

Co- director

Cristian Giovanni Palencia Blanco

Ingeniero Químico

Msc. Ingeniería Química

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual y a Distancia

Maestría en Gerencia de la Innovación en Proyectos

Gestión de la innovación para el desarrollo sostenible y la consolidación empresarial

junio de 2025

## DEDICATORIA

Con una profunda gratitud y humildad, dedico este trabajo de investigación, fruto de esfuerzo y perseverancia. En primer lugar, a Dios, por ser la fuente inagotable de mi existencia, por concederme la salud, la fortaleza y el conocimiento necesario para emprender y dar por finalizada esta importante etapa académica. Su divina providencia siempre será mi guía a lo largo de todo el camino recorrido.

Asimismo, esta dedicatoria es para mi familia, el cimiento fundamental de toda mi vida. A la memoria de mi amado padre, Fabio Gaviria Cardona (QEPD), quien desde el cielo sigue siendo mi inspiración y mi guía constante. Su recuerdo y su amor me impulsan a superar cada obstáculo y a celebrar cada triunfo.

A mi madre, mi hermana y mi sobrina, quienes son los motores incansables de mi vida. Su sostén incondicional, su paciencia, amor y fe en mí han sido esenciales para alcanzar este logro. Cada sacrificio, cada desvelo y cada paso en este transitar académico ha sido impulsado por el deseo de honrar su amor y de contribuir al bienestar y al cumplimiento de los sueños de nuestra familia. Este logro no es solo mío, es un triunfo compartido que nos impulsa hacia un futuro lleno de nuevas metas y realizaciones.

Finalmente dedico este trabajo de investigación a la familia Palencia Blanco del predio Quinal del Tesoro, que, por su gran conocimiento, capacidades hospitalidad y experiencia compartieron y abrieron su gran conocimiento, una familia que sin duda aporta al desarrollo local y regional del territorio con procesos innovadores y únicos que permiten en su aplicación mejorar las condiciones del campo, transformando las realidades en la producción agropecuaria sostenible.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecer es el mayor gesto de respeto y reconocimiento por el conocimiento y los procesos que por años se han desarrollado. Expreso mi más sincera gratitud a todas las personas e instituciones que, con su invaluable apoyo y dedicación, hicieron posible la culminación de este trabajo de investigación y mi formación como Magíster. Mi total agradecimiento al Ingeniero Gildardo Palencia, un verdadero maestro de vida y conocimiento. Su gran saber, amabilidad y excepcional forma de enseñar y transmitir el conocimiento fueron fundamentales en la elaboración de la presente investigación. Al Ingeniero Cristian Giovanni Palencia B, mi reconocimiento y agradecimiento por su significativo aporte y acompañamiento constante. Su conocimiento, talento y su inquebrantable fe en el trabajo en equipo que formamos, fueron cruciales desde el inicio hasta el fin de este proceso.

Agradezco al MSc. Gerardo Pedraza, director de esta investigación, por su invaluable soporte y orientación. Su guía fue esencial para conseguir los óptimos resultados presentados en este trabajo. A todo el equipo de docentes de UNIMINUTO, quienes, con su sabiduría y compromiso, me formaron para alcanzar el título de Magíster. Su dedicación es un reflejo de la excelencia académica.

Finalmente, extendiendo mi gratitud a la comunidad de la Vereda El 27 y a las comunidades de El Carmen de Chucurí, Santander. Su valiosa participación y aporte hicieron posible la realización de esta investigación. A todas esas instituciones y personas que, directa o indirectamente, contribuyeron a este proyecto, mi más sincero agradecimiento por su colaboración.

## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1 Descripción del problema .....	13
1.2 Problema concreto .....	14
1.3 Pregunta de investigación .....	15
1.4 Objetivos de investigación.....	15
1.4.1 Objetivo general.....	15
1.4.2 Objetivos específicos .....	15
1.5 Justificación de la investigación .....	15
2 MARCO DE REFERENCIA .....	18
2.1 Estado del arte.....	18
2.2 Marco conceptual.....	18
3 METODOLOGÍA .....	22
3.1 Postura epistemológica .....	22
3.2 Enfoque, alcance y tipo de investigación.....	22
3.3 Población y muestra.....	24
3.3.1 Definición de la población .....	24
3.3.2 Cálculo y selección de la muestra .....	24
3.4 Diseño metodológico .....	25
3.5 Variables .....	27
3.6 Instrumento(s) de recolección de información .....	27
3.7 Análisis de información.....	28
3.8 Consideraciones éticas.....	29
3.8.1 Análisis de consideraciones éticas .....	29
3.8.2 Instrumentos de aceptación y autorización .....	30
4 RESULTADOS .....	31
4.1 Caracterizar los sistemas agroforestales en los pilotos establecidos en Carmen de Chucurí, identificando las especies y prácticas potenciales de generación de biomasa residual .....	31

4.1.1 Diagnóstico y caracterización de los sistemas agroforestales .....	31
4.1.2 Identificación y cuantificación de la biomasa residual generada.....	39
4.2 Analizar la eficiencia de la biomasa residual generada en los sistemas agroforestales .....	43
4.2.1 Eficiencia de Producción.....	43
4.2.2 Potencial energético estimado.....	47
4.2.3 Eficiencia del manejo actual .....	49
5 CONCLUSIONES.....	59
6 RECOMENDACIONES .....	60
REFERENCIAS .....	61
ANEXOS .....	64

**Lista de tablas**

Tabla 1 Principales variables del estudio .....	27
Tabla 2 Caracterización general de la finca El Quinal del Tesoro .....	31
Tabla 3 Configuraciones espaciales .....	37
Tabla 4 Síntesis comparativa de biomasa residual en sistemas agroforestales .....	45
Tabla 5 Potencial energético estimado.....	47

**Lista de figuras**

Figura 1 Identificación del área objeto de estudio .....	32
Figura 2 Finca El Quinal del Tesoro .....	32
Figura 3 Fotografía área sistemas agroforestales doble surco predio Quinal del Tesoro.....	33
Figura 4 Sistemas agroforestales de doble surco.....	33
Figura 5 Abarco ( <i>Cariniana pyriformis</i> ).....	34
Figura 6 Cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.).....	35
Figura 7 Identificación de biomasa residual.....	40
Figura 8 Medición de biomasa residual predio Quinal del Tesoro .....	41
Figura 9 Cuantificación de biomasa residual .....	42

**Lista de anexos**

Anexo A. Consentimiento informado .....	64
Anexo B. Validación por expertos .....	70
Anexo C. Ficha de observación de campo .....	91
Anexo D. Encuestas realizadas .....	96

## Resumen

La investigación "Evaluación de Sistemas Agroforestales para la generación de Biomasa Residual en el municipio de El Carmen de Chucurí, Santander" aborda el recurso energético sinópticamente infrautilizado de la biomasa residual y su impacto en la sostenibilidad del espacio rural. Tal es así que la problemática fundamental se relaciona con la inexistente capacidad de acceder a políticas, tecnologías ni participación comunitaria a fin de su aprovechamiento, a pesar de ser la biomasa residual típicamente de alto volumen en sistemas agroforestales locales. Justificando el empleo de la biomasa residual como insumo de energía es la urgencia de diversificar la matriz energética, desarrollar el nivel de emisiones a la atmósfera y propiciar economías de carácter circular en el entorno rural. Metodológicamente el estudio siguió un enfoque mixto, caracterizando sistemas agroforestales en fincas piloto, cuantificando biomasa residual (hojas, ramas, cáscaras de cacao) y estimando su potencial energético relacionado con el poder calorífico inferior (PCI). Se detectó una producción de carácter anual de 25 t/ha, que tiene capacidad para verter hasta 417.5 GJ/ha/año, suficiente para compostaje, pellets o energía térmica. Sin embargo, en la actualidad esos residuos agroforestales no se gestionan, cercenándose su potencial de ser un recurso energético de carácter económico y social. Los hallazgos abundan en la viabilidad de desarrollar estrategias colaborativas bajo el enfoque de STI: en los programas de compostaje comunitario, la redes de intercambio de conocimientos, alianzas público-privadas. Esta investigación señala cómo la valorización de la biomasa excedente en El Carmen de Chucurí puede fomentar la innovación territorial, mejorar la productividad agrícola, transitar hacia una transición energética en Colombia.

**Palabras clave:** Agroforestería, Biomasa residual, Desarrollo sostenible, Potencial energético, Sistemas agroforestales, Sistemas Territoriales de Innovación.

### **Abstract**

The research "Evaluation of Agroforestry Systems for the Generation of Residual Biomass in the Municipality of El Carmen de Chucurí, Santander" addresses the synoptically underutilized energy resource of residual biomass and its impact on the sustainability of rural areas. The fundamental problem relates to the lack of access to policies, technologies, or community participation for its utilization, despite residual biomass being typically a high volume in local agroforestry systems. Justifying the use of residual biomass as an energy resource is the urgent need to diversify the energy matrix, develop atmospheric emissions, and foster circular economies in rural areas. Methodologically, the study followed a mixed approach, characterizing agroforestry systems on pilot farms, quantifying residual biomass (leaves, branches, cocoa shells), and estimating its energy potential related to its lower calorific value (LCV). An annual production of 25 t/ha was detected, with the capacity to generate up to 417.5 GJ/ha/year, sufficient for composting, pellets, or thermal energy. However, these agroforestry residues are currently unmanaged, limiting their potential as an economic and social energy resource. The findings highlight the feasibility of developing collaborative strategies using the STI approach: in community composting programs, knowledge-sharing networks, and public-private partnerships. This research highlights how the valorization of residual biomass in El Carmen de Chucurí can foster territorial innovation, improve agricultural productivity, and transition toward an energy transition in Colombia.

**Keywords:** Agroforestry, Residual Biomass, Sustainable Development, Energy Potential, Agroforestry Systems, Territorial Innovation Systems.

## INTRODUCCIÓN.

En el contexto mundial actual de transición energética, la biomasa residual se vislumbra como una opción de sostenibilidad para la variación de la matriz de energía que puede contribuir a la disminución del uso de combustibles fósiles. Sin embargo, en lugares como el municipio santandereano de El Carmen de Chucurí, este recurso no tiene suficientemente aprovechado su potencial a pesar de las posibilidades que ofrecen los sistemas agroforestales locales. Así, lo que se busca con este trabajo de investigación es evaluar la producción de biomasa residual en los sistemas agroforestales; evaluar además su eficiencia y plantear vías de aprovechamiento desde la vista de los Sistemas Territoriales de Innovación (STI).

El trabajo se inicia con la contextualización del problema, intentando poner de manifiesto una serie de barreras que obstaculizan el uso de la biomasa en Colombia, como es la falta de políticas públicas, tecnologías adecuadas o participación de la comunidad. La pregunta que se plantea a continuación expresa el objetivo del trabajo: ¿cómo contribuyen los sistemas agroforestales de la región al aprovechamiento de la biomasa residual?, desde este punto se caracterizará dicha producción, se valorará su potencial energético y se plantearán estrategias de colaboración para su valorización.

A continuación, se exhibe el marco de referencia que componen los conceptos y definiciones como la biomasa junto con la agroforestería y STI, recomendaciones de experiencias internacionales junto con recomendaciones de experiencias nacionales que dan soporte a la viabilidad de su aprovechamiento. La metodología utilizada tiene un carácter mixto (cualitativa y cuantitativa). Parte del trabajo de campo, observaciones directas, mediciones de la biomasa residual en fincas piloto, talleres participativos con actores locales.

Los resultados obtenidos muestran que los sistemas agroforestales estudiados llegan a generar hasta 25 toneladas de biomasa por hectárea y por año, con un potencial energético estimado en 417.5 GJ/ha/año. Sin embargo, esta biomasa no se emplea adecuadamente, y supone una oportunidad para implementar soluciones como el compostar, producir pellets o energías descentralizadas. Siendo así se proponen estrategias colaborativas en red de acuerdo con las pautas STI: educación, intercambio social y creación de redes entre productores, entidades y sector público para transitar hacia el modelo de desarrollo territorial sostenible.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

### 1.1 Descripción del problema

La producción de energía para la transición energética se torna cada vez más relevante en el marco del cambio climático y de la necesidad de disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. En este sentido, la biomasa residual, que proviene de residuos orgánicos como restos agrícolas, residuos forestales y urbanos, es vista como una alternativa interesante para la producción de energía limpia y renovable. De hecho, ejemplos de éxito como el de Finlandia en el que la biomasa como fuente primaria forma parte significativa de su matriz energética demuestran su capacidad para diversificar la procedencia de la energía, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero e impulsar economías circulares (Foro Económico Mundial, 2024).

A pesar de lo anterior, la biomasa residual, en el caso de los países en desarrollo como el caso de Colombia, se encuentra infrautilizada debido a las barreras que uno encuentra en su camino, tales como la falta de políticas públicas, falta de infraestructuras adecuadas para su valorización, poco desarrollo de tecnologías, y escasa difusión del conocimiento técnico y práctico sobre su aprovechamiento (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021). Las limitaciones anteriores no sólo dificultan el desarrollo de un sector energético renovable, sino que contribuyen a la dependencia de combustibles fósiles y limitan la capacidad para aprovechar los recursos de una forma adecuada y sostenible en las distintas regiones.

A pesar de estos contratiempos, Colombia presenta un alto potencial para la producción de biomasa, tanto de aspecto vegetal como residual. Existen regiones, como el municipio de El Carmen de Chucurí, en el departamento de Santander, que tienen condiciones agroclimáticas tropicales propicias, así como también la existencia de sistemas agroforestales muy bien establecidos, lo que hace que este tipo de regiones sean óptimas para la generación de cultivos energéticos y la recogida de residuos agrícolas que pueden ser transformados en biomasa que se pueda utilizar (Rondano & Yaruro, 2023). No obstante, lo anterior, los esquemas de ordenamiento territorial que han existido han sido muy escasos, y no se presentan modelos organizativos donde la participación de las comunidades locales sea activa, lo cual ha supuesto un límite en su propio aprovechamiento. Una vez más la escasa presencia de incentivos económicos y los programas de formación para comunidades han hecho que no se esté aprovechando suficientemente el recurso (García, 2024).

Los efectos de dicha situación son muy profundos en el contexto principalmente del desarrollo local, luego nacional, ya que no solo limitan la consideración de la biomasa residual para diversificar la matriz energética, sino que también limitan las posibilidades de desarrollo económico de las zonas rurales, por ejemplo; mediante un manejo adecuado de los residuos agrícolas, se podrían crear tanto empleo directo como indirecto, mejorar la calidad de vida de las

comunidades locales y contribuir a la soberanía energética del país; el uso de la biomasa residual podría también formar parte de aparatos más integrales de manejo de los residuos sólidos y de mitigación de emisiones alineados con los compromisos climáticos internacionales adoptados por Colombia (Ministerio de Minas y Energía, 2023).

Frente a estas problemáticas también es preciso actuar en diferentes niveles. En primer lugar, son necesarias una política pública clara y específica de desarrollo de la biomasa residual y con incentivos para que se produzcan inversiones en infraestructura y tecnología (Foro Económico Mundial, 2024). En segundo lugar, es importante promover la investigación y el desarrollo de tecnologías en función de las especificidades locales, al tiempo que también se promueven alianzas con universidades, empresas e instituciones, así como la participación de las comunidades. Por último, se debe promover el enfoque participativo para asegurar la inclusión de las comunidades en el diseño y la ejecución de proyectos de biomasa (Ministerio de Minas y Energía, 2023), pues esto no solo garantiza el compromiso de las comunidades, sino también que las necesidades y realidades de cada región se tengan en cuenta en los proyectos.

## 1.2 Problema concreto

Colombia se halla en una adecuada posición para aprovechar, de cara al futuro, el desarrollo y la innovación de los modelos de negocio de las energías renovables. En términos de su capacidad instalada y de su matriz de generación de electricidad, el país es considerado la sexta más limpia del mundo con una capacidad eólica de hasta un 68% de energía renovable, de las cuales el 75% proviene de la hidráulica de embalses (ACOLGEN - Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica, 2023). El país tiene, sin embargo, importantes retos en lo que se refiere a la variabilidad climática en épocas de escasez de recurso hídrico, como es el caso del fenómeno de El Niño; en última medida, la energía en el país viene condicionada por la oscilación de los mercados internacionales del petróleo que ha llevado a inestabilidad en el sistema energético (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

Por el contrario, el aprovechamiento de biomasa residual -más allá de su uso como energía de leña- no existe o es irrelevante en las zonas rurales del país, donde hace falta una política nacional que considere el ciclo del aprovechamiento sostenible de los residuos vegetales derivados de la agropecuaria y de la actividad agroforestal, pues aún no existe normativa, ni incentivos para pequeños y medianos productores que podrían beneficiarse enormemente de la valorización de la biomasa (Ministerio de Minas y Energía, 2021).

El Carmen de Chucurí, un municipio del departamento de Santander, Colombia, una de las principales regiones productoras de cacao del país, cuenta con condiciones agroclimáticas para el desarrollo de sistemas agroforestales (Rondano & Yaruro, 2023). Sin embargo, no existen esquemas de ordenamiento del espacio geográfico tendientes al aprovechamiento sostenible de la

biomasa proveniente de estos sistemas. La falta de ordenamiento del territorio con respecto al manejo de estos residuos limita la capacidad de una oferta de biomasa como recurso energético. Adicionalmente, las comunidades rurales no están integradas en esquemas organizativos de colaboración que permitirían el aprovechamiento de la biomasa residual.

La falta de integración y participación de las comunidades rurales, así como la falta de proyectos piloto o formación de grupos de organización, limita las posibilidades de producción de energía limpia y diversificada de la matriz energética local. Superar éstas limitaciones requerirá de una acción conjunta entre el gobierno, el sector privado y las comunidades rurales, hacia la creación de un marco normativo, de incentivos económicos e infraestructura que muestre el camino hacia una economía baja en carbono.

### **1.3 Pregunta de investigación**

¿Cómo contribuyen los sistemas agroforestales establecidos en los pilotos del municipio de Carmen de Chucurí a la generación de biomasa residual?

### **1.4 Objetivos de investigación**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar la generación de biomasa residual de los sistemas agroforestales en el municipio del Carmen de Chucurí- Santander.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

Caracterizar los sistemas agroforestales en los pilotos establecidos en Carmen de Chucurí, identificando las especies y prácticas potenciales de generación de biomasa residual.

Analizar la eficiencia de la biomasa residual generada en los sistemas agroforestales.

Proponer estrategias de colaboración bajo el enfoque de Sistemas Territoriales de Innovación (STI), para la innovación y el desarrollo territorial sostenible en el aprovechamiento de biomasa residual.

### **1.5 Justificación de la investigación**

También debemos señalar que la necesaria búsqueda de nuevas fuentes energéticas en el planeta en el marco del cambio climático, es una situación que pone de manifiesto la necesidad de recorrer un camino hacia fuentes de energía limpias con el fin de conservar los recursos naturales

y garantizar la perdurabilidad de un equilibrio ambiental en el planeta; por lo tanto, en los últimos años se ha comenzado a explorar la biomasa vegetal como fuente de energía renovable sustentada en el uso de la materia orgánica de origen biológico.

En este orden de ideas se calcula que cada año la economía de Colombia produce unos 178 millones de toneladas de biomasa que proviene de los cultivos agrícolas (41%), las actividades pecuarias (59%), y el sector residencial (< 1%). Todo esto ha obligado a los diferentes agentes de mercados a estar más atentos a posibles cambios o nuevas posibilidades para asegurar un creciente suministro de energía limpia, fiable y competitiva y, a su vez abrir nuevas oportunidades agroforestales y agropecuarias que estimulen el desarrollo regional y contribuyan a mitigar el cambio climático (Organización Internacional del Trabajo, 2021). Es así que el aprovechamiento de la biomasa de las producciones de los sistemas agrícolas se transforma en una extensa ventana de grandes oportunidades para el desarrollo de un conjunto de territorios rurales.

Colombia se caracteriza por contar con importantes recursos naturales, entre los cuales se encuentran el viento, el sol, el agua y la biomasa, que se pueden utilizar de forma sostenible para la producción de energía eléctrica, térmica de biocombustibles. El estado ha puesto en marcha políticas y programas que buscan fomentar la inversión en energías renovables y en la investigación del ámbito. Un elemento clave lo constituye la Ley 1715 de 2014, que tiene como objetivo el desarrollo y el uso de fuentes no convencionales de energía (FNCE), sobre todo renovables. La ley promueve, entre otros aspectos, el uso de fuentes no convencionales de energía en el mercado de la electricidad en el esquema de las zonas no interconectadas; también ayuda en la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero y en la mejora de la seguridad energética de Nación (Ministerio de Minas y Energía, 2021).

El uso de la biomasa en Colombia presenta un alto potencial, sobre todo a causa de la biodiversidad del país, que permite proyectar una matriz energética más autosuficiente a largo plazo. La biomasa, procedente de los residuos agrícolas, forestales, cultivos energéticos y pastos, tiene una serie de ventajas que favorecen su uso en la generación de energía limpias; es versátil y puede ser utilizada en diferentes aplicaciones, desde plantas de generación eléctrica de gran escala hasta la calefacción doméstica, y a diferencia de las fuentes renovables intermitentes como la solar o eólica, la biomasa permite la generación de energía de base, ya que produce electricidad a partir de la biomasa manteniendo esta producción independientemente de las condiciones climáticas (Manos Verdes, 2019).

Una de las características más valiosas de la biomasa radica en su capacidad de aprovechar orgánicos que simplemente serían eliminados, transformándolos en un recurso energético valioso. De este modo, la biomasa contribuye a disminuir la dependencia de los combustibles fósiles, al mismo tiempo que se disminuye la cantidad de residuos que acaban en un vertedero, lo que alivia

problemas medioambientales como la contaminación del agua o del suelo (Barba, Rojas, & Ardila, 2024).

El municipio de El Carmen de Chucurí, situado en el departamento de Santander, presenta condiciones agroclimáticas tropicales que favorecen el crecimiento de vegetación, situación que da lugar a un elevado potencial en términos de producción de biomasa a nivel ecosistémico (Gobernación de Santander, 2024). La evaluación de los sistemas agroforestales conocidos en la zona con respecto a la biomasa y la eficiencia energética, resulta ser un paso necesario para ir estableciendo una estrategia colaborativa apoyada en los Sistemas Territoriales de Innovación (STI), cuyo objetivo sería doble: el desarrollo económico de los productores agrícolas y la alineación del municipio con los objetivos de transición energética y sostenibilidad a nivel global.

El uso sostenible de la biomasa en los territorios de la zona de El Carmen de Chucurí puede llegar a ser una ventana de oportunidades para el desarrollo rural, donde se permite la diversificación de la matriz energética, la disminución de la pobreza y la mejora de la calidad de vida del territorio, lo que permitiría tener una mayor resiliencia de cara a los impactos del cambio climático. Este será el medio para poder alcanzar un modelo de desarrollo económico inclusivo y sostenible.

## 2 MARCO DE REFERENCIA.

### 2.1 Estado del arte

El uso y aprovechamiento de la biomasa residual para la generación de energía ha estado en constante evolución y tendencia globalmente como una alternativa sostenible en la diversificación de las matrices energéticas, alineada con los objetivos de mitigación del cambio climático y las agendas de los gobiernos del todo el mundo; sobre todo en países desarrollados y esfuerzos importantes en la implementación en países en vía de desarrollo. A nivel internacional, estudios como los de Demirbas (2011), destacan que la biomasa residual, derivada de actividades agrícolas, forestales y residuos industriales, representa una fuente de energía renovable con gran potencial, especialmente en regiones con abundancia de recursos biológicos. La biomasa residual tiene la capacidad de contribuir significativamente a la transición hacia energías más limpias y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Singh & Gu, 2010). En países como China, India y Brasil, se han implementado programas para incentivar su uso, mediante tecnologías de conversión energética de diferente índole, lo que ha permitido una mayor integración de la biomasa en las matrices energéticas de estas economías emergentes (REN21, 2021).

En el contexto colombiano, se han desarrollado investigaciones que han abierto la puerta al desarrollo de estas temáticas, se destaca estudios como los de Quintero y Cardona (2013) donde se han evidenciado que Colombia genera grandes cantidades de biomasa residual en el sector agrícola, los cuales podrían ser aprovechados para la producción de bioenergía.

### 2.2 Marco conceptual

**Biomasa:** es la parte biodegradable de la materia que proviene de los productos, los excrementos, y los productos de origen biológico provenientes de las actividades agrícolas (incluyendo las materias de origen vegetal y animal), la explotación forestal, y las industrias asociadas (incluidas la pesca y acuicultura) así como parte biodegradable de los residuos provenientes de la industria. Por el tanto los recursos de biomasa son aquellos que provienen de orígenes y fuentes muy variadas y heterogéneas, pero que todos ellos permiten la obtención de biocombustibles y bioproductos apropiados para el uso de energía (García V. , 2019).

La biomasa se considera un recurso renovable ya que se encuentra en un ciclo natural y repetitivo de los procesos naturales y en el que son las plantas las que lo inician mediante la fotosíntesis, donde obtienen la energía necesaria del sol (UPME - Unidad de Planeación Minero-Energética, 2016).

La biomasa es un recurso muy variado dada su procedencia y forma de producirlo, lo que va a influir directamente en sus características fisicoquímicas. Esta variabilidad se puede

evidenciar en las distintas formas que puede adoptar, desde los materiales orgánicos que se encuentran de forma natural, hasta los desechos generados en la actividad humana y en los procesos industriales. A su vez, la biomasa se puede clasificar de diferentes maneras en función de su procedencia: biomasa forestal, residuos agrarios, desechos alimentarios, cultivos energéticos, entre otros tipos (APPA Biomasa, 2022).

Cada uno de los tipos presenta composiciones y propiedades propias, establecidas por los organismos que componen la biomasa y las condiciones ambientales de desarrollo de los mismos. Aparte de sus diferencias de formas, la biomasa presenta diferencias también en su composición química, lo que influye en sus propiedades de combustión, densidad energética y potencial para transformarse en productos como biocombustibles. La capacidad de la biomasa para adaptarse a diversos contextos y aplicaciones le hacen un recurso versátil y con gran potencial para cubrir necesidades energéticas y ambientales múltiples (Rivera, Toro, & Londoño, 2023).

**Bioenergía:** el concepto bioenergía hace referencia a la energía obtenida mediante la transformación de biomasa, es decir, materia orgánica utilizada para la obtención de calor, electricidad y combustibles. Su potencial es inmenso, dado que permite la obtención de distintos tipos de residuos orgánicos para transformarlos de forma rentable y sostenible en energía. Además, la bioenergía desempeña un papel clave en la transición energética debido a su carácter prácticamente neutro en emisiones de carbono, y promueve la economía circular al reutilizar los recursos (REPSOL, 2024).

**Composición de la biomasa:** la composición de la biomasa varía según su origen. La biomasa vegetal suele contener celulosa, hemicelulosa y lignina. Entre ellos, los recursos de biomasa lignocelulósica están compuestos principalmente de tres componentes como la celulosa, hemicelulosa y lignina, con proporciones típicas de 40 a 50% en peso, 20 a 40% en peso y 15 a 30% en peso, respectivamente (Wang & Otros, 2023).

**Biomasa de segunda generación:** los recursos de segunda generación se identifican porque han sido transformados o procesados a partir de recursos de primera generación. Representan una mejora del uso de la biomasa y pueden ser productos agrícolas y forestales que han sido sometidos a procesos industriales para así llegar a productos con un mayor valor añadido y con aplicaciones más diversas (Ramesh, Selvan, & Babu, 2022). Un claro ejemplo de estos recursos son los biocombustibles, hechos a partir de cultivos de energía o residuos agrícolas, lo que los convierte en una alternativa más sostenible y renovable a los combustibles fósiles. Otros ejemplos pueden ser biomateriales, productos químicos del tipo ecológico o pulpas celulósicas mejoradas para la producción de papel.

**Agroforestería:** la agroforestería es un sistema sostenible de gestión de tierras que busca aumentar el rendimiento de forma continua combinando árboles forestales, frutales y otros cultivos

arbóreos, con cultivos agrícolas y animales, bien simultáneamente o secuencialmente en la misma área de tierra. A la vez que respetan las prácticas culturales de las poblaciones locales; la agroforestería es un método antiguo del uso de la tierra donde los árboles se integran espacial o temporalmente con los animales y cultivos mezclando cada uno de los componentes de la agricultura y la forestería dentro de un sistema de producción sostenible en una sola unidad de tierra (Altieri, 2017).

**Teoría de la difusión de innovaciones:** para analizar el discurso de la innovación es importante estudiar el contexto y el concepto mediante las diversas corrientes teóricas, por lo que la teoría de Everett Rogers es una de las que más ha influido en el estudio de la innovación. Rogers definió la innovación, en estos términos, como una idea, práctica o proyecto percibido como nuevo por un individuo o por una unidad de adopción. El modelo de difusión de innovaciones describe la manera en que las nuevas ideas y nuevas tecnologías se difunden entre las sociedades, por lo que trata de cinco categorías: innovadores, primeros adoptantes, mayoría temprana, mayoría tardía y rezagados. En cuanto al proceso de difusión, este depende de cuatro elementos clave para el desarrollo del mismo, que hace referencia a la innovación en sí misma, el desarrollo de los canales de comunicación y de tiempo, y el sistema social que adopta la innovación (Rogers, 1962).

**Sistema Territorial de Innovación:** el Sistema Territorial de Innovación se puede definir desde un marco conceptual que aborde los diferentes factores y actores dentro de un territorio determinado, donde se promueve la innovación como parte de las aristas del desarrollo social y económico de un territorio, lo anterior es una perspectiva que se fundamenta en los sistemas nacionales de innovación y el desarrollo económico (Lundvall, 1992). Estableciendo las dinámicas locales, regionales que se pueden reconocer en un territorio, entendido como un espacio geográfico y social, jugando un papel crucial en la creación y difusión de conocimiento y tecnología.

**Teoría de los sistemas de innovación:** la innovación es un proceso colectivo, el cual se da mediante la interacción entre distintos actores, como empresas, universidades, gobiernos y otros ingredientes que conforman un sistema de innovación. De acuerdo con Freeman (1987), la capacidad de una región o país para innovar no solo radica en la inversión e investigación y desarrollo tecnológico, sino en la cooperación y la transmisión de conocimiento entre los actores. Por lo tanto, los Sistemas Territoriales de Innovación son imprescindibles para el desarrollo sostenible, ya que contribuyen al aprovechamiento de los recursos y conocimiento local, fomentando soluciones innovadoras que se adecuan a las particularidades económicas, sociales y ambientales del territorio.

En consideración a lo anterior un Sistema territorial de Innovación, (STI) compuesto por instituciones públicas, privadas, empresas universidades, centros de investigación, organismos gubernamentales, participación de la sociedad.), los STI proporcionan un marco adecuado para integrar la dimensión espacial en las teorías de la innovación, destacando la importancia de la

gobernanza local, las políticas públicas regionales y el entorno institucional en la promoción de la innovación territorial (Asheim & Gertler, 2005).

**Transición energética:** el concepto de transición energética puede denotar una respuesta técnica aunque implica procesos sociales y económicos, al implicar el desarrollo y la puesta en práctica de la normativa y de políticas públicas que favorezcan la participación activa de los actores sociales; además, el concepto de transición energética va ligado a los compromisos internacionales para la producción de los procesos de sostenibilidad y de los diferentes acuerdos internacionales que identifican la lucha contra el cambio climático (Sovacool, 2016). En este contexto, se entiende la transición energética como un cambio del proceso de producción, distribución y consumo de la energía con el objetivo de reducir la dependencia de fuentes convencionales o fósiles y promover el uso de energía renovable y sostenible (solar, eólica, hidráulica, biomasa). Este cambio tiene como repercusiones frenar el cambio climático, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero e impulsar un sistema energético más eficiente, accesible y resiliente.

### 3 METODOLOGÍA.

#### 3.1 Postura epistemológica

La posición epistemológica que orienta este proyecto es el constructivismo, una postura que sostiene que el conocimiento no es una verdad única y objetiva, sino que se construye activamente a través de las interacciones entre personas, comunidades y su entorno. El conocimiento, en este contexto, emergerá de los contextos sociales, culturales e históricos, logrando así entender y construir la realidad desde diferentes enfoques (Lundvall, 1992).

Esta posición epistemológica la encontramos totalmente ajustada para el presente proyecto, ya que incluye la generación y el aprovechamiento de la biomasa residual en los sistemas agroforestales de El Carmen de Chucurí desde un enfoque participativo. En primer lugar, el constructivismo permite la incorporación y la valoración del conocimiento local y tradicional de las comunidades rurales, necesario para el entendimiento de las prácticas agroforestales que poseen estas comunidades en relación con la generación de biomasa. Asimismo, permite que los actores locales (agricultores, instituciones públicas y privadas) puedan participar activamente en la construcción de estrategias para la generación de biomasa, que es la misma práctica que propagan los Sistemas Territoriales de Innovación (STI), en donde la innovación se entiende como cooperación y aprendizaje colectivo.

Por otro lado, esta posición epistemológica también resulta adecuada dada la necesidad de comprender la diversidad contextual de la región. Las condiciones agroclimáticas, las dinámicas sociales y económicas, y los marcos normativos concretos de el Carmen de Chucurí condicionan en gran medida las posibilidades de generar y aprovechar biomasa.

Finalmente, el constructivismo permite abordar el proceso de aprendizaje colectivo como un elemento central en la construcción de estrategias sostenibles que integren el conocimiento científico con las perspectivas locales, fomentando soluciones innovadoras y adaptadas a las necesidades del territorio (Hernández, 2019).

#### 3.2 Enfoque, alcance y tipo de investigación

El enfoque de investigación que se ha escogido es el mixto, puesto que este propone una combinación integrada de métodos cuantitativos y cualitativos para abordar el problema que se ha formulado sobre la generación y aprovechamiento de la biomasa residual en los sistemas agroforestales de el Carmen de Chucurí. Este enfoque hace posible abordar el problema propuesto desde la óptica técnica y la óptica social, lo que permitirá obtener una comprensión holística del fenómeno.

Por una parte, la dimensión cuantitativa es básica para caracterizar y analizar la eficiencia de la biomasa residual generada, por lo que se hace necesario medir variables que den cuenta del volumen de biomasa producida, de la composición de dicha biomasa, de su potencial energético y garantizar así una base clara que sirva de cimiento para la toma de decisiones técnicas. La dimensión cualitativa también cobra especial protagonismo puesto que ella conlleva el estudio de toda la dimensión social y organizativa en términos de aprovechamiento de dicha biomasa residual, es la que permite conocer las percepciones de las comunidades locales o de otros actores de interés, sus prácticas y su disposición a participar en los esquemas colaborativos vinculados a la propuesta de Sistemas Territoriales de Innovación (STI), por lo que el hecho de escoger esta aproximación responde a la necesidad de integrar todo el conocimiento técnico - científico a las dinámicas sociales y culturales del territorio.

La finalidad del estudio se define como descriptiva y correlacional, con un enfoque mixto que plantea articular herramientas cuantitativas con el objetivo de caracterizar e identificar la generación y el aprovechamiento de biomasa residual en los sistemas agroforestales del municipio de el Carmen de Chucurí, Santander. El proyecto tiene por intención examinar y determinar los sistemas agroforestales vigentes, las especies vegetales que actualmente se encuentran y las prácticas que se asocian con la generación de biomasa residual para la región específica, lo cual es ideal en un contexto de generación de datos, dado que no existen estudios pormenorizados de la zona de estudio que aborden estas particularidades.

El tipo de estudio que se realizó en este proyecto es el aplicado, dado que el objetivo es evaluar la generación de biomasa residual de los sistemas agroforestales en el municipio del Carmen de Chucurí- Santander, el cual está fundamentado a partir de una lectura teórica-práctica, ya que el conocimiento que se genera en el presente estudio se aplica a la realidad del contexto, se apoya en el desarrollo rural y el desarrollo sostenible, entendidos como elementos que coadyuvan al proceso de sostenibilidad ambiental. Para Hernández, Fernández y Baptista (2014), en las investigaciones aplicadas se reforman o se Resuelven problemas concretos a partir de teorías o principios generales.

Referente a la obtención de datos, esta investigación plantea un enfoque mixto. Se utilizaron en este apartado técnicas documentales para la revisión de literatura existente sobre reutilización de la biomasa y sostenibilidad; se utilizaron métodos de campo para poder obtener la información principal, entre los que destacan entrevistas y encuestas a actores locales, así como observación directa en los sistemas agroforestales. Se consideró viabilidad de las estrategias planteadas, también de un diseño cuasiexperimental, a partir de pruebas piloto y análisis comparativos.

Desde la aproximación metodológica, el proyecto es evaluativo y de caso. La investigación evaluativa hizo posible el análisis de la efectividad de las estrategias planteadas para el contexto,

mientras que el estudio de caso se centró en los sistemas agroforestales de El Carmen de Chucurí como un caso relevante, en el cual se consideran las características sociales, culturales, técnicas y económicas de los mismos.

De este modo, la investigación no solo se orienta a describir y explorar las problemáticas del uso de la biomasa residual, sino también a la construcción e implementación de estrategias concretas fundamentadas en los marcos de referencia de los STI, garantizando la pertinencia técnica, social y cultural de las soluciones planteadas.

### 3.3 Población y muestra

#### 3.3.1 Definición de la población

Las fincas (unidades de producción) que desarrollan sistemas agroforestales a partir de especies como el cacao (*Theobroma cacao*) y el abarco (*Cariniana pyriformis*) son el conjunto sobre el que se mueve el proyecto en el municipio de El Carmen de Chucurí, Santander, dado que representan de forma significativa las formas de uso agrícola en esta región; el abarco es una especie autóctona ajena al uso de la agricultura tradicional, la cual tiene un alto valor ecológico, así como por el hecho de dejar generar biomasa residual aprovechable.

Tal y como lo establece el Plan Departamental de Extensión Agropecuaria de Santander y los datos obtenidos de la Alcaldía Municipal de El Carmen de Chucurí, la vereda El 27 de El Carmen de Chucurí representa un espacio privilegiado, en cuanto a la implementación de sistemas agroforestales de estas especies, donde se han registrado alrededor de cuatro predios de este tipo, convirtiéndolos en una muestra clave para la cuantificación de biomasa residual. Todo ello hace de la población objeto de este proyecto, un modelo de la población bastante representativa y estratégica a la hora de desarrollar y analizar el proyecto realizado.

#### 3.3.2 Cálculo y selección de la muestra

Dentro del marco del proyecto, se seleccionó como muestra representativa la Unidad de Producción de los sistemas agroforestales denominada el Quinal del Tesoro, localizada en el municipio de El Carmen de Chucurí, más exactamente en la vereda el 27, Esta unidad de producción fue seleccionada debido a los factores que se presentan a continuación:

- **Representatividad:** implementación de sistemas agroforestales característicos y propios con las especies abarco (*Cariniana pyriformis*); cacao (*Theobroma cacao*) en diferentes densidades y formas de siembra
- **Accesibilidad:** disponibilidad para realizar estudios en el lugar.

- **Colaboración del productor:** disponibilidad del responsable de la unidad para participar en el proyecto y aportar datos.

Para la ejecución de la encuesta, se tomó como referencia la totalidad de la población de las cuatro fincas que implementarán sistemas agroforestales de Abarco y Cacao en la vereda El 27. El objetivo fue integrar procesos de innovación a través del aprovechamiento de la biomasa residual, mediante el enfoque de los sistemas territoriales de Innovación.

### **3.4 Diseño metodológico**

El diseño metodológico de esta investigación se desarrolló siguiendo un enfoque secuencial que fue desde la caracterización de los sistemas agroforestales hasta la identificación de estrategias colectivas de aprovechamiento de la biomasa residual. El procedimiento incluyó la recolección de información tanto primaria como secundaria, procesando y analizando los datos obtenidos.

#### **1. Caracterización de los sistemas agroforestales**

En el fragmento inicial de la investigación se llevó a cabo una caracterización de los sistemas agroforestales establecidos en las unidades de producción seleccionadas, es decir, los dos sistemas agroforestales a partir de los cuales específicamente se utilizaran las especies cultivadas y las prácticas relacionadas con la generación de biomasa residual. Para realizar la caracterización se utilizó la observación directa en el campo, se efectuaron mediciones en parcelas de 100 metros cuadrados donde se registraron los datos de las especies presentes y los tipos de prácticas agroforestales llevadas a cabo. En esta parte del diseño el proceso de recolección de datos se asoció a la observación directa y a los sistemas agroforestales sobre esos dos campos seleccionados, mientras que la información secundaria fue recolectada a partir de una exploración de estudios previos, artículos académicos y otros documentos que generaban un contexto específico sobre los sistemas agroforestales y el manejo de la biomasa excedente.

#### **2. Análisis de la eficiencia de la biomasa residual generada**

Concluidas las caracterizaciones de los sistemas agroforestales, se continuó con la determinación de la eficiencia en la producción de biomasa residual. Para ello se llevaron a cabo mediciones mensuales en las parcelas de estudio elegidas, en las que se determinaron los tipos y los volúmenes de biomasa residual, es decir las ramas, las hojas, los restos de cultivos... Es decir, se llevó a cabo el análisis de eficiencia, en el que también se consideraron las variedades de *Theobroma cacao* que se encontraban en el área de estudio (TCS01, TCS19, TCS41). Estas variedades, que se hicieron presentes en los sistemas agroforestales seleccionados, con características fisiológicas distintas, permitieron analizar qué tipo de contribución específica

tuvieron en la producción de biomasa residual en las condiciones agroclimáticas presentes y a la vez indagar las tendencias en la eficiencia de producción de biomasa residual por sistema agroforestal considerado.

### **3. Identificación de estrategias de colaboración bajo el enfoque de STI.**

En la etapa final del diseño del estudio se realizó el desarrollo de estrategias colaborativas bajo la lógica de los Sistemas Territoriales de Innovación. La población de referencia para esta fase de estudio se asentó en todos los habitantes y trabajadores que se ubicaban a los alrededores de las cuatro fincas que finalmente se definieron para la vereda El 27 en el que se registran sistemas agroforestales relacionados con *Cariniana pyriformis* y *Theobroma cacao*, garantizando así que las opiniones de todos los actores vinculados a las unidades productivas seleccionadas se vean representadas.

Para tal fin se realizaron talleres participativos con los productores, trabajadores y otras personas clave del territorio, como las autoridades locales o los especialistas en biomasa, para identificar las barreras existentes, las oportunidades de mejora y las oportunidades en el aprovechamiento de la biomasa residual. Estas encuestas se aplicarán durante esta fase para recibir los sentires y consejos de los participantes sobre nuestras estrategias de colaboración.

Por otra parte, estas encuestas estaban orientadas a definir la viabilidad de las estrategias de innovación y las oportunidades de colaboración entre los actores del territorio, haciendo gran hincapié en las dinámicas locales, las capacidades técnicas y las necesidades de los actores implicados. De esta manera se busca asegurar que las propuestas que se desarrollen sean viables, sostenibles y adecuadas a las condiciones del territorio y del contexto del propio territorio.

### **4. Procesamiento y análisis de datos**

Los datos recopilados fueron procesados y organizados a la espera de su análisis. El tratamiento de la información incluye la codificación y clasificación de los datos obtenidos a partir de las mediciones de campo y de los talleres participativos. El análisis de los datos fue llevado a cabo con herramientas estadísticas para los datos cuantitativos (por ejemplo, las mediciones de biomasa residual de muestreo) y técnicas de análisis cualitativo para las respuestas obtenidas en los talleres y encuestas. Los resultados del análisis sirvieron para elaborar las estrategias colaborativas fundamentadas en el enfoque de STI para la búsqueda de la innovación y el desarrollo sostenible en el aprovechamiento de la biomasa residual en los sistemas agroforestales que eran objeto de estudio.

### 3.5 Variables

El presente estudio se fundamenta en la identificación y análisis de variables clave que permiten evaluar la eficiencia productiva, el potencial energético y las oportunidades de valorización de la biomasa residual generada en un sistema agroforestal con cacao. A continuación, se refieren las más relevantes variables del estudio, su tipo y operacionalización:

**Tabla 1**

*Principales variables del estudio*

<b>Variable</b>	<b>Tipo</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Instrumento de medición</b>
<b>Producción de biomasa residual</b>	Cuantitativa	Cantidad total de biomasa generada por hectárea cultivada (kg/ha y t/ha)	Balanza industrial, formato digital de registro
<b>Composición de la biomasa</b>	Cualitativa	Proporción (%) de hojas, ramas y cáscaras en el total de biomasa producida	Observación directa y pesaje por tipo de residuo
<b>Potencial energético</b>	Cuantitativa	Energía estimada a partir del poder calorífico de los residuos (GJ/ha/año)	Cálculos basados en PCI y conversión energética
<b>Aprovechamiento actual de la biomasa</b>	Cuantitativa	Porcentaje (%) de residuos gestionados o valorizados frente al total generado	Entrevistas, observación en campo, registros
<b>Valor económico potencial</b>	Cuantitativa	Ingreso estimado por tonelada de biomasa valorizada mediante compostaje u otras tecnologías (\$/ton)	Proyección económica con base en precios de mercado
<b>Prácticas actuales de manejo</b>	Cualitativa	Métodos y frecuencia de manejo de residuos (acumulación, eliminación, uso)	Lista de chequeo, entrevistas semiestructuradas
<b>Ahorro por sustitución de insumos</b>	Cuantitativa	Valor estimado de fertilizantes químicos que podrían sustituirse con compost producido a partir de residuos	Cotización de insumos, análisis comparativo

Fuente: elaboración propia

### 3.6 Instrumento(s) de recolección de información

Para garantizar la eficacia de los instrumentos diseñados en la recolección de datos primarios, se implementará un proceso de pilotaje estructurado. Antes de su aplicación estos serán

validados por dos expertos en el área, por medio del formato diseñado para tal fin. En primer lugar, se seleccionarán las parcelas representativas dentro del área de estudio para realizar una prueba piloto. Durante esta etapa, se aplicarán las fichas de observación de campo y los formularios de medición de biomasa residual, registrando características relevantes como el estado fitosanitario de las especies, la cantidad y tipo de biomasa residual generada, así como las técnicas empleadas en su medición, tales como el uso de balanzas y procedimientos para la cuantificación de la biomasa. Adicionalmente, se realizarán encuestas con productores y actores locales para recopilar opiniones sobre estrategias colaborativas y posibles desafíos en el aprovechamiento de la biomasa.

### **3.7 Análisis de información**

Para dar solidez a los hallazgos, la información recolectada fue tratada y analizada mediante herramientas informáticas y técnicas analíticas acordes con el enfoque mixto del estudio. Este proceso garantizó la integración de datos cuantitativos (como volumen de biomasa y energía generada) con información cualitativa (como prácticas de manejo), permitiendo construir una visión integral del uso actual y potencial de los residuos agroforestales. A continuación, se refiere el procedimiento seguido:

#### **1. Procesamiento de datos:**

- Los datos de campo (pesajes, registros mensuales, composición de biomasa) se organizaron en hojas de cálculo usando Microsoft Excel.
- Se usaron fórmulas para calcular promedios, totales por hectárea y distribuciones porcentuales.
- El potencial energético fue estimado aplicando factores de conversión según el poder calorífico inferior (PCI) de cada tipo de residuo, basado en literatura técnica.

#### **2. Análisis cualitativo:**

- Las observaciones de campo y entrevistas fueron codificadas temáticamente para identificar patrones de manejo, percepciones y prácticas frecuentes.
- Se usó Google Forms para la recolección estructurada de datos de percepción y Microsoft Word para el análisis de contenido.

#### **3. Herramientas utilizadas:**

- **Microsoft Excel:** para análisis estadístico básico, estimaciones económicas, generación de gráficos y tablas comparativas.
- **Google Forms:** para formularios digitales de recolección en campo.
- **Microsoft Word:** para sistematización de notas de campo y entrevistas.

- **Calculadora científica y tablas técnicas:** para validación de estimaciones energéticas y conversión de unidades.

#### **4. Técnicas aplicadas:**

- **Análisis comparativo:** con base en la literatura técnica y otros estudios de sistemas agroforestales similares.
- **Análisis costo-beneficio preliminar:** para estimar los retornos potenciales del compostaje frente al manejo actual.
- **Triangulación de fuentes:** entre datos empíricos, literatura técnica y precios de mercado actualizados.

Este análisis permitió validar las hipótesis planteadas y generar conclusiones fundamentadas sobre la eficiencia, el potencial energético y económico de la biomasa excedente en el sistema productivo de la finca.

### **3.8 Consideraciones éticas**

#### **3.8.1 Análisis de consideraciones éticas**

En la ejecución del actual proyecto se han puesto en práctica de forma estricta y rígida las consideraciones éticas concebidas por la Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO) y las medidas internacionales de la comunidad científica. Las mencionadas consideraciones han estado orientadas a garantizar el respeto, la dignidad, la justicia y el resguardo de los derechos de los elementos participantes tal y como a la misma tan bien como la integridad científica del estudio.

En primer lugar, se ha hecho pleno uso del principio de autonomía, se ha garantizado que todas las personas participantes comprendan cabalmente los objetivos, los procedimientos, los beneficios, así como los riesgos que envuelven la investigación. Para ello, se ha elaborado un proceso de consentimiento informado claro y comprensible, que habilita a los participantes a ejecutar libre y voluntariamente la decisión respecto a la participación en la investigación.

En segundo lugar, se ha dado uso al principio de beneficencia, de modo tal que se ha garantizado que el proyecto no genere daño en las personas participantes, sino al contrario, esté orientado a maximizar los beneficios a la comunidad como a la naturaleza; lo que incluye promover prácticas sostenibles, así como la generación de conocimiento que coadyuve al desarrollo territorial.

El principio de justicia ha sido igualmente muy importante, dado que garantizaba que la selección de la muestra fuera equitativa y que la distribución de los beneficios derivados del estudio se llevase a cabo de manera justa entre las diferentes comunidades implicadas. También hay un esfuerzo por impedir cualquier forma de discriminación durante la investigación.

Por último, se ha respetado el principio del respeto por la privacidad, lo que implica que toda la información que los participantes proporcionen en el momento de la investigación sea tratada con la máxima confidencialidad. Los datos obtenidos se guardaron, pero se utilizaron únicamente con fines académicos y de investigación, cumpliendo las normativas de protección de datos personales vigentes, como la Ley de Habeas Data en Colombia.

### **3.8.2 Instrumentos de aceptación y autorización**

La administración del consentimiento informado fue desarrollada por medio de un proceso determinado y participativo de acuerdo con las reglas ético científicas fijadas por UNIMINUTO y la colectividad académica en su conjunto. Para ello fue elaborado un formato de consentimiento informado (ver Anexo A), el cual fue presentado a cada uno de los y las participantes antes del inicio de la participación en el estudio. Este formato de documento incluye;

1. La información transparente y concreta acerca de los objetivos, procedimientos, beneficios, riesgos del proyecto.
2. Aseguramientos de la confidencialidad y protección del dato personal.
3. El derecho a abandonar el estudio sin efectos en cualquier instante.
4. El contacto del investigador principal para la aclaración de dudas e inquietudes.

La administración del consentimiento se realizó de forma presencial y asegurando que los participantes pudieran leer el documento, formular preguntas para aclarar sus dudas antes de dar su conformidad firmando el documento antes citado. El formato fue modificado en casos excepcionales de las personas con limitaciones auditivas o de escritura en donde fue importante contar con la presencia de un testigo que garantice la comprensión y voluntariedad del participante.

Una vez que los participantes comprendieron y aceptaron su participación en los términos del estudio, procedieron a la firma del formato de consentimiento informado que se incorporó a este documento como anexo. Este proceso inteligente puede conscientemente estar en favor de una participación voluntaria, informada y respetando los derechos de las personas.

## 4 RESULTADOS.

### 4.1 Caracterizar los sistemas agroforestales en los pilotos establecidos en Carmen de Chucurí, identificando las especies y prácticas potenciales de generación de biomasa residual

Bajo el contexto de la transición hacia sistemas energéticos sostenibles, los sistemas agroforestales se presentan como aliados estratégicos para generar biomasa residual, un recurso infrautilizado que puede ayudar a fomentar economías rurales y a reducir la dependencia con los combustibles fósiles. Ya en el municipio de Carmen de Chucurí (Santander), donde se unen estadio agroclimáticos ideales con conocimientos ancestrales de manejo de la tierra, este potencial cobra especial significación. Para poder aprovecharlo, es necesario entender cómo funcionan estos sistemas, qué residuos generan y de qué forma las prácticas locales afectan su producción.

#### 4.1.1 Diagnóstico y caracterización de los sistemas agroforestales

Esta actividad se centra en determinar cómo está conformado, en las unidades productivas piloto, los sistemas agroforestales, para así poder documentar las especies vegetales que están presentes, su distribución espacial y las prácticas de manejo que desarrollan. La elección de la finca El Quinal del Tesoro como caso de estudio responde a su importancia, como modelo representativo de la agroforestería tradicional en Santander, donde la interrelación de especies nativas y de cultivos comerciales configuraba un equilibrio entre productividad y sostenibilidad.

##### 4.1.1.1 Identificación de la finca

La finca El Quinal del Tesoro se presenta como un modelo representativo de los sistemas agroforestales en el municipio de Carmen de Chucurí (Santander). Esta selección responde a su ubicación y a sus condiciones ambientales, que la convierten en un espacio natural ideal para estudiar las oportunidades de interrelación entre especies vegetales, prácticas de manejo y sostenibilidad. A continuación, se exhiben las características más destacadas de la finca:

**Tabla 2**

*Caracterización general de la finca El Quinal del Tesoro*

Categoría	Detalles
Identificación	Nombre: <i>El Quinal del Tesoro</i> .
Ubicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Municipio: Carmen de Chucurí.</li> <li>• Vereda: El 27.</li> <li>• Coordenadas (Sistema Origen Nacional):</li> <li>• Norte: 2.307.868,680 m.</li> <li>• Este: 4.933.555,089 m.</li> <li>• Altitud: 325 msnm.</li> </ul>

Categoría	Detalles
Contexto de observación	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="633 231 1071 262">• Fecha: 1 de diciembre de 2024.</li><li data-bbox="633 262 1430 350">• Clima: Tropical húmedo (caracterizado por alta pluviosidad y temperaturas estables).</li></ul>

Fuente: elaboración propia

### Figura 1

*Identificación del área objeto de estudio*



Fuente: elaboración propia

### Figura 2

*Finca El Quinal del Tesoro*



Fuente: elaboración propia

**Figura 3**

*Fotografía área sistemas agroforestales doble surco predio Quinal del Tesoro*



Fuente: elaboración propia

**Figura 4**

*Sistemas agroforestales de doble surco*



Fuente: elaboración propia

#### 4.1.1.2 *Especies vegetales cultivadas y asociadas*

El sistema agroforestal está dispuesto considerando dos especies clave con roles complementarios:

##### 1. **Abarco** (*Cariniana pyriformis*):

- **Cantidad:** 8.500 individuos.
- **Función principal:** especie forestal indígena sembrada en los borde del sistema, actúa como sistema de contención y regulador micro climático. Su Denso follaje y la altura que puede alcanzar (40 m) disminuyen el impacto de la solar irradiación directa sobre el cacao, mientras que su disposición espacial (surcos sencillos o dobles) permite el correcto manejo de los flujos aéreos y evita la proliferación de plagas.

#### Figura 5

*Abarco (Cariniana pyriformis)*



Fuente: elaboración propia

##### 2. **Cacao** (*Theobroma cacao L.*):

- **Cantidad:** 12.500 individuos.
- **Función principal:** cultivo económico central y con ciclos fenológicos relativamente estables debido al microclima proporcionado por el abarco, cuyo manejo agronómico es potenciado por su disposición espacial: líneas paralelas (6 líneas por hectárea).

**Figura 6***Cacao (Theobroma cacao L.)*

Fuente: elaboración propia

El sistema agroforestal en estudio presenta un estado fitosanitario óptimo, ya que no existen evidencias de plagas o enfermedades en las especies de abarco (*Cariniana pyriformis*) y cacao (*Theobroma cacao L.*). Este equilibrio fitosanitario se debe a la sinergia provocada por la interacción entre las dos especies y por el diseño articular del sistema que mantiene un microclima regulado, flujos aéreos homogéneos y una moderada luminosidad. Las condiciones de equilibrio fitosanitario se basan en la función sistémica de defensa que proporciona el abarco y su disposición espacial en surcos; de tal manera éstas han creado un ambiente resiliente con menores riesgos fitosanitarios, permitiendo el progreso de los cultivos sin requerir la realización de tratamientos químicos externos.

#### ***4.1.1.3 Propósito y diseño del sistema agroforestal***

La finca El Quinal del Tesoro plantea un sistema agroforestal que responde a las siguientes estrategias: producción económica y protección ambiental, con un diseño que valora la sostenibilidad. El cacao (*Theobroma cacao L.*), como eje de la producción, establece las economías campesinas locales basadas en rendimientos estables y buenas calidades de grano; esta especie se cultiva en líneas paralelas bajo una sombra muy dinámica con la especie abarco (*Cariniana pyriformis*), lo cual da la posibilidad de compatibilizar rentabilidad con un manejo responsable de los recursos naturales.

El sistema también incorpora objetivos ambientales. El abarco, que es reconocido por el Plan de Incentivos Forestales del Ministerio de Agricultura, responde a un rol fundamental en la reducción del cambio climático gracias a su capacidad para capturar y almacenar carbono a largo plazo; su presencia atrae polinizadores como abejas y coleópteros, así como fauna silvestre, de manera que contribuye con la biodiversidad local y favorece la resiliencia ecológica. En términos de edafología, el sistema radicular profundo del abarco ayuda a prevenir la erosión de suelos y mejorar la retención del agua, lo cual es fundamental en un área con altas lluvias.

El diseño del sistema técnico que se ha realizado se apoya, en gran medida, en principios de agroforestería tradicional, por cuanto la mezcla de especies forestales (abarco) y agrícolas (cacao) permite un uso eficiente del espacio y de los recursos. No solo se consigue completar el ciclo productivo, sino que también se cubre la exigencia de regeneración espontánea, lo cual se encuentra ligado a los objetivos globales de sostenibilidad. La mezcla de surcos simples y dobles para el abarco, así como de la disposición ordenada del cacao, nos permiten entender cómo se pueden adaptar prácticas ancestrales ante problemáticas actuales, como la crisis climática y la crisis de seguridad alimentaria.

#### **4.1.1.4 Descripción del uso agroforestal**

El sistema agroforestal implementado en la finca *El Quinal del Tesoro* se estructura en torno a tres propósitos fundamentales, integrando objetivos económicos, ambientales y sociales:

- 1. Producción alimentaria:** el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) representa el eje económico del sistema, siendo la principal fuente de ingresos para las economías campesinas de Carmen de Chucurí. El cacao mantiene una productividad estable por las condiciones microclimáticas generadas por el abarco (*Cariniana pyriformis*), a su vez, regula la exposición solar protegiendo al cultivo del estrés térmico.
- 2. Protección ambiental:**
  - **Captura de carbono:** el abarco, especie nativa incluida en el *Plan de Incentivos Forestales del Ministerio de Agricultura*, actúa como escurridero de carbono, favoreciendo la atenuación del cambio climático.
  - **Conservación de biodiversidad:** la combinación de abarco y cacao atrae polinizadores (abejas, mariposas) y fauna silvestre, promoviendo la regeneración de ecosistemas locales.

- **Protección de suelos:** el sistema radicular del abarco reduce la erosión y mejora la infiltración hídrica, esencial en una región con alta pluviosidad.

**3. Desarrollo territorial sostenible:** el sistema se dirige hacia la búsqueda de la certeza del balance que se persigue entre generación de ingresos a partir de la producción cacaotera y los recursos naturales, constituyéndose en un modelo replicable para comunidades rurales que se ven confrontados con situaciones de impacto ambiental y en términos de su economía.

#### 4.1.1.5 Tipo de manejo agroforestal empleado

El sistema agroforestal, que debe ser entendido con referencia única a la finca El Quinal del Tesoro, se gestiona a partir de las bases del modelo agroforestal tradicional, el cual se entiende por la adición insidiosa de especies forestales (*Cariniana pyriformis*) y agrícolas (*Theobroma cacao L.*). Las características del manejo por las que se nutre el sistema mencionado son expuestas a continuación, y están fundamentadas en las observaciones de campo:

##### 1. Diseño y configuración espacial

El diseño del sistema se estructura en dos modalidades, diferenciadas por la densidad y distribución del abarco:

**Tabla 3**

*Configuraciones espaciales*

Parámetro	Sistema Agroforestal 1 (Surco sencillo)	Sistema Agroforestal 2 (Surco doble)
Líneas de abarco	1 línea en bordes	2 líneas en bordes
Distancia entre abarcos	4 metros	4 metros
Líneas de cacao	6 líneas internas	6 líneas internas
Distancia entre cacaos	3 metros	3 metros

Fuente: elaboración propia

La disposición espacial de las especies en los sistemas agroforestales es un elemento fundamental a la hora de aumentar su eficiencia tanto ecológica como productiva. Dentro de esta línea de acciones, encontramos en la finca El Quinal del Tesoro dos diseños principales a partir de los cuales se pueden diferenciar la densidad y la disposición del abarco (*Cariniana pyriformis*), lo que marcará de manera directa las dinámicas de cada uno de los sistemas.

## 2. Técnicas aplicadas

El manejo del sistema agroforestal implementado en la finca El Quinal del Tesoro es el resultado de un saber tradicional adaptado al escenario agroecológico de la región, el cual se orienta a buscar una relación de equilibrio entre la productividad del cacao y la sostenibilidad ambiental – proceso que ha sido transmitido a través del saber empírico y las relaciones locales. Las prácticas tradicionales se concretan en procesos de preparación del suelo, métodos de siembra, podas y prácticas preventivas para el control de plagas, que a continuación se describen; constituyen la expresión de prácticas tradicionales que integran de forma dinámica especies forestales y agrícolas y una administración de los recursos naturales conservadora.

**Preparación del suelo:** la preparación del suelo, en la fase inicial de establecimiento del sistema agroforestal se delimita el terreno, se introducen enmiendas orgánicas y abonos para asegurar condiciones óptimas de la fertilidad, proceso que contribuye a asegurar que el suelo tenga los nutrientes necesarios para el desarrollo durante la etapa de crecimiento de las especies. Por otra parte, una vez establecido el sistema no son realizadas labores de labranza del suelo, puesto que la estructura agroforestal cumple una función de estabilización natural. Sin embargo, se aplica un proceso de fertilización anual, tal como fue reportado en campo, para mantener la disponibilidad de nutrientes, especialmente dirigido al cultivo de cacao.

**Métodos de siembra:** la siembra se organiza bajo un diseño espacial específico:

- **Abarco (*Cariniana pyriformis*):** se planta en los bordes del sistema mediante un surco sencillo (una línea) o un surco doble (dos líneas), con una separación entre individuos de 4 metros. Esta distribución nos aporta una barrera que nos protege de factores climáticos externos.
- **Cacao (*Theobroma cacao L.*):** se distribuye en 6 líneas internas paralelas con una separación entre las plantas de 3 metros. Esa distancia de separación permite garantizar que los individuos tengan un acceso equilibrado a la luz que filtra el abarco y en consecuencia una mejora de sus fotosíntesis sin acarrear competencia.

**Técnicas de poda:** la poda se ejecuta una vez al año de forma única y exclusiva en el abarco: el objetivo es contener el crecimiento del abarco y evitar el sombreado excesivo sobre el cacao. Esta técnica pone principal atención en la eliminación de ramas laterales y garantiza un vigor de la estructura arbórea equilibrada y equilibrada por el sol. Siendo esta práctica, a pesar de que produce residuos (ramas y hojas), inmóvil respecto a la funcionalidad del sistema agroforestal.

**Manejo de plagas:** no se encontró la presencia ni de plagas ni de enfermedades en las especies estudiadas (abarco y cacao). Este resultado se puede determinar desde el diseño mismo del sistema, ya que la disposición del abarco regula los flujos de aire y los tiempos de exposición solar generando un microclima poco apropiado para la proliferación de patógenos. La ausencia de agroquímicos en el manejo también da cuenta de la resiliencia ecológica del modelo realizado.

**Manejo de residuos:** los residuos orgánicos generados (hojas, ramas y cáscaras de cacao) no se someten a procesos de reutilización o transformación dentro de la misma parcela; estos materiales se almacenan en el suelo donde se descomponen y se contribuye al menos en parte a la reserva de materia orgánica del suelo; no hay un plan para la explotación de su energía o potencial agrícola, lo que representa una oportunidad para desarrollos futuros.

**Sostenibilidad del modelo:** la agroforestería tradicional aquí presentada demuestra que la mezcla de especies nativas y cultivados comerciales es capaz de producir sistemas autosostenibles; la ausencia de plagas, la estabilidad de la producción de cacao, las funciones del abarco (protección de los suelos y atraer biodiversidad) dan fe de su efecto, aunque la falta de aprovechamiento de la biomasa residual representa un punto de mejora posible del sistema de circularidad.

#### 4.1.2 Identificación y contabilización de la biomasa residual generada

La biomasa residual de los sistemas agroforestales puede ser considerada una herramienta fundamental para la transformación de los modelos productores hacia la sostenibilidad, en cuanto que esta toca con el manejo de los residuos orgánicos en los ciclos energéticos y agroecológicos. En el contexto de la finca El Quinal del Tesoro, se realizó un análisis técnico orientado a caracterizar los tipos, estados y volúmenes de biomasa generados (especies forestales *Cariniana pyriformis* y agrícolas *Theobroma cacao L.*) mediante la combinación de observaciones fenológicas, mediciones in situ y notas accesorias a la finalidad de estudiar la dinámica de producción de residuos teniendo en cuenta su estado físico (fresco, seco o en descomposición) y su distribución espacial en el sistema agroforestal.

##### 1. Tipos de biomasa identificados

La biomasa residual que se generó a partir del sistema agroforestal se clasificó en tres grandes grupos: hojas (renovación foliar del abarco y del cacao), ramas (desprendimiento fenológico del abarco) y residuos de cosecha (cáscaras del cacao desechadas en el momento de la extracción del fruto). Las raíces no se consideraron dentro de los residuos aprovechables porque permanecen en el subsuelo.

- **Hojas:** derivadas de la caída natural de las copas del abarco (*Cariniana pyriformis*) y del cacao (*Theobroma cacao L.*), especialmente durante los periodos de renovación

foliar.

- **Ramas:** generadas por el proceso fenológico del abarco, que desprende ramas secundarias de manera irregular para promover el crecimiento de nuevos brotes.
- **Residuos de cosecha:** principalmente cáscaras de cacao, resultantes del procesamiento post-cosecha del fruto. Las raíces no se consideraron como biomasa residual, al permanecer en el subsuelo sin intervención.

### Figura 7

#### *Identificación de biomasa residual*



Fuente: elaboración propia

## 2. Estado de la biomasa

La biomasa residual presenta tres estados en el proceso biológico: fresca (material desprendido, con elevada humedad), seca (con procesos naturales de deshidratación) y materia en descomposición (está integrada al suelo como materia orgánica degradada, a colación de ciertos factores como la frecuencia de cosechas del cacao, tres por año, y la dinámica de la renovación del abarco).

- **Fresca:** es el material responsable de las hojas y ramas recién desprendidas y con un alto contenido de humedad; esta biomasa se genera en un ciclo debido al comportamiento de la producción de cacao, tres cosechas.
- **Seca:** biomasa que se presenta en la superficie del suelo como residuo biológico, expuesto a cambios naturales de deshidratación.
- **En descomposición:** material en forma de materia orgánica degradada, principalmente hojas que tienen la función de alimentar el suelo mediante la liberación de nutrientes.

### Figura 8

*Medición de biomasa residual predio Quinal del Tesoro*



Fuente: elaboración propia

### 3. Cuantificación estimada

Esta cuantificación, subraya el volumen significativo de recursos orgánicos disponibles, actualmente no valorizados en la finca. En el área observada (parcelas de 100 m<sup>2</sup>), se estimó una generación anual de más de 2.500 kg (2,5 toneladas) de biomasa residual, distribuida de la siguiente manera:

- **Hojas:** aproximadamente 60% del total (1.500 kg), incluyendo material fresco y en descomposición.
- **Ramas:** 30% (750 kg), principalmente en estado fresco tras las podas anuales.
- **Cáscaras de cacao:** 10% (250 kg), asociadas a las tres cosechas anuales.

**Figura 9**

*Cuantificación de biomasa residual*



Fuente: elaboración propia

#### **4. Aprovechamiento actual**

En la actualidad, no se podía detectar ningún uso concreto de la biomasa residual en la finca, ya que los residuos se iban acumulando en el suelo, donde en buena parte se iban transformando en materia orgánica en descomposición, sin procesos formalizados ni de compostaje, ni de transformación energética, ni de reciclaje agrícola. Esta realidad era una disonancia con el potencial que aparece en la muy estimativa 2 de la consultora, pues, por ejemplo, las cáscaras de cacao podían servir como soporte para abonos, y las ramas podían seguir un proceso como biomasa combustible.

Los resultados demostraron una generación constante de biomasa, con una proporción de más de 2,5 t de residuos generadas al año en parcelas de cultivo de 100 m<sup>2</sup> que incluía ramas, hojas y cáscaras de cacao. Sin embargo, la ausencia de protocolos de uso y reciclaje confirma un potencial poco aprovechado, tanto para la generación energética renovable como para incrementar la fertilidad del suelo, nuestro objetivo de partida; este diagnóstico se erige entonces como un paso previo al diseño de estrategias técnicas para convertir los residuos en insumos determinantes para la sostenibilidad agrícola y la mitigación ambiental.

#### **4.2 Analizar la eficiencia de la biomasa residual generada en los sistemas agroforestales**

El tránsito hacia modelos agro productivos sostenibles implica no solo contabilizar lo que tenemos, sino también analizar de forma crítica la eficiencia, en el sentido de cómo se corresponden el aprovechamiento energético y el aprovechamiento económico medio de la biomasa residual, así como el aprovechamiento ambiental que se extrae de este recurso en el contexto de los agroecosistemas agroforestales de Carmen de Chucurí donde la biomasa residual constituye un potente subproducto, abundante y poco aprovechado. Analizar la eficiencia de la biomasa residual implica dar contestación a dos preguntas en torno a la manera como se puede perder el potencial por motivos alimentarios y si la eficiencia de este ha sido mejor o peor respecto al modelo agroforestal documentado; es un análisis que se entiende en un sentido comparativo respecto a los estudios científicos realizados en sistemas similares y las directrices generales que se pueden utilizar como referencia en la bibliografía técnica de la biomasa para el aprovechamiento de los climas tropicales.

##### **4.2.1 Eficiencia de Producción**

El primer paso fue cuantificar la producción anual de biomasa residual en función del área cultivada. Para ello, se determinaron los datos siguientes en parcelas de 100 m<sup>2</sup>: la biomasa total anual fue estimada en 2,500 kg, lo que equivale a 25 toneladas por hectárea. La composición de la biomasa se desglosa en tres categorías:

- Hojas (60%, aproximadamente 15 t/ha)
- Ramas (30%, 7.5 t/ha)
- Cáscaras de cacao (10%, 2.5 t/ha).

Esta cuantificación se ejecutó usando técnicas de pesaje directo y registro en papel, para un seguimiento de los residuos generados durante un mes por cada una de las cuatro parcelas representativas, y estos datos se compararon posteriormente con estudios reportados en condiciones agroclimáticas semejantes a las condiciones de los cultivos de Carmen de Chucurí. En este sentido, la eficiencia de producción como la relación que se presenta entre la cantidad de biomasa residual generada en las parcelas y el área cultivada, para así obtener cualitativamente las cantidades de productos con los recursos orgánicos aprovechables para aplicaciones energéticas o agrícolas.

De acuerdo con Casanova y Ramírez (2016), en sistemas agroforestales empleados en condiciones agroclimáticas parecidas a las de Carmen de Chucurí se ha registrado la producción de biomasa residual en el entorno de las 22 toneladas por hectárea por año; este estudio hace énfasis en un apropiado manejo agroforestal y la integración de especies nativas en la optimización del flujo de residuos orgánicos.

**Hallazgos:**

- Sistemas de cacaotales a la sombra de *Cariniana pyriformis* produjeron de 18-20 ton/ha/año de materia residual (hojas y ramas).
- La baja producción corresponde al uso de proveedores de sombra de menor tamaño y la falta de prácticas de poda sistemáticas.

**Diferencias con El Quinal del Tesoro:**

- El abarco (*Cariniana pyriformis*) consiguió un 35% más de biomasa debido a su mayor tamaño (40 m) y a su alta tasa de renovación foliar.

De otro lado, en el estudio de Sánchez (2020), realizado en la región peruana de Cajamarca, se documenta un potencial promedio de 20 ton/ha/año de biomasa residual para los sistemas agroforestales; los datos expuestos muestran la capacidad de los sistemas agroforestales en el manejo de los cultivos y la diversificación de los mismos, y el perfeccionamiento del sistema.

**Hallazgos:**

- Sistemas agroforestales con *Inga edulis* y café producidos 12-15 ton/ha/año de biomasa aérea.
- El carbono almacenado fue de 6-7.5 ton C/ha, y eso a un cálculo de 12-15 ton/ha (suponiendo un 50% de carbono en materia seca).

**Diferencias:**

- La menor biomasa se puede explicar por la productividad de las especies de sombra utilizadas (Inga frente a Cariniana).
- Además, el estudio peruano no consideró la recolección de residuos de cosecha (ej. cáscaras).

Finalmente, Magro y Muñoz (2021), también indicaron en su informe un rango de 24 a 28 ton/ha/año como producción de biomasa residual potencial, basada en estudios previos de sistemas agroforestales similares; en donde este estudio destaca que la implementación de tecnologías de monitoreo y estandarización de prácticas de manejo pueden mejorar la producción de biomasa.

**Relevancia:**

- Aunque el contexto climático difiere (mediterráneo vs. tropical), el documento destaca métodos para optimizar el uso de residuos agrícolas, como trituración y compostaje.

**Aplicación al caso de estudio:**

- Sugiere que las 25 ton/ha de *El Quinal del Tesoro* podrían generar ~10 ton/ha de compost, mejorando la fertilidad del suelo.

Para sintetizar y comparar estos datos, se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 4**

*Síntesis comparativa de biomasa residual en sistemas agroforestales*

<b>Estudio / Sistema</b>	<b>Biomasa Residual (ton/ha/año)</b>	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
<b>El Quinal del Tesoro (Colombia)</b>	25.0	- Alta densidad de abarco gracias a surcos dobles. - Podas anuales programadas que optimizan el microclima.	- Inexistencia de protocolos formales para el aprovechamiento de residuos. - Falta de estrategias de valorización de biomasa.
<b>Cacao-Gliricidia (México)</b>	18 – 20	- Bajo costo de mantenimiento. - Uso de especies de sombra que facilitan el manejo agronómico.	- Las especies de sombra presentan un porte relativamente reducido, limitando la generación de residuos.
<b>Café-Inga (Perú)</b>	12 – 15	- Fuerte enfoque en la captura de carbono mediante especies de sombra robustas (p.ej., Inga spp.).	- La medición se centra en hojas y ramas, sin considerar la contribución de las cáscaras, lo que puede subestimar el potencial total.

<b>Estudio / Sistema</b>	<b>Biomasa Residual (ton/ha/año)</b>	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
<b>Estudio Red Ciudades Clima (España)</b>	24.0 – 28.0	- Aprovechamiento integral de residuos agroforestales para bioenergía. - Contribución a la economía local y reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> .	- Requiere inversiones iniciales significativas en infraestructura y tecnología para el procesamiento de biomasa.

Fuente: elaboración propia

El análisis comparativo de los sistemas agroforestales - a través del recurso a una serie de ejemplos - bien puede ser considerado como una conexión entre la eficacia en la producción y la explotación de la biomasa residual, y la verosimilitud de unas prácticas de manejo, de la selección de especies y de unas estrategias de valoración sobre esta biomasa residual.

1. Integración entre las prácticas de manejo y la explotación - sistemas como el sistema de la Red Española de Ciudades por el Clima, por ejemplo, son un buen ejemplo del sistema propuesto, pues la biomasa residual, además de gestionarse integralmente, se convierte en la vía de producción de bioenergía, lo cual, a la vez que favorece la economía local, puede incluso reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Este ejemplo y otros similares demuestran que la eficiencia no solo radica en la producción de biomasa residual sino, a su vez, en la organización de cómo manejarla y explotarla.

**2. Selección de especies y diseño del sistema:** la elección de especies de sombra y su disposición entre ellas en el sistema agroforestal constituye un método (Cacao-Gliricidia en México) que, si bien tiene una baja inversión en su mantenimiento produce poco residuo debido a la poca altura de las especies de sombra. Quizás una estrategia de combinación y disposición de especies mejor estudiadas y seleccionadas puede ayudar a fomentar la producción de residuos.

**3. Necesidad de protocolos formales para el aprovechamiento de residuos:** el caso de "El Quinal del Tesoro" en las llanura del Magdalena en Colombia, que contiene una buena producción de residuos (9,4 t ha<sup>-1</sup>) podría llegar a sorprender en su capacidad de aprovechar todo ese potencial en residuos (ya sea en energía con su utilización o con otro fin) porque no tienen protocolos definidos de recogida de residuos. Se trata por tanto de ciertos casos en los que existen oportunidades para llegar a protocolos de aprovechamiento ya que, en este caso, el aportar un valor al residuo final podría aumentar el grado de sostenibilidad del sistema y la capacidad de sus rentas.

**4. Enfoque en la captura de carbono y sostenibilidad:** sistemas como el Café-Inga en Perú se enfocan en la captura de carbono en torno a especies de sombra robustas; si bien este tipo de sistema contribuye a atenuar el cambio climático, la exclusión de ciertos componentes, por

ejemplo la cáscara, al momento de medir la biomasa puede subestimar el potencial máximo de los sistemas. Esto pone de manifiesto la relevancia de conocer cómo se compone todo componente de la biomasa residual para una gestión completa.

En líneas generales, la eficiencia de la producción y del aprovechamiento de biomasa residual en sistemas agroforestales es función de otras prácticas de manejo, de la especie, de los protocolos de aprovechamiento, y de un enfoque integral que combine las ventajas económicas y ambientales. La adaptación de las mejores prácticas de cada sistema puede ser una verdadera guía para la producción y el aprovechamiento sostenible en diferentes regiones.

#### 4.2.2 Potencial energético estimado

La biomasa residual tiene un valor estimado de 25 toneladas por hectárea por año (t/ha/año), a partir de esta cifra se estima el potencial energético disponible, en función de la composición de los residuos: hojas (60%), ramas (30%), cáscaras de cacao (10%). Para esto se hicieron las consideraciones adecuadas para trabajar con los valores promedio del poder calorífico inferior (PCI) de cada uno de los residuales orgánicos secos, expresado en megajulios por kilogramo (MJ/kg). (1 tonelada = 1.000 kilogramos. Se considera la biomasa seca habiendo realizado su ajuste por secado antes del cálculo energético):

**Tabla 5**

*Potencial energético estimado*

Componente	% del total	Cantidad (t/ha/año)	PCI estimado (MJ/kg)	Energía total (GJ/ha/año)
Hojas	60	15.0	16	240.0
Ramas	30	7.5	19	142.5
Cáscaras de cacao	10	2.5	14	35.0
<b>Total, estimado</b>	100	25.0	—	<b>417.5 GJ/ha/año</b>

Fuente: elaboración propia

El valor estimado de 417,5 GJ/ha/año de biomasa residual en el sistema agroforestal de "El Quinal del Tesoro" permite visualizar un potencial energético considerable, comparable al mantenido por sistemas agroindustriales más eficientes. Este potencial se puede convertir en energía útil a través de diferentes tecnologías y procesos, para satisfacer de este modo los requerimientos energéticos locales, al tiempo que se puede avanzar en la sostenibilidad rural.

##### 4.2.2.1 Aplicaciones energéticas del potencial estimado

**Secados de granos y productos agrícolas:** la aplicación de la biomasa residual para proporcionar calor a los secadores de granos (una práctica habitual en zonas rurales) se presenta

como el tipo de aplicación más generalizado. El uso de los residuos agrícolas como combustible para secadoras podría, ya según la FAO, optimizar los consumos energéticos y, a la vez, bajar los costos de utilización (Gallego & Navarrete, 2019).

**Calefacción de viveros y espacios agrícolas:** efectuando el cambio de uso de la biomasa residual en las explotaciones agropecuarias se podría permitir la calefacción sostenible de viveros y otras instalaciones agrícolas, mejorando así las condiciones de cultivo y, mientras se reduce la necesidad del uso de combustibles fósiles.

**Producción de compost térmico:** el calor que se emite a partir de la combustión de la biomasa podría apresurar el proceso de compostaje, mejorando la calidad del compost y disminuyendo el tiempo que se requería para la producción de este.

**Generación eléctrica a pequeña escala:** los residuos de la biomasa podrían ser utilizados en su transformación a energía eléctrica mediante el uso de gasificadores y biodigestores. El caso de Nicaragua propone el diseño de una planta de energía eléctrica a partir del biogás de residuos orgánicos generados en esta localidad (Future Society, 2023).

#### ***4.2.2.2 Tecnologías de conversión energética***

**Gasificación:** mediante este proceso se convierte la biomasa en un gas combustible que se puede utilizar para producir electricidad. La gasificación es el método adecuado para residuos agrícolas y forestales y ha tenido aplicación en varias regiones para la producción de energía a pequeña escala (Rincón & Silva, 2014).

**Digestión anaerobia:** este proceso (la digestión anaeróbica) permite transformar biomasa húmeda en ausencia de oxígeno para generar biogás (metano y dióxido de carbono). El biogás se puede usar para obtener electricidad y calor, y resulta ser una alternativa para comunidades rurales (Tamayo & Buitrago, 2017).

#### ***4.2.2.3 Impacto ambiental y socioeconómico***

Aprovechar la biomasa residual no implica únicamente beneficios en cuestiones energéticas, sino que también ayuda a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y es un motor del desarrollo económico local. La Red de Calor de Soria, por ejemplo, obtiene de biomasa forestal local la calefacción y agua caliente para más de 8.000 viviendas, evitando emisiones de CO<sub>2</sub> e impulsando la economía local (Cadena Ser, 2024). En general, el potencial de 417,5 GJ/ha/año que se pueden obtener en El Quinal del Tesoro sugiere una oportunidad importante de desplegar soluciones energéticas sostenibles y ventajosas desde el punto de vista ambiental y de las comunidades locales.

### **4.2.3 Eficiencia del manejo actual**

La finca genera hoy alrededor de 25 toneladas de biomasa residual por hectárea de fincas al año, a partir de hojas, ramas y cáscaras de cacao. Esta biomasa no se aprovecha, por lo que se produce una merma del 100% de la materia prima potencialmente útil, lo que equivale a la pérdida de un recurso valioso que podría contribuir a mejorar la salud del suelo y a reducir la necesidad de la finca de requerir insumos externos.

#### ***4.2.3.1 Escenario de mejora: valorización mediante compostaje***

La aplicación de técnicas para la valorización de la biomasa, como el compostaje, podría transformar esta situación. El compostaje es una técnica simple que consiste en transformar restos orgánicos en abono de buena calidad, mejorando la estructura y fertilidad del suelo. A modo de estimación, por cada 100 kg de restos orgánicos se consiguen 30 kg de compost, de modo que si aplicamos estas proporciones a las 25 toneladas de biomasa residual, la producción de compost por hectárea y por año podría estar en torno a las 7.5 toneladas.

#### ***4.2.3.2 Beneficios económicos: ahorro y generación de ingresos***

Este compost podría ser utilizado en la propia finca, con lo que se rebajaría el uso de fertilizantes de origen químico. En la actualidad, los precios de mercado de fertilizantes como el DAP (18-46-0) o el cloruro de potasio oscilan entre los \$187,500 y \$225,000 por tonelada. Consecuentemente, la sustitución parcial de dichos insumos por compost podría generar ahorros. Cabe añadir que también existe la posibilidad de comercializar compost. Por ejemplo, en Colombia, el abono orgánico tipo compost se vende a precios que pueden situarse entre los \$130,000 y \$275,000 por tonelada. De este modo, se podría conseguir un ingreso adicional mediante la venta de las 7.5 toneladas de compost.

#### ***4.2.3.3 Consideraciones adicionales: inversión y sostenibilidad***

La puesta en funcionamiento de un sistema de compostaje exige un gasto inicial en lo que concierne a infraestructura y formación; no obstante, hay alternativas asequibles de compostaje que podemos encontrar en el mercado colombiano, y que, además para el sistema en cuestión, van de precios muy asequibles, de acuerdo con sus capacidades y prestaciones. Más allá de los favores monetarios que pueden surgir de la actividad, la práctica del compostaje facilita la sostenibilidad del medioambiente por la disminución en la cantidad de los residuos orgánicos que se puedan encontrar en un vertedero, de igual manera, por la disminución de las emisiones de gases que producen el llamado “efecto invernadero”.

### **4.3 Proponer estrategias de colaboración bajo el enfoque de Sistemas Territoriales de Innovación (STI), para fomentar la innovación y el desarrollo territorial sostenible en el aprovechamiento de biomasa residual**

A lo largo de la ejecución del presente trabajo investigativo, se reconoce que la transformación sostenible de estos residuos agroforestales necesita sobrepasar una sucesión de retos técnicos, económicos y sociales a través de la articulación de los actores locales, las instituciones y los conocimientos. El enfoque STI, apropiado en la medida que se erige como marco de referencia ideal para generar soluciones innovadoras que, a partir de las capacidades endógenas del territorio, puedan convertir la biomasa en un recurso productivo que refuerce la economía circular rural.

#### **4.3.1 Resultados de la encuesta a productores y actores locales sobre aprovechamiento de biomasa residual**

La encuesta efectuada a los productores y a los actores clave del municipio tiene como objetivo diagnosticar el estado del conocimiento y las prácticas vinculadas con la biomasa residual. A través de este instrumento se posibilita la identificación de tres dimensiones críticas: el grado de conocimiento del concepto de biomasa residual, los métodos de manejo que se aplican actualmente en las fincas y las limitaciones que son consideradas las principales limitaciones para el aprovechamiento. Los resultados de este diagnóstico participativo constituyen la base empírica para poder diseñar estrategias que den respuesta a las realidades y a las necesidades específicas del territorio, así como asegurarles la adecuación y la viabilidad de implementación.

##### **4.3.1.1 Datos Demográficos**

Se encuestó a cinco personas, identificadas por sus nombres y roles en el territorio:

- **Gildardo Palencia:** propietario Predio el Quinal del Tesoro y Productor/Experto Técnico, con 40 años de experiencia.
- **Alberto Ardila Ríos:** propietario Predio la Palma y Productor/Exconcejal, con 35 años de experiencia.
- **Omaira Florez Becerra:** propietaria Predio Bellavista y Productora de cacao y forestales, con 25 años de experiencia.
- **Rosario Ardila Gomez:** propietaria Predio Alto Viento, con 25 años de experiencia.
- **Jaime Pita Duran:** propietario Predio la Coqueta, con 19 años de experiencia.

La encuesta estuvo dirigida a cinco propietarios de predios rurales, quienes a su vez son actores con trayectoria activa en los procesos productivos del territorio. Los perfiles de estas personas muestran una trayectoria amplia, que oscila entre los 19 y 40 años, lo que muestra un

saber profundo del entorno agroforestal local y una experiencia práctica de uso del suelo y sus recursos. En este grupo hay además productores tradicionales y líderes comunitarios, como es el caso del exconcejal Alberto Ardila, lo que permite enriquecer la vertiente política y social del análisis.

La preeminencia de la propiedad individual de los predios se relaciona con estructuras productivas de pequeña escala, enmarcadas en la autosuficiencia y en el uso directo del territorio. Por otra parte, la circunstancia de que varias de las personas que fueron encuestadas amolden su papel de propietarios al de productores directos permite suponer un alto nivel de implicación personal sobre la administración de los capitales naturales y por tanto una imagen muy concreta de los retos y oportunidades que representa aprovechar la biomasa excedente.

El saber acumulado de estos actores los convierte en agentes clave para pilotar o validar estrategias de innovación rural. Su vínculo directo con la tierra y los procesos productivos los proyecta, a la vez, como fuentes reputadas de saber práctico y de aliados estratégicos para cualquier modelo de colaboración territorial.

#### ***4.3.1.2 Percepción sobre el Aprovechamiento de Biomasa Residual***

- **Conocimiento del Concepto:** tres de los cinco encuestados afirmaron conocer el concepto de biomasa residual, mientras que dos indicaron no conocerlo.

El 60% (3 encuestados) se mostró familiarizado/a con dicho término, de hecho, comienza a apropiarse del mismo. Sin embargo, que dos personas no conociesen el término hace ver una laguna en la difusión de los conceptos técnicos clave en lo que respecta a la sostenibilidad en el territorio, lo cual muestra que las personas tienen dificultades para acceder a la información y en la formación ambiental, aun cuando se trate de un grupo de personas que tienen una experiencia acumulada de varias décadas.

Pese a que el término técnico podría no ser conocido, las prácticas vinculadas al mismo podrían estar siendo llevadas a cabo. Esto es, podría haber acciones de reutilización de residuos orgánicos que las mismas personas productoras no identifican bajo el título de "biomasa residual". Esto requiere una alfabetización técnica que ponga la mirada en la práctica, que acerque estos conceptos a la propia realidad de la gente productora rural.

- **Beneficios percibidos:** los encuestados mencionaron varios beneficios del uso de la biomasa excedente para los sistemas agroforestales, como el control de malezas, aporte de nutrientes al suelo, mejora de condiciones de microorganismos en el suelo, protección y mantenimiento de suelos, y potencial para la producción de fertilizantes.

Los beneficios mencionados: el manejo de los restos de cultivos para contribuir a la salud del agroecosistema. En este sentido, las ventajas antes expuestas están necesariamente ligadas con una mejora en la productividad y sostenibilidad del suelo, así como la reducción de insumos químicos.

El predominio de una mirada positiva ante dichas alternativas abre la puerta a estrategias de uso de transformación de biomasa. De hecho, ya hay una valoración positiva del recurso que podría ayudar a la aceptación de tecnologías o prácticas si demostramos la viabilidad técnica y económica.

- **Barreras Identificadas:** las barreras más comunes que se fueron identificando en el manejo de la biomasa residual fueron la falta de tecnología, el elevado coste y la falta de conocimiento técnico. La carencia de tecnología y el coste elevado de implantación y la falta de conocimiento técnico se presentan como las principales limitantes.

Las barreras que se fueron encontrando, por tanto, no sólo hacen alusión a limitaciones económicas o tecnológicas, sino que presentan también una brecha entre el conocimiento empírico del productor y los desarrollos técnicos más recientes. No serán suficientes soluciones basadas únicamente en la técnica o el saber hacer. Cualquier propuesta de estrategia que surja de la colaboración debe contener elementos de formación, acceso a tecnología apropiada y financiación para adaptarse a la realidad del mundo rural. La innovación tiene que ser entendida, accesible y contextualizada.

#### ***4.3.1.3 Colaboración y Trabajo en Red***

- **Importancia de la colaboración:** la mayoría de los encuestados consideró importante trabajar de manera colaborativa para mejorar el aprovechamiento de biomasa residual.

Sigue existiendo una importante valoración por el trabajo en colaboración como instrumento para optimizar el aprovechamiento de la biomasa residual. Este resultado es clave, pero se aleja de este estereotipo de una producción solitaria o que no está dispuesta a compartir conocimiento. La voluntad de colaborar es un signo de apertura hacia formas organizativas más complejas, capaces de llegar a tener una visión territorial.

El capital social existente lo puede y lo debe potenciar. La disposición a trabajar en red es una oportunidad para llegar a la creación de un sistema territorial de innovación, donde se comparta conocimiento, se aglutinen actores y se construyan soluciones colectivas.

- **Tipos de colaboración:** los tipos de colaboración más efectivos que se sugieren son el intercambio de conocimiento, la creación de mercados para la biomasa, y la ayuda técnica y financiera.

Los encuestados indicaron las siguientes tres vías de colaboración: (1) intercambio de conocimientos y experiencias; (2) creación de mercados para la biomasa; (3) apoyo técnico y financiero. Esto pone de manifiesto que los actores no solo están dispuestos a recibir apoyo externo, sino que, además, son receptores de formas de articulación horizontal, pensando en las redes de aprendizaje o de comercialización conjunta. De aquí que las estrategias deban buscar espacios permanentes de diálogo e intercambio, así como mecanismos cooperativos que brinden la oportunidad de optimizar recursos. Y es a partir de aquí que se hace necesario establecer alianzas público-privadas y comunitarias para dar viabilidad a estas formas de colaboración.

#### *4.3.1.4 Recomendaciones y Estrategias*

- **Estrategias específicas:** las estrategias y acciones específicas recomendadas por los encuestados incluyen la descomposición de la biomasa para realizar abonos, el uso controlado de la biomasa para generar abonos y calor, y el aprovechamiento sostenible de la biomasa residual.

Las sugerencias se articulan sobre la base del uso sostenible de la biomasa por medio de la descomposición controlada y su uso para generación de abonos o calor. Lo que pone de manifiesto un saber tácito sobre técnicas de valorización de residuos orgánicos y una actitud proactiva frente al cambio.

Estas sugerencias deben considerarse como un punto inicial para crear estrategias participativas que incluyan la parte técnica sin olvidar el saber local. Se pone de manifiesto un potencial por adoptar tecnologías de bajo coste como el compostaje, los biodigestores o las estufas eficientes.

- **Desafíos anticipados:** los desafíos anticipados en el perfeccionamiento de un sistema colaborativo para gestionar biomasa residual incluyen la consecución de cofinanciación, la carencia de voluntad política, la necesidad de acompañamiento de las entidades públicas, la definición de roles y la falta de recursos financieros y físicos.

Entre los principales aspectos mencionados destacan . la escasa cofinanciación, la necesidad de apoyo institucional, la poca claridad en los roles y el escaso recurso físico y financiero. También se menciona en tal sentido que la voluntad política es un elemento básico y decisivo.

Se hace necesario que se prioricen en la delineación de las políticas y proyectos de desarrollo rural. Se requiere de una efectiva articulación de los actores del territorio, del gobierno local, de las universidades y de las organizaciones de cooperación; la misma debe expresar mecanismos de gobernanza clara, financiamiento mixto y el permanente acompañamiento técnico.

#### **4.3.2 Propuesta de estrategias de colaboración bajo el enfoque de Sistemas Territoriales de Innovación (STI)**

A partir de las evidencias obtenidas en el diagnóstico, el resultado de este proceso ha sido la elaboración de las propuestas estratégicas concretas que articulan entre sí los componentes tecnológicos, organizativos y de política pública de acuerdo con la sostenibilidad de la biomasa. Estas propuestas estratégicas han adoptado una lógica que pone en red al menos: i) las propuestas tecnológicas apropiadas para la transformación energética y agrícola de los residuos, ii) las orientaciones hacia modelos de negocio adecuadas a los distintos niveles de los productores y iii) la forma de hacer que la gobernanza del proceso sea suficientemente participativa para garantizar los efectos de las intervenciones.

##### ***4.3.2.1 Estrategia 1: Programa Comunitario de Compostaje y Producción de Abonos Orgánicos***

Esta propuesta estratégica está orientada hacia la transformación local y sostenible de la biomasa residual en productos que pueden ser aprovechados como forman parte de las actividades de abonos orgánicos, en un entorno colaborativo en el que se dan ciertos saberes empíricos y técnicos. Se fundamenta en el reconocimiento de que, aunque exista disposición para aprovechar la biomasa, subsisten barreras determinantes como la falta de infraestructura, conocimientos técnicos y de herramientas.

#### **Elementos clave:**

- **Formación técnica comunitaria:** se organizarán ciclos formativos presenciales y prácticos, adaptados a los saberes de los productores. Los temas incluirán:
  - Tipos de biomasa aprovechable (cáscaras, hojas, podas, estiércol, residuos de cosecha).
  - Técnicas de compostaje (vermi compostaje, compostaje aeróbico, técnicas tradicionales).
  - Manejo de microorganismos eficientes (EM) y control de olores.
  - Aplicación del compost en sistemas agroforestales y cultivos.

- **Zonas de compostaje comunitario:** identificación y adecuación de por lo menos dos zonas de uso de las productoras y los productores para llevar y procesar los residuos orgánicos. Estas zonas tienen que ubicarse en terrenos de fácil acceso y tener cronogramas y turnos para el manejo de las zonas.
- **Fortalecimiento de capacidades organizativas:** formación de comités responsables del manejo del compostaje, mantenimiento de instalaciones e interacción entre las productoras y los productores.
- **Integración con los ciclos agrícolas:** hacer coincidir la producción de compost con los calendarios de siembra y fertilización, para poder utilizar de manera eficaz los abonos resultantes.

**Resultado esperado:** reducción de residuos agrícolas quemados o desechados, mejora del suelo, como así también reforzar prácticas sostenibles, y en cierta medida, reducción en el uso de insumos químicos externos.

#### ***4.3.2.2 Estrategia 2: Red de Intercambio de Saberes Agroecológicos y de Innovación Local***

A partir del reconocimiento mutuo de los saberes locales y la necesidad de pasar de la situación de aislamiento de los productores, esta estrategia propone crear una red viva de intercambios, aprendizajes recíprocos y de elaboración de una documentación de buenas prácticas asociadas al manejo de la biomasa y a las prácticas sostenibles.

##### **Elementos clave:**

- **Encuentros itinerantes entre predios:** cada productor será anfitrión del llamado “Día de campo” una vez al mes, donde será anfitrión y compartirá sus experiencias, ensayos, problemas y aprendizajes. Estos encuentros se utilizarán para validar colectivamente las soluciones y servirán para construir confianza.
- **Bitácoras comunitarias:** se propone una estrategia de registro escrita y fotográfica donde los productores/as vayan anotando sus resultados, dificultades y observaciones. Este registro podrá ser sistematizado, a su vez, en boletines sencillos y podrá ser utilizado para circular entre todos los actores de la comunidad.
- **Participación de actores externos:** invitación asistida periódica a expertos, extensión rural, investigadores o estudiantes universitarios para complementar los saberes locales con aportaciones técnicas sin el intuitivo objetivo de reemplazar y/o descalificar la experiencia campesina.

- **Círculos de aprendizaje temáticos:** encuentros informales entre productores/as para tratar temas específicos (el secado, el uso de lombrices californianas, diseño de biofábricas, etc.).

**Resultado esperado:** empoderamiento del conocimiento colectivo, democratización de las soluciones innovadoras y empoderamiento de los productores/as “como actores del cambio tecnológico y social de su territorio”.

#### ***4.3.2.3 Estrategia 3: Gestión Conjunta de Recursos, Herramientas y Equipos Tecnológicos***

La noción de no contar con las herramientas adecuadas y de que los costos de tecnologías básicas para el procesamiento de biomasa son muy altos fue identificada por los participantes como uno de los principales obstáculos. Se propone que esta estrategia contribuya a mejorar el acceso equitativo a los recursos necesarios mediante mecanismos de compra y uso compartido con aspectos solidarios.

##### **Elementos clave:**

- **Diagnóstico participativo de necesidades:** los productores priorizarán conjuntamente qué máquinas son necesarios para hacer uso de la biomasa. Ejemplos de máquinas comúnmente identificadas son trituradoras, molinos manuales, tamices, carretillas, palas, tanques de fermentación, etc.
- **Modelo de cofinanciación solidaria:** se propondría un modelo en el cual cada productor aporte según sus posibilidades (económicas o en trabajo); a lo que se le suma una gestión ante distintas instituciones públicas o privadas para co-financiar gastos.
- **Banco comunitario de herramientas:** sería la institución que regula el préstamo de herramientas con diversidad de reglas (uso, devolución, mantenimiento, penalidades). Esta institución podría expedirse y administrarse mediante una pequeña junta rotativa o un comité de logística.
- **Capacitación para uso y mantenimiento:** los beneficiarios aptos o con trabajo para ello recibirían la capacitación para un uso correcto con mantenimiento preventivo, que asegure así la funcionalidad de la herramienta en el tiempo.

**Resultado esperado:** disminución de las barreras de entrada económicas para la innovación, mayor equidad para el uso de tecnología básica, aumentos en la eficiencia de la operación y cohesión social.

#### ***4.3.2.4 Estrategia 4: Creación de una Mesa Técnica Comunitaria para la Gobernanza del Sistema***

Innovar no se puede sólo con un gran marco de estructura organizativa que articule voluntades, gestione recursos, represente intereses colectivos. Esta misma estrategia que proponemos para gestionar de la biomasa excedente es la creación de una “Mesa Técnica Comunitaria”, como órgano de la gobernanza del contexto local para los temas relacionados con la biomasa residual entre otros.

##### **Elementos clave:**

- **Representación equitativa:** los productores y núcleos prediales seleccionarán delegados. Pueden invitar también representantes institucionales: de UMATAS, autoridades locales, universidades u ONGs.
- **Funciones de la mesa:**
  - Coordinar el funcionamiento de las otras 3 estrategias que proponemos.
  - Gestionar recursos frente a entidades externas y gestionar los proyectos con las mismas.
  - Definir prioridades de implementación y la cronología de las mismas.
  - Hacer un seguimiento técnico y social de la ejecución de las acciones.
  - Armonizar que las decisiones se tomen en forma participativa.
- **Capacitación en liderazgo y gestión comunitaria:** formación en temas como liderazgo participativo, gestión de los recursos comunes, resolución de conflictos, formulación de proyectos comunitarios.
- **Visibilidad territorial:** la mesa puede emitir cédulas, informes de avances y propuestas públicas para dar visibilidad al trabajo que hacen y para asegurar que su trabajo sea reconocido por otros actores del territorio y respaldado por ellos.

**Resultado esperado:** creación de un ecosistema local de la innovación; sostenibilidad organizativa; mayor capacidad de negociación y proyectar esta estrategia de gestión a otros lugares.

**Tabla 6***Plan de Implementación por Fases*

<b>Fase</b>	<b>Duración estimada</b>	<b>Acciones clave</b>	<b>Responsables sugeridos</b>	<b>Objetivos de la fase</b>
<b>Fase 1: Activación y Capacitación</b>	3 a 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagnóstico participativo de residuos y prácticas actuales.</li> <li>- Formación básica en compostaje, manejo de residuos orgánicos y bioinsumos.</li> <li>- Adecuación de zonas comunitarias de compostaje.</li> <li>- Conformación inicial de la red de saberes agroecológicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Productores organizados.</li> <li>- UMATA.</li> <li>- Técnicos agropecuarios locales.</li> <li>- Facilitadores comunitarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generar capacidades básicas en compostaje y manejo de residuos.</li> <li>- Establecer infraestructuras piloto funcionales.</li> <li>- Activar dinámicas de intercambio de conocimientos.</li> </ul>
<b>Fase 2: Consolidación y Equipamiento</b>	6 a 12 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementación del banco comunitario de herramientas.</li> <li>- Cofinanciación y adquisición compartida de equipos básicos (trituradoras, tamices, etc.).</li> <li>- Sistematización de prácticas exitosas.</li> <li>- Seguimiento técnico al uso de abonos en campo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comité logístico comunitario.</li> <li>- Organizaciones de base.</li> <li>- Entidades cooperantes (alcaldía, ONGs, universidades).</li> <li>- Red de productores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejorar la capacidad operativa para transformar residuos.</li> <li>- Consolidar procesos sostenibles y replicables.</li> <li>- Incentivar la confianza y cohesión entre productores.</li> </ul>
<b>Fase 3: Gobernanza y Escalamiento Territorial</b>	A partir de los 12 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Creación y legalización de la Mesa Técnica Comunitaria.</li> <li>- Definición de estatutos, roles y plan de acción anual.</li> <li>- Búsqueda de aliados y formulación de proyectos conjuntos.</li> <li>- Inclusión de nuevas veredas o actores rurales.</li> <li>- Socialización de avances y logros a nivel municipal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Delegados de productores.</li> <li>- Representantes institucionales (Secretaría de Agricultura, UMATA, SENA).</li> <li>- Universidades rurales.</li> <li>- Mesa Técnica Comunitaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Institucionalizar el sistema local de innovación.</li> <li>- Fortalecer la incidencia territorial.</li> <li>- Garantizar sostenibilidad y expansión del modelo.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia

## 5 CONCLUSIONES

El objetivo del trabajo fue determinar y representar los sistemas agroforestales del Carmen de Chucurí, los cuales presentan la presencia del abarco (*Cariniana pyriformis*) y del cacao (*Theobroma cacao*); estos sistemas producen significativas cantidades de biomasa residual (hojas, ramas y cáscaras de cacao) pero carecen de estrategias de aprovechamiento para ello. El sistema que integra árboles nativos y cultivos comerciales permite un balance entre productividad y sostenibilidad, aunque puede perfeccionarse el manejo de residuos a través de una mayor articulación técnica.

La productividad se cuantificó en un rendimiento de 25 toneladas/año de biomasa, que representa un potencial energético de 417.5 GJ/ha/año, suficiente para compostaje, generación de calor o producción de pellets; la falta de tecnologías o procesos de valorización limitan el uso de dichos residuos, lo que representa una pérdida de recursos energéticos, económicos y costumbres. La comparación con otros sistemas agroforestales muestra que esta biomasa, con ciertas intervenciones técnicas, podría ser una fuente básica para la autosuficiencia energética rural.

A través de encuestas y talleres participativos, se pudo determinar que los productores locales están bastante conscientes del valor de la biomasa; sin embargo, tienen las siguientes limitaciones: tecnología, el financiamiento y el conocimiento técnico pertinente; por ello las estrategias planteadas a su vez (las redes de intercambio de saberes, las escuelas de compostaje comunitario o la cosecha conjunta) servirían como mecanismos para poder ir conectando a los actores públicos, privados y comunitarios en un modelo de innovación territorial que no solo podría mejorar el manejo de residuos sino mantener y reforzar la gobernanza local de los sistemas agroforestales. \

Este estudio pudo dar cuenta de que los sistemas agroforestales de El Carmen de Chucurí (Santander) constituyen una importante fuente de biomasa residual con una producción de 25 toneladas por hectárea al año y con potencial energético de 417.5 GJ/ha/año, pero se ve subutilizada como consecuencia de las limitaciones tecnológicas, del escaso conocimiento especializado y de la poca articulación que mantienen entre sí los actores del territorio.

La investigación refrendó que la explotación sostenible de esta biomasa puede llegar a ser un motor de desarrollo territorial proporcionado que puede ofrecer beneficios ambientales (ej. disminución de emisiones, mejora del suelo/productividad del suelo), económicos (ej. ahorro de insumos, nuevos ingresos), sociales (ej. potenciación del tejido social). Las estrategias que se han asumido desde el enfoque de los STI (ej. proyectos demostrativos, formaciones, gobernanza participativa) pueden ser el marco por donde se pueda llegar a convertir estos residuos en oportunidades de desarrollo.

## 6 RECOMENDACIONES

Es conveniente comenzar a realizar proyectos demostrativos que cubran la totalidad del ciclo de la biomasa residual, comenzando por la recolección, pasando por la transformación, y obteniendo su aplicación final. Estos pilotos deben incorporar tecnologías debido a las realidades locales, como biodigestores modulares de escala pequeña, hornos eficientes para secado agrícola y equipos, o máquinas de pelletización a escala comunitaria. Es necesario también crear modelos de negocio donde se demuestre la viabilidad económica de estos procesos, dando lugar a estudios detallados de costes-beneficios, así como la exploración de mercados potenciales para los subproductos que se podrían obtener (compost, energía térmica o biocombustibles).

Es necesario diseñar e implementar un programa de educación continua que articule los saberes tradicionales de los productores y que contemple también técnicas innovadoras para el manejo de la biomasa. El programa debería desarrollarse a través de las denominadas "escuelas de campo", donde los agricultores de mayor experiencia intercambien sus saberes e incorporen elementos que les permitan conocer métodos de tratamiento; externos a la realidad de cada zona; de los residuos. Los contenidos formativos deberían contemplar módulos específicos de técnicas de compostaje adaptadas al clima tropical; de mantenimiento básico para las tecnologías de transformación (biodigestores, gasificadores), así como de comercialización de subproductos.

Para institucionalizar el uso sostenible de la biomasa residual, se propone la creación de un Comité de Bioeconomía Municipal con representación equilibrada de todos los actores principales: productores agrícolas (hombres, mujeres y jóvenes de la tierra), autoridades ambientales, especialistas académicos y empresarios locales. Este Comité tendría como funciones más relevantes priorizar proyectos de inversión en bioenergía a partir de diagnósticos territoriales, manejar recursos de regalías y cooperación internacional para infraestructura comunitaria, articular la estrategia sobre biomasa con otros planes de desarrollo local.

## REFERENCIAS

- ACOLGEN - Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica. (2023). *Capacidad instalada en Colombia*. Obtenido de <https://acolgen.org.co/wp/>
- Altieri, M. (2017). *Agroecología Bases científicas para una agricultura sustentable*. Obtenido de [https://www.icia.es/icia/download/Agroecología/Material/Agricultura\\_sustentable.pdf](https://www.icia.es/icia/download/Agroecología/Material/Agricultura_sustentable.pdf)
- APPA Biomasa. (2022). *¿Qué es la biomasa?* Obtenido de <https://www.appa.es/appa-biomasa/que-es-la-biomasa/>
- Asheim, B., & Gertler, M. (2005). *The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Barba, C., Rojas, L., & Ardila, A. (2024). *Generación de biogás de desechos de la agroindustria*. Bogotá D.C.: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Cadena Ser. (2024). *La Red de Calor sigue su expansión en la ciudad y suma 35 viviendas de la calle Pedro de la Rúa*. Obtenido de [https://cadenaser.com/castillayleon/2025/04/11/la-red-de-calor-sigue-su-expansion-en-la-ciudad-y-suma-35-viviendas-de-la-calle-pedro-de-la-rua-ser-soria/?utm\\_source=chatgpt.com](https://cadenaser.com/castillayleon/2025/04/11/la-red-de-calor-sigue-su-expansion-en-la-ciudad-y-suma-35-viviendas-de-la-calle-pedro-de-la-rua-ser-soria/?utm_source=chatgpt.com)
- Casanova, F., & Ramírez, L. (2016). *Servicios ambientales de los sistemas agroforestales tropicales*. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-40182016000300269&script=sci\\_arttext&tIng=es](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-40182016000300269&script=sci_arttext&tIng=es)
- Demirbas, A. (2011). Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. *Energy Conversion and Management*, 52(1) <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.09.025>, 1280-1287.
- Foro Económico Mundial. (2024). *Convertir los residuos de biomasa en combustible podría ayudar a restablecer el balance de carbono*. Obtenido de <https://es.weforum.org/stories/2024/01/como-convertir-los-residuos-de-biomasa-en-combustible-puede-ayudar-a-restablecer-el-equilibrio-de-carbono/>
- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. San Francisco: Pinter Publishers.
- Future Society. (2023). *Aprovechar el poder de la biomasa: Convertir los residuos en energía*. Obtenido de [https://www.tomorrow.bio/es/post/aprovechar-el-poder-de-la-biomasa-convertir-los-residuos-en-energia?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.tomorrow.bio/es/post/aprovechar-el-poder-de-la-biomasa-convertir-los-residuos-en-energia?utm_source=chatgpt.com)
- Gallego, L., & Navarrete, B. (2019). *Residuos agrícolas de invernadero como biocombustible para la industria. Almería, fuente de energía*. Obtenido de [https://www.retema.es/articulos-reportajes/residuos-agricolas-de-invernadero-como-biocombustible-para-la-industria?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.retema.es/articulos-reportajes/residuos-agricolas-de-invernadero-como-biocombustible-para-la-industria?utm_source=chatgpt.com)
- García, A. (2024). *Sin ordenamiento territorial no hay desarrollo posible*. Obtenido de <https://econometria.com.co/sin-ordenamiento-territorial-no-hay-desarrollo-posible/>
- García, V. (2019). *Biomasa: ¿qué es? Tipos y Ventajas*. Obtenido de <https://www.garciavarona.com/biomasa-que-es-tipos-y-ventajas/>

- Gobernación de Santander. (2024). *Plan Departamental de Extensión Agropecuaria de Santander – PDEA 2024-2027*. Santander. Obtenido de [https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2024/08/01\\_PDEA\\_Santander\\_2024.pdf](https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2024/08/01_PDEA_Santander_2024.pdf)
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Obtenido de <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodologia%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Hernández, S. (2019). *El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje*. Obtenido de <https://educra.cl/el-modelo-constructivista-con-las-nuevas-tecnologias-aplicado-en-el-proceso-de-aprendizaje/>
- Lundvall, B. Å. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Cambridge: Pinter Publishers.
- Magro, S., & Muñoz, M. (2021). *Aprovechamiento de la biomasa residual: análisis de potencial y aplicaciones sustentables*. Obtenido de [https://redciudadesclima.es/sites/default/files/2020-06/Aprovechamiento\\_biomasa\\_def.pdf](https://redciudadesclima.es/sites/default/files/2020-06/Aprovechamiento_biomasa_def.pdf)
- Manos Verdes. (2019). *Biomasa en Colombia: oportunidad para generar energía sostenible*. Obtenido de <https://www.manosverdes.co/biomasa-en-colombia-para-energia-sostenible/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Colombia inicia acciones para la gestión sostenible de la biomasa residual*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/colombia-inicia-acciones-para-la-gestion-sostenible-de-la-biomasa-residual/>
- Ministerio de Minas y Energía. (2020). *Plan Energético Nacional 2020-2050: Una hoja de ruta hacia la diversificación de la matriz energética*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Minas y Energía.
- Ministerio de Minas y Energía. (2021). *Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia*. Obtenido de <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00104.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía. (2021). *Fuentes No Convencionales de Energía Renovable - FNCER*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/fuentes-no-convencionales-de-energia-renovable-fncer/>
- Ministerio de Minas y Energía. (2023). *Potencial energético subnacional y oportunidades de descarbonización en usos de energía final*. Obtenido de [https://www.minenergia.gov.co/documents/10443/4.\\_Potencial\\_energético\\_subnacional\\_y\\_oportunidades\\_de\\_descarbonización\\_en\\_uso\\_zIqm9dM.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/10443/4._Potencial_energético_subnacional_y_oportunidades_de_descarbonización_en_uso_zIqm9dM.pdf)
- Organización Internacional del Trabajo. (2021). *La bioeconomía y los empleos verdes en Colombia., 2021*. Obtenido de [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-lima/documents/publication/wcms\\_836296.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-lima/documents/publication/wcms_836296.pdf)
- Quintero, J. A., & Cardona, C. A. (2013). *Biomass for energy in the context of sustainable development*. *Renewable Energy*, 56, 1-5. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.10.037>

- Ramesh, P., Selvan, V., & Babu, D. (2022). *Selection of sustainable lignocellulose biomass for second generation bioethanol production for automobile vehicles using lifecycle indicators through fuzzy hybrid PyMCDM approach*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124240>
- REN21. (2021). *Renewables 2021 Global Status Report*. REN21 Secretariat. Obtenido de <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- REPSOL. (2024). *¿Qué es la bioenergía? Cómo se obtiene y para qué sirve*. Obtenido de <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/movilidad-sostenible/bioenergia/index.cshhtml>
- Rincón, J., & Silva, E. (2014). *Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad*. Obtenido de <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/ebp01.pdf>
- Rivera, A., Toro, C. R., & Londoño, L. (2023). *Bioprocessing of pineapple waste biomass for sustainable production of bioactive compounds with high antioxidant activity*. Obtenido de [https://doi.org/10.1007/S11694\\_022\\_01627\\_4](https://doi.org/10.1007/S11694_022_01627_4)
- Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of Innovations*. London: Free Press.
- Rondano, J., & Yaruro, J. (2023). *Zonificación agroecológica para el establecimiento de sistemas agroforestales: cacao (Theobroma Cacao L.) Aplicando sistemas de información geográfica SIG en el municipio de Carmen de Chucuri (Santander)*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/59186/1/jarondanog.pdf>
- Sánchez, S. (2020). *Cuantificación de Carbono en la Biomasa Aérea de Dos Sistemas Agroforestales (SAFS) en las Provincias de San Ignacio y Jaén - Cajamarca*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/390730904\\_Cuantificacion\\_de\\_Carbono\\_en\\_la\\_Biomasa\\_Aerea\\_de\\_Dos\\_Sistemas\\_Agroforestales\\_SAFS\\_en\\_las\\_Provincias\\_de\\_San\\_Ignacio\\_y\\_Jaen\\_-\\_Cajamarca](https://www.researchgate.net/publication/390730904_Cuantificacion_de_Carbono_en_la_Biomasa_Aerea_de_Dos_Sistemas_Agroforestales_SAFS_en_las_Provincias_de_San_Ignacio_y_Jaen_-_Cajamarca)
- Singh, J., & Gu, S. (2010). Biomass conversion to energy in India: A critique. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(5) <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.11.003>, 1367-1378.
- Sovacool, B. (2016). Transitions and Transformations in Energy Systems: The Dynamics of Energy Demand and Supply, Societal and Technological Change, and Institutional Developments. *Energy Research & Social Science*, 22, 1-11.
- Tamayo, A., & Buitrago, J. (2017). *Resultado previo de biodigestor instrumentado para la generación de gas metano generado por la biodegradación de los residuos de la producción de Musáceas en el Departamento del Quindío, para la proyección de energía eléctrica por Biomasa*. Obtenido de <https://app.eam.edu.co/ojs/index.php/ingeam/article/view/63/203>
- UPME - Unidad de Planeación Minero-Energética. (2016). *Anexo A. Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia*. Obtenido de [https://www1.upme.gov.co/siame/Documents/Atlas-Biomasa/Anexo\\_A\\_Biomasa\\_fuente\\_renovable\\_energia.pdf](https://www1.upme.gov.co/siame/Documents/Atlas-Biomasa/Anexo_A_Biomasa_fuente_renovable_energia.pdf)
- Wang, K., & Otros, y. (2023). Effects of various pretreatments on fast pyrolysis of biomass to bio-oil: a case study of levoglucosan. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 177 - 300.

## ANEXOS

## Anexo A. Consentimiento informado



**CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN LAS ENCUESTAS A PROFUNDIDAD  
CORRESPONDIENTES AL PROYECTO "EVALUACIÓN DE SISTEMAS AGROFORESTALES PARA LA  
GENERACIÓN DE BIOMASA RESIDUAL EN EL MUNICIPIO DEL CARMEN DE CHUCURÍ-  
SANTANDER"**

*El presente documento corresponde a un consentimiento informado, en el cual usted declara por escrito su libre voluntad de participar, luego de comprender en qué consiste la investigación "Evaluación de Sistemas Agroforestales para la generación de Biomasa Residual en el municipio del Carmen de Chucurí- Santander", adelantada por la sublínea de investigación Gestión de la innovación para el desarrollo sostenible y la consolidación empresarial de la Maestría en Gerencia de la Innovación en Proyectos de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Le solicitamos colaborar de la manera más honesta y completa posible.*

**Objetivo de la Investigación:** Evaluar la generación de biomasa residual de los sistemas agroforestales en el municipio del Carmen de Chucurí- Santander.

**Justificación de la Investigación:** la imperante búsqueda de nuevas fuentes energéticas en el planeta en el marco del cambio climático, es una situación que evidencia la necesidad de transitar hacia fuentes de energía limpias que permitan preservar los recursos naturales y garantizar un equilibrio ambiental en el planeta, por lo anterior en los últimos años se ha venido explorando la biomasa vegetal como fuente de energía renovable fundamentada en el uso de la materia orgánica de origen biológico.

En ese contexto se estima que la economía colombiana produce anualmente cerca de 178 millones de toneladas de biomasa proveniente de cultivos agrícolas (41%), actividades pecuarias (59%), y sector residencial (<1%). Todo esto ha forzado a que los diferentes agentes de mercados deban estar más atentos ante cualquier cambio o nuevas posibilidades para asegurar un creciente suministro de energía limpia, confiable y competitiva y, a la vez, abrir nuevas oportunidades agroforestales y agropecuarias, estimulando el desarrollo regional y contribuir a mitigar el cambio climático (OIT, 2021), por tanto el aprovechamiento de la biomasa proveniente de sistemas agrícolas se convierte en un ventana de oportunidad para el desarrollo de los territorios rurales.

Colombia cuenta con abundantes recursos naturales, como el sol, el viento, el agua y la biomasa, que pueden ser utilizados de manera sostenible para generar energía eléctrica, térmica y biocombustibles. El gobierno ha implementado políticas y programas orientados a promover la inversión en energías renovables y la investigación en este campo. Un hito clave fue la Ley 1715 de 2014, que busca incentivar el desarrollo y la utilización de fuentes no convencionales de energía (FNCE), principalmente renovables. Esta ley promueve la integración de estas fuentes en el mercado



El aprovechamiento de la biomasa en Colombia tiene un alto potencial, particularmente debido a la biodiversidad del país, lo que permitiría proyectar una matriz energética más autosuficiente a largo plazo. La biomasa, derivada de residuos agrícolas, forestales, cultivos energéticos y pastos, presenta varias ventajas que la convierten en una opción atractiva para la generación de energía limpia (Nunes et al., 2020). Su versatilidad permite su uso en múltiples aplicaciones, desde grandes plantas de generación eléctrica hasta calefacción residencial. Además, a diferencia de fuentes renovables intermitentes como la solar o eólica, la biomasa puede proporcionar energía de base, generando electricidad de manera constante independientemente de las condiciones climáticas (Popp et al., 2021).

Una de las características más valiosas de la biomasa es su capacidad para aprovechar materiales orgánicos que de otro modo serían desechados, transformándolos en una fuente valiosa de energía. Este enfoque no solo reduce la dependencia de los combustibles fósiles, sino que también disminuye la cantidad de residuos que terminan en vertederos, ayudando a mitigar impactos ambientales como la contaminación del suelo y del agua (Tun et al., 2019).

El municipio de El Carmen de Chucurí, ubicado en el departamento de Santander, tiene condiciones agroclimáticas tropicales que favorecen el crecimiento de la vegetación, lo que genera un alto potencial de producción de biomasa a nivel ecosistémico (Gobernación de Santander, 2024). Evaluar los sistemas agroforestales existentes en la región en términos de producción de biomasa y eficiencia energética es clave para diseñar una estrategia colaborativa que se apoye en los Sistemas Territoriales de Innovación (STI). Este enfoque permitiría no solo impulsar el desarrollo económico de los productores agrícolas, sino también alinear al municipio con los objetivos globales de transición energética y sostenibilidad.

El aprovechamiento sostenible de la biomasa en zonas como El Carmen de Chucurí puede convertirse en una ventana de oportunidad para el desarrollo rural, permitiendo la diversificación de la matriz energética local, la reducción de la pobreza y la mejora de la calidad de vida en la región. Esto contribuiría a una mayor resiliencia frente a los impactos del cambio climático, promoviendo un modelo de desarrollo económico inclusivo y sustentable.

**Procedimiento:** se presenta a continuación:

### 1. Caracterización de los sistemas agroforestales

En la fase inicial de la investigación, se realizará una caracterización de los sistemas agroforestales establecidos en las unidades de producción seleccionadas es decir los dos sistemas agroforestales, con el fin de identificar las especies cultivadas y las prácticas relacionadas con la generación de biomasa residual. Esta caracterización se llevará a cabo mediante observación directa en el campo.



Se realizarán mediciones en las parcelas de 100 metros cuadrados para registrar los datos de las especies presentes y las prácticas agroforestales implementadas. Durante esta fase, la recolección de datos se centrará en la observación directa y el análisis de los sistemas agroforestales en los campos seleccionados. La información secundaria será recopilada a través de la revisión de estudios previos, artículos académicos y otros documentos relevantes que proporcionen contexto sobre los sistemas agroforestales y el manejo de biomasa residual.

### 2. Análisis de la eficiencia de la biomasa residual generada

Una vez caracterizados los sistemas agroforestales, se procederá a analizar la eficiencia en la generación de biomasa residual. Para ello, se realizarán mediciones mensuales en las parcelas seleccionadas, evaluando las cantidades y tipos de residuos producidos, como ramas, hojas y restos de cultivos, entre otros. Este análisis de eficiencia se llevará a cabo a nivel de sistema agroforestal, incorporando la evaluación de las variedades específicas de *Theobroma cacao* presentes en el área de estudio, como (TCS01, TCS19 y TCS41). Estas variedades, plantadas en los sistemas agroforestales seleccionados, presentan características fisiológicas diferenciadas, lo que permitirá evaluar su contribución específica con la generación de biomasa residual en el contexto de las condiciones agroclimáticas locales, además de establecer patrones en la eficiencia de producción de biomasa residual por sistema agroforestal evaluado. Adicional como parte del proceso de caracterización de la biomasa se realizarán pruebas de poder calorífico, un parámetro esencial para el desarrollo y diseño de estrategias energéticas con los residuos obtenidos a partir de los sistemas agroforestales, el análisis de poder calorífico será realizado por un laboratorio especializado en biomasa.

### 3. Identificación de estrategias de colaboración bajo el enfoque de STI.

En la fase final del diseño metodológico, se centrará en el desarrollo de estrategias colaborativas bajo el enfoque de Sistemas Territoriales de Innovación (STI). La población objetivo para esta fase incluirá a la totalidad de los habitantes y trabajadores de las cuatro fincas identificadas en la vereda El 27, que cuentan con sistemas agroforestales basados en *Cariniana pyriformis* y cacao (*Theobroma cacao*). Este enfoque garantiza la inclusión de las perspectivas de todos los actores directamente vinculados a las unidades productivas seleccionadas.

Para ello, se llevarán a cabo talleres participativos con los productores, trabajadores, y otros actores clave del territorio, como autoridades locales y expertos en biomasa, con el fin de identificar barreras, oportunidades y áreas de mejora en el aprovechamiento de la biomasa residual. Las encuestas se aplicarán durante esta fase para recoger las opiniones, percepciones y sugerencias de los participantes respecto a las estrategias de colaboración propuestas.

Estas encuestas estarán diseñadas para evaluar la viabilidad de las estrategias de innovación y las oportunidades de colaboración entre los distintos actores del territorio, con un enfoque especial en las dinámicas locales, las capacidades técnicas y las necesidades específicas de los involucrados. De



esta manera, se busca asegurar que las propuestas desarrolladas sean efectivas, sostenibles y adaptadas a las condiciones de la población y el contexto local.

#### 4. Procesamiento y análisis de los datos.

Los datos recolectados serán procesados y organizados para su análisis. El procesamiento de la información incluirá la codificación y clasificación de los datos obtenidos durante las mediciones de campo y los talleres participativos. El análisis de los datos se realizará utilizando herramientas estadísticas para los datos cuantitativos (como las mediciones de biomasa residual muestreo y análisis de laboratorio) y técnicas de análisis cualitativo para las respuestas obtenidas en los talleres y encuestas. Los resultados de este análisis servirán para desarrollar las estrategias colaborativas basadas en el enfoque de STI, con el objetivo de fomentar la innovación y el desarrollo sostenible en el aprovechamiento de biomasa residual en los sistemas agroforestales objeto de estudio.

**Beneficios:** la participación en este proyecto de investigación ofrece varios beneficios potenciales, tanto para los participantes como para la comunidad en general. En primer lugar, el estudio contribuirá a generar conocimiento sobre el potencial de los sistemas agroforestales en la producción de biomasa residual, lo que permitirá identificar oportunidades para su aprovechamiento sostenible. Esto podría traducirse en nuevas fuentes de ingresos para los productores locales, a través de la valorización de residuos agrícolas y forestales.

Además, los resultados de esta investigación podrían ser utilizados para diseñar estrategias que promuevan la innovación y el desarrollo territorial sostenible en El Carmen de Chucurí, fomentando la creación de empleos directos e indirectos en el sector de energías renovables. A nivel comunitario, el proyecto busca fortalecer la soberanía energética y reducir la dependencia de combustibles fósiles, contribuyendo a la mitigación del cambio climático y al mejoramiento de la calidad de vida en la región.

Por último, los participantes tendrán acceso a información valiosa sobre prácticas agroforestales sostenibles y técnicas para el manejo eficiente de biomasa, lo que podría mejorar la productividad de sus sistemas y promover un uso más responsable de los recursos naturales.

**Factores y riesgos:** si bien este proyecto no implica riesgos físicos o psicológicos directos para los participantes, es importante considerar algunos factores y riesgos potenciales asociados con la investigación. En primer lugar, la participación en el estudio requerirá tiempo y disposición para responder encuestas y participar en talleres, lo que podría representar una carga adicional para los productores y trabajadores.

Además, existe el riesgo de que la información proporcionada por los participantes sea malinterpretada o utilizada de manera inadecuada. Sin embargo, se garantiza que todos los datos recopilados serán tratados con confidencialidad y solo se utilizarán con fines académicos y de investigación.



Otro factor a considerar es que los resultados del proyecto podrían no generar impactos inmediatos o tangibles para los participantes, ya que su implementación dependerá de la adopción de políticas públicas y la disponibilidad de recursos técnicos y financieros. No obstante, se espera que los hallazgos sirvan como base para futuras iniciativas que beneficien a la comunidad.

Finalmente, aunque el proyecto busca minimizar cualquier impacto negativo, existe la posibilidad de que las recomendaciones propuestas no se ajusten completamente a las necesidades o expectativas de todos los participantes. Por ello, se fomentará un enfoque participativo y colaborativo para asegurar que las soluciones sean inclusivas y adaptadas al contexto local.

**Garantía de respuesta a inquietudes:** Los participantes recibirán respuesta a cualquier pregunta que les surja acerca de la investigación.

**Garantía de libertad:** La participación en el estudio es libre y voluntaria. Los participantes podrán retirarse de la investigación en el momento que lo deseen, sin ningún tipo de consecuencia.

**Garantía de información:** Los participantes recibirán toda información significativa que se vaya obteniendo durante el estudio.

**Confidencialidad:** Los nombres de las personas y toda información que sea proporcionada, serán tratados de manera privada y con estricta confidencialidad, estos se consolidarán en una base de datos como parte del trabajo investigativo, y respetando la normativa vigente de las Leyes de Habeas Data y de Protección de Datos Personales. Solo se divulgará la información global de la investigación, en un informe en el cual se omitirán los nombres propios de las personas de las cuales se obtenga información.

En caso de ser necesario, usted podrá contactar a:

Nombre:	Teléfono:	Email:
Julián Andrés Gaviria Carvajal	311 2924784	julian.gaviria@uniminuto.edu.co

Certifico que he leído la anterior información, que entiendo su contenido y que estoy de acuerdo en participar de manera libre y voluntaria en la investigación.

Se firma en la ciudad de Bogotá a los 20 días, del mes febrero del año 2025



**UNIMINUTO**  
Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Educación de calidad al alcance de todos  
Vigilada MinEduación



\_\_\_\_\_  
Nombre de la Informada  
Cédula:

\_\_\_\_\_  
Firma de la Informada

\_\_\_\_\_  
Nombre del Informante  
Cédula:

\_\_\_\_\_  
Firma del Informante

\_\_\_\_\_  
Nombre del testigo  
Cédula:

\_\_\_\_\_  
Firma del testigo

*(El campo del testigo solo se llenará en campos excepcionales, por ejemplo, en caso de no comprenderse el idioma castellano, se pertenezca a alguna comunidad en particular y/o se tenga alguna limitación auditiva o escritural)*

Línea de Atención al Usuario: 593 30 04 • Línea Nacional: 01 8000 936670

[www.uniminuto.edu](http://www.uniminuto.edu)

**Anexo B. Validación por expertos****Ing. Mg. Gildardo Efraín Palencia Calderón****Perfil Profesional**

Ingeniero Agrónomo egresado de la UNIPAZ y Magíster en Administración (MBA) de la Universidad Santo Tomas. Tiene experiencia profesional como líder, formulador y ejecutor de proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación relacionados con el sector agrícola; especialmente en el cacao colombiano, con más de 35 años de experiencia en el cultivo. Integró por más de 7 años el Consejo Nacional Cacaotero colombiano. Ha sido galardonado por diferentes actores por su excelente trabajo en favor del campo colombiano. Consultor y experto en agronomía, sistemas agroforestales y la genética del cacao. Ha publicado más de 70 artículos científicos y técnicos revisados por pares sobre temas de cacao y otros, así como "autor principal" de la creación y lanzamiento de las 4 variedades nacionales de cultivo de cacao industrial fino y aromático de Colombia (Theobroma Corpoica La Suiza) **TCS-01** con Registro ICA 1553 y **TCS-06** con Registro ICA 1552 de mayo de 2014; **TCS-13** con Registro ICA 8328 y **TCS-19** con Registro ICA 8330 de julio de 2017. Durante su carrera fue Director del C.I. La Suiza de Corpoica (Ahora Agrosavia) por más de 8 años, la cual tenía su influencia en los dos Santanderes (Nororiente de Colombia). Bajo su dirección y experiencia, el C.I. La Suiza logró el reconocimiento a nivel internacional como el centro más importante de cacao en el país, expandió el banco de gemoplasma nacional para incluir la mayor parte de la diversidad de las especies que incluían y conservaban no solo materiales introducidos sino también materiales regionales mejorados. Además de ser el autor de la puesta en marcha del mejoramiento de la cacaoicultura colombiana, ha sido fundamental en el desarrollo de varias tecnologías nuevas, así como en metodologías de cultivo y sustentabilidad que actualmente están transformando la Industria del Cacao en Colombia. Ha contribuido a formar y fortalecer más de 50 asociaciones de productores en Colombia y se ha desempeñado como asesor técnico de todos los grupos nacionales de productores de cacao y ha trasferido tecnología a más de 10.000 cultivadores y técnicos de cacao, entre otros. Igualmente, autor de los Diseños Productivos Climáticamente Inteligentes basados en árboles como: Sistemas Agroforestales con Maderas Finas Tropicales con diversos Frutales y Cacaos Especiales, a los cuales actualmente se les denomina "Bosques Sostenibles" , y Sistemas Silvopastoriles con Maderas Finas Tropicales, Arbustos Forrajeros y Pastos mejorados, denominados "Praderas de Felicidad" .

**Validación de Contenido por Juicio de Expertos. Instrumentos CUALITATIVOS***Reyes y Hernández-Moncada, 2021*

Respetable juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento de investigación que forma parte de la investigación denominada: Evaluación de Sistemas Agroforestales para la generación de Biomasa Residual en el municipio del Carmen de Chucurí- Santander

La evaluación de los instrumentos cualitativos de investigación por parte del Juicio de Expertos es de gran relevancia para lograr la validación y fiabilidad de los resultados obtenidos, para tal fin se propone su revisión utilizando cinco criterios básicos para evaluar cada una de las interrogantes, estos son: suficiencia, claridad, coherencia, importancia y pertinencia, a efecto de asegurar el cumplimiento del propósito formulado. Agradecemos de antemano su valiosa colaboración.

**Información sobre el Juez:**

Nombre y Apellidos del Juez: Fernando Corredor Barrios

Formación Académica: Ingeniero forestal Especialista en Gestión Ambiental

Áreas de Experiencia Profesional: Instructor y docencia universitaria

Función Actual: \_\_\_\_\_

Institución Académica: \_\_\_\_\_

**Información sobre la Investigación:**

Propósito de la Investigación: Evaluar la generación de biomasa residual de los sistemas agroforestales en el municipio del Carmen de Chucurí- Santander.

**Información sobre el Instrumento:**

Se entregó con anticipación el Mapa Conceptual "*a-priori*" (Si) (No)

Instrumento de Recolección de Información: Guía de Entrevista

Técnica de Interrogación Empleada: Preguntas Semi-Estructuradas

Finalidad de la Evaluación: Evaluar la generación de biomasa residual en sistemas agroforestales en el municipio de El Carmen de Chucurí, Santander, para proponer estrategias de aprovechamiento sostenible bajo el enfoque de Sistemas Territoriales de Innovación (STI).

**Lugar y Fecha de la Evaluación del Instrumento:**

\_\_\_\_\_

### Criterios de Evaluación del Instrumento

De acuerdo con los siguientes indicadores evalúe cada uno de los ítems propuestos según corresponda.

CRITERIO	CALIFICACIÓN	INDICADOR
<b>SUFICIENCIA</b> Los ítems que pertenecen a una misma dimensión bastan para obtener la medición de ésta.	1. No cumple con el criterio 2. Bajo Nivel 3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	+ Los ítems no son suficientes para medir la dimensión + Los ítems miden algún aspecto de la dimensión, pero no corresponden con la dimensión total + Se deben incrementar algunos ítems para poder evaluar la dimensión completamente. + Los ítems son suficientes
<b>CLARIDAD</b> El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintaxis y semántica son adecuadas.	1. No cumple con el criterio 2. Bajo Nivel 3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	+ El ítem no es claro + El ítem requiere bastantes modificaciones o una revisión muy grande en el uso de las palabras, su redacción o complemento en la escritura + Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem + El ítem es claro, tiene la semántica y sintaxis adecuada
<b>COHERENCIA</b> El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. No cumple con el criterio 2. Bajo Nivel 3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	+ El ítem no tiene relación lógica con la dimensión + El ítem tiene una relación tangencial con la dimensión. + El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que está midiendo. + El ítem se encuentra completamente relacionado con la dimensión que está midiendo.
<b>IMPORTANCIA</b> El ítem es esencial, significa que si contribuye a entender bien el objeto de estudio	1. No cumple con el criterio 2. Bajo Nivel 3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	+ El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la comprensión de la dimensión + El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que éste evalúa. + El ítem es relativamente importante + El ítem es muy relevante y debe ser incluido
<b>PERTINENCIA</b> El ítem es relevante por su estrecha relación con el propósito establecido	1. No cumple con el criterio 2. Bajo Nivel 3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	+ El ítem puede ser eliminado sin que afecte el análisis o el cumplimiento de propósito del estudio + El ítem tiene alguna pertinencia, sin embargo, refleja de manera muy vaga su pertinencia con el propósito citado. + El ítem es relativamente pertinente en sus implicaciones + El ítem es altamente pertinente y debe ser incluido

**NOTA 1.** Se estima que, al revisar las respuestas de los entrevistados, van a emerger más factores por estudiar, pudiendo catalogarse como Dimensiones, Categorías y Subcategorías. De acuerdo con la experiencia totalmente empírica de los autores al respecto, es posible afirmar que, en un análisis de buen nivel de profundidad, podrán aparecer aproximadamente 80 factores bajo estudio, mismos que, desagregados pueden alcanzar un promedio de 4 a 8 Dimensiones, con 10 o 20 Categorías y quizá, de 30 a 60 subcategorías de análisis. A fin de utilizar un software para el análisis de las respuestas recibidas, se recomienda ATLAS-TI. Con todos los datos generados en el proceso investigativo, finalmente se construirá el Mapa Conceptual "a-posteriori"

## Plantilla de Validación del Instrumento Encuesta para Productores y Actores Locales

DIMENSIÓN	CATEGORÍAS	ÍTEMS (Preguntas)	SUFICIENCIA	CLARIDAD	COHERENCIA	IMPORTANCIA	PERTINENCIA	OBSERVACIONES
Datos demográficos	Información general	Nombre:	4	4	4	3	4	Pregunta clara, pero la importancia es moderada ya que no es central al estudio.
	Rol en el territorio	Rol en el territorio (productor, autoridad local, experto técnico, etc.):	4	4	4	4	4	Esencial para contextualizar al participante.
	Experiencia	Años de experiencia en el rol:	4	4	4	3	4	Relevante, pero no crítica para el análisis.
Percepción local	Conocimiento	¿Conoce el concepto de biomasa residual? (Sí/No)	4	4	4	4	4	Esencial para evaluar el conocimiento local.
	Beneficios	¿Qué beneficios considera que tiene el aprovechamiento de biomasa residual?	4	4	4	4	4	Relevante para entender las perspectivas locales.
	Barreras	¿Qué barreras ha identificado en el manejo de biomasa residual?	4	4	4	4	4	Importante para identificar desafíos en el aprovechamiento.
Colaboración	Trabajo en red	¿Considera importante trabajar de manera colaborativa para mejorar el aprovechamiento de biomasa residual? (Sí/No)	4	4	4	4	4	Pertinente para el enfoque de STI.
	Tipo de colaboración	¿Qué tipo de colaboración sería más efectiva en su opinión?	4	4	4	4	4	Importante para diseñar estrategias colaborativas.
Estrategias	Recomendaciones	¿Qué estrategias o acciones específicas recomienda implementar?	4	4	4	4	4	Relevante para proponer soluciones adaptadas al contexto local.
	Desafíos	¿Qué desafíos anticipa en el desarrollo de un sistema colaborativo para la gestión de biomasa residual?	4	4	4	4	4	Esencial para identificar posibles obstáculos.

¿En su opinión, considera que existirá alguna otra dimensión o categoría que forma parte del constructo teórico, misma que también debería ser evaluada?, ¿Cuál?

---

---

(\*) **NOTA 2:** Es muy importante registrar en la plantilla de evaluación todas las preguntas del instrumento, a fin de revisar si cada uno de los ítems cumple con los criterios establecidos-

**Opinión sobre su Aplicabilidad:** Aplicable (X)      Aplicable Después de Corregir ( )      No Aplicable ( )

Nombre y Firma del Juez

**Validación de Contenido por Juicio de Expertos. Instrumentos CUANTITATIVOS***Reyes y Hernández-Moncada, 2021*

Respetable juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento de investigación que forma parte de la investigación denominada: Evaluación de Sistemas Agroforestales para la generación de Biomasa Residual en el municipio del Carmen de Chucurí- Santander

La evaluación de los instrumentos cuantitativos de investigación por parte del Juicio de Expertos es de gran relevancia para lograr la validación de los resultados obtenidos, para tal fin se propone su revisión utilizando cinco criterios básicos para evaluar cada una de las interrogantes, estos son: suficiencia, claridad, coherencia, importancia y pertinencia, a efecto de asegurar el cumplimiento del objetivo propuesto. Agradecemos de antemano su valiosa colaboración.

**Información sobre el Juez:**

Nombre y Apellidos del Juez: Fernando Corredor Barrios

Formación Académica: Ingeniero forestal Especialista en Gestión Ambiental

Áreas de Experiencia Profesional: Instructor y docencia universitaria

Función Actual: \_\_\_\_\_

Institución Académica: \_\_\_\_\_

**Información sobre la Investigación:**

Objetivo de la Investigación: Evaluar la generación de biomasa residual de los sistemas agroforestales en el municipio del Carmen de Chucurí- Santander.

**Información sobre el Instrumento:**

Se entregó el Mapa Conceptual "a-priori" (Si) (No), así como el Mapa Conceptual "a-posteriori" (Si) (No)

Instrumento de Recolección de Información: Observación de campo y registro de mediciones

Técnica de Interrogación Empleada: Preguntas cerradas y abiertas

Finalidad de la Evaluación: Evaluar la generación de biomasa residual en sistemas agroforestales en el municipio de El Carmen de Chucurí, Santander, para proponer estrategias de aprovechamiento sostenible bajo el enfoque de Sistemas Territoriales de Innovación (STI).

**Lugar y Fecha de la Evaluación del Instrumento:**

\_\_\_\_\_

**Criterios de Evaluación de un Instrumento CUANTITATIVO**

Para realizar la evaluación de un instrumento de corte cuantitativo, se requiere abordar al menos tres etapas en orden secuenciado, estas son: la validación del contenido, la determinación de la validez y el cálculo de la confiabilidad, esto es:

- + VALIDACIÓN: Juicio de Expertos, a fin de asegurar la fiabilidad del instrumento.
- + VALIDEZ: Realizar el Análisis Factorial Exploratorio (AFE) y más adelante se puede emplear el Análisis Factorial Confirmatorio (AFC), o el Análisis de Varianza Explicada (AVE), Prueba de RHO, etc. según decida el investigador.
- + CONFIABILIDAD: Determinar al menos el Alpha de Cronbach para cada Dimensión y para el Instrumento en general.

De acuerdo con los siguientes indicadores evalúe cada uno de los ítems propuestos según corresponda.

CRITERIO	CALIFICACIÓN	INDICADOR
<b>SUFICIENCIA</b>	1. No cumple con el criterio 2. Bajo Nivel	+ Los ítems no son suficientes para medir la dimensión + Los ítems miden algún aspecto de la dimensión, pero no corresponden con la dimensión total
Los ítems que pertenecen a una misma dimensión bastan para obtener la medición de ésta.	3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	+ Se deben incrementar algunos ítems para poder evaluar la dimensión completamente. + Los ítems son suficientes
<b>CLARIDAD</b>	1. No cumple con el criterio 2. Bajo Nivel	+ El ítem no es claro + El ítem requiere bastantes modificaciones o una revisión muy grande en el uso de las palabras, su redacción o complemento en la escritura
El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintaxis y semántica son adecuadas.	3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	+ Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem + El ítem es claro, tiene la semántica y sintaxis adecuada
<b>COHERENCIA</b>	1. No cumple con el criterio 2. Bajo Nivel	+ El ítem no tiene relación lógica con la dimensión + El ítem tiene una relación tangencial con la dimensión.
El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	+ El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que está midiendo. + El ítem se encuentra completamente relacionado con la dimensión que está midiendo.
<b>IMPORTANCIA</b>	1. No cumple con el criterio	+ El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la comprensión de la dimensión
El ítem es esencial, significa que si contribuye a entender bien el objeto de estudio	2. Bajo Nivel 3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	+ El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que éste evalúa. + El ítem es relativamente importante + El ítem es muy relevante y debe ser incluido
<b>PERTINENCIA</b>	1. No cumple con el criterio	+ El ítem puede ser eliminado sin que afecte el análisis o el cumplimiento de propósito del estudio
El ítem es relevante por su estrecha relación con el propósito establecido	2. Bajo Nivel 3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	+ El ítem tiene alguna pertinencia, sin embargo, refleja de manera muy vaga su pertinencia con el propósito citado. + El ítem es relativamente pertinente en sus implicaciones + El ítem es altamente pertinente y debe ser incluido

**NOTA 1:** De acuerdo con la experiencia totalmente empírica de los autores al respecto, se estima que al formular al menos cuatro preguntas (ítems), por cada categoría bajo análisis, se estima que el valor de los Coeficientes del Alpha de Cronbach resulte con valores superiores a 0.8

## Plantilla de Validación del Instrumento de observación de campo

DIMENSIÓN	CATEGORÍAS	ÍTEMS (Preguntas)	SUFICIENCIA	CLARIDAD	COHERENCIA	IMPORTANCIA	PERTINENCIA	OBSERVACIONES
Caracterización	Identificación	Nombre de la finca:	4	4	4	4	4	Pregunta clara y esencial para identificar la finca.
	Localización	Localización (coordenadas GPS):	4	4	4	4	4	Relevante para ubicar geográficamente la finca.
	Especies vegetales	Nombre común de las especies cultivadas:	4	4	4	4	4	Importante para caracterizar las especies presentes.
		Nombre científico de las especies cultivadas:	4	4	4	4	4	Necesario para precisar las especies.
Función dentro del sistema agroforestal (sombra, control de plagas, etc.):		4	4	4	4	4	Relevante para entender las interacciones en el sistema.	
Biomasa residual	Tipo de biomasa	Tipo de biomasa residual identificada (hojas, ramas, raíces, etc.):	4	4	4	4	4	Esencial para cuantificar la biomasa generada.
	Estado de la biomasa	Estado de la biomasa (fresca, seca, en descomposición):	4	4	4	4	4	Importante para evaluar el potencial de aprovechamiento.
	Cantidad estimada	Cantidad estimada de biomasa residual generada (kg o m <sup>3</sup> ):	4	4	4	4	4	Relevante para cuantificar la biomasa.

## Plantilla de Validación del Instrumento Registro de Mediciones de Biomasa Residual

DIMENSIÓN	CATEGORÍAS	ÍTEMS (Preguntas)	SUFICIENCIA	CLARIDAD	COHERENCIA	IMPORTANCIA	PERTINENCIA	OBSERVACIONES
Biomasa residual	Tipo de biomasa	Clasificación de biomasa residual (hojas, ramas, raíces, etc.):	4	4	4	4	4	Pregunta clara y esencial para clasificar la biomasa.
	Técnicas de medición	Técnicas empleadas para la medición (balanza, volumetría):	4	4	4	4	4	Relevante para estandarizar las mediciones.
	Resultados	Peso total de biomasa residual (kg):	4	4	4	4	4	Importante para cuantificar la biomasa.
		Volumen total de biomasa residual (m <sup>3</sup> ):	4	4	4	4	4	Relevante para evaluar el volumen generado.

¿En su opinión, considera que existirá alguna otra dimensión o categoría que forma parte del constructo teórico, misma que también debería ser evaluada?, ¿Cuál?

No, las dimensiones y categorías propuestas son suficientes y cubren todos los aspectos relevantes del estudio.

(\*) **NOTA 2:** Es muy importante registrar en la plantilla de evaluación todas las preguntas del instrumento, a fin de revisar si cada uno de los ítems cumple con los criterios establecidos.

**Opinión sobre su aplicabilidad:** Aplicable (X)      Aplicable Después de Corregir (━)      No Aplicable (━)

Nombre y Firma del Juez

**Ing. MSc. Cristian Giovanni Palencia Blanco**

**Perfil Profesional**

Ingeniero Químico egresado de la UIS, Magíster en Ingeniería Química de la misma universidad, con 4 años de experiencia en el sector educación y 2 años en el sector industrial. Ha realizado investigaciones sobre el cultivo de cacao, sistemas silvopastoriles y agroforestales, el aprovechamiento de residuos industriales, con una sólida formación en procesos agroindustriales y la transformación y valorización energética de la biomasa.

## HOJA DE VIDA

### ➤ PERFIL PROFESIONAL

- Asesor en la elaboración de proyectos de reforestación
- Capacitador con comunidades rurales en temas ambientales y en el manejo de recursos naturales
- Elaboración de planes de establecimiento y manejo forestal
- Formulación y ejecución de estudios de impacto ambiental
- Catedrático universitario en el campo forestal y ambiental
- Manejo de comunidades rurales
- Evaluador de proyectos de reforestación productora y protectora
- Ejecución de obras para el manejo del recurso del suelo
- Elaboración de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas
- Amplia experiencia y conocimientos en el área forestal, restauración ecológica, con énfasis en procesos de restauración del ecosistema bosque húmedo tropical. Formulación y Manejo de proyectos de reforestación
- Soy docente académico universitario desde hace 12 años en asignaturas como ecología, Restauración ecológica, propagación de material vegetal, diseño e implementación viveros forestales.

### RESUMEN

- 4 años de experiencia como asistente técnico en proyectos de reforestación y restauración ecológica, 3 años como coordinador en proyectos de investigación de restauración ecológica ,10 años como instructor del área forestal y docente investigador.

### ➤ DATOS PERSONALES

Nombre: Fernando  
Apellidos: Corredor Barrios  
Cédula : 93.365.570 de Ibagué (Tol)  
Fecha de nacimiento: Abril 29 de 1966  
Lugar : Ibagué– Tolima  
Estado civil: Soltero  
Dirección: Cra 17A 56 – 27 B/P. Nuevo  
Teléfono: 3223849455  
Tarjeta profesional: 16.714  
Email : [FECOBANET@HOTMAIL.COM](mailto:FECOBANET@HOTMAIL.COM)

➤ **ESTUDIOS REALIZADOS**

**BACHILLER ACADEMICO**  
**INEM. Manuel Murillo Toro. IBAGUE. 1984**

**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA**  
Titulo obtenido: **Ingeniero forestal**  
**FECHA DE GRADUACION: MAYO /96**

**FUNDACION UNIVERSITARIA DEL AREA ANDINA**  
Titulo Obtenido. **Especialista en Gestión Ambiental**  
**FECHA DE GRADUACION: MAYO /2012**

**OTROS ESTUDIOS**

Seminario. Manejo de semilla forestales

Seminario – Taller. Manejo del cultivo del caucho

Curso. Elaboración de proyectos

Seminario: Lombricultura

Seminario: Legislación ambiental

Curso. Pedagogía básica **SENA**

Curso: Fundamentación por competencias

Taller. Inducción al protocolo por competencias

➤ **EXPERIENCIA LABORAL**

Entidad. **SENA**  
Cargo: Instructor  
Tiempo laborado: seis meses  
Fecha de Inicio: 3 de febrero 2014  
Teléfono: 6222932. Barrancabermeja  
Jefe Inmediato: RUBY CASTAÑO

Entidad. **SENA**  
Cargo: Instructor  
Tiempo laborado: Seis meses  
Fecha de Inicio: 01 de Febrero 2013  
Teléfono: 6222932. Barrancabermeja  
Jefe Inmediato: MARTHA LUCIA DUCCON

Entidad. **SENA**  
Cargo: Instructor  
Tiempo laborado: seis meses  
Fecha de Inicio: 28 de Enero 2010  
Teléfono: 6222932. Barrancabermeja  
Jefe Inmediato: MARTHA LUCIA DUCCON

Entidad. **SENA**  
Cargo: Instructor  
Tiempo laborado: Cinco meses  
Fecha de Inicio: 18 de Julio 2009  
Teléfono: 62229322. Barrancabermeja  
Jefe Inmediato: FELIX GUERRA

Entidad. **SENA**  
Cargo: Instructor  
Tiempo laborado: Cinco meses  
Fecha de Inicio: 27 de Febrero 2008  
Teléfono: 62229322. Barrancabermeja  
Jefe Inmediato: FELIX GUERRA

Entidad. **SENA**  
Cargo: Instructor  
Tiempo laborado: Cuatro meses

**Validación de Contenido por Juicio de Expertos. Instrumentos CUALITATIVOS***Reyes y Hernández-Moncada, 2021*

Respetable juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento de investigación que forma parte de la investigación denominada: Evaluación de Sistemas Agroforestales para la generación de Biomasa Residual en el municipio del Carmen de Chucurí- Santander

La evaluación de los instrumentos cualitativos de investigación por parte del Juicio de Expertos es de gran relevancia para lograr la validación y fiabilidad de los resultados obtenidos, para tal fin se propone su revisión utilizando cinco criterios básicos para evaluar cada una de las interrogantes, estos son: suficiencia, claridad, coherencia, importancia y pertinencia, a efecto de asegurar el cumplimiento del propósito formulado. Agradecemos de antemano su valiosa colaboración.

**Información sobre el Juez:**

Nombre y Apellidos del Juez: Gildardo Efraín Palencia Calderón

Formación Académica: Ingeniero Químico Magíster en Ingeniería  
Química

Áreas de Experiencia Profesional: sector educación y sector industrial

Función Actual: \_\_\_\_\_

Institución Académica: \_\_\_\_\_

**Información sobre la Investigación:**

Propósito de la Investigación: Evaluar la generación de biomasa residual de los sistemas agroforestales en el municipio del Carmen de Chucurí- Santander.

**Información sobre el Instrumento:**

Se entregó con anticipación el Mapa Conceptual "a-priori" (Si) (No)

Instrumento de Recolección de Información: Guía de Entrevista

Técnica de Interrogación Empleada: Preguntas Semi-Estructuradas

Finalidad de la Evaluación: Evaluar la generación de biomasa residual en sistemas agroforestales en el municipio de El Carmen de Chucurí, Santander, para proponer estrategias de aprovechamiento sostenible bajo el enfoque de Sistemas Territoriales de Innovación (STI).

**Lugar y Fecha de la Evaluación del Instrumento:**

\_\_\_\_\_

**Criterios de Evaluación del Instrumento**

De acuerdo con los siguientes indicadores evalúe cada uno de los ítems propuestos según corresponda.

CRITERIO	CALIFICACIÓN	INDICADOR
<b>SUFICIENCIA</b> Los ítems que pertenecen a una misma dimensión bastan para obtener la medición de ésta.	1. No cumple con el criterio 2. Bajo Nivel 3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	+ Los ítems no son suficientes para medir la dimensión + Los ítems miden algún aspecto de la dimensión, pero no corresponden con la dimensión total + Se deben incrementar algunos ítems para poder evaluar la dimensión completamente. + Los ítems son suficientes
<b>CLARIDAD</b> El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintaxis y semántica son adecuadas.	1. No cumple con el criterio 2. Bajo Nivel 3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	+ El ítem no es claro + El ítem requiere bastantes modificaciones o una revisión muy grande en el uso de las palabras, su redacción o complemento en la escritura + Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem + El ítem es claro, tiene la semántica y sintaxis adecuada
<b>COHERENCIA</b> El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. No cumple con el criterio 2. Bajo Nivel 3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	+ El ítem no tiene relación lógica con la dimensión + El ítem tiene una relación tangencial con la dimensión. + El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que está midiendo. + El ítem se encuentra completamente relacionado con la dimensión que está midiendo.
<b>IMPORTANCIA</b> El ítem es esencial, significa que si contribuye a entender bien el objeto de estudio	1. No cumple con el criterio 2. Bajo Nivel 3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	+ El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la comprensión de la dimensión + El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que éste evalúa. + El ítem es relativamente importante + El ítem es muy relevante y debe ser incluido
<b>PERTINENCIA</b> El ítem es relevante por su estrecha relación con el propósito establecido	1. No cumple con el criterio 2. Bajo Nivel 3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	+ El ítem puede ser eliminado sin que afecte el análisis o el cumplimiento de propósito del estudio + El ítem tiene alguna pertinencia, sin embargo, refleja de manera muy vaga su pertinencia con el propósito citado. + El ítem es relativamente pertinente en sus implicaciones + El ítem es altamente pertinente y debe ser incluido

**NOTA 1.** Se estima que, al revisar las respuestas de los entrevistados, van a emerger más factores por estudiar, pudiendo catalogarse como Dimensiones, Categorías y Subcategorías. De acuerdo con la experiencia totalmente empírica de los autores al respecto, es posible afirmar que, en un análisis de buen nivel de profundidad, podrán aparecer aproximadamente 80 factores bajo estudio, mismos que, desagregados pueden alcanzar un promedio de 4 a 8 Dimensiones, con 10 o 20 Categorías y quizá, de 30 a 60 subcategorías de análisis. A fin de utilizar un software para el análisis de las respuestas recibidas, se recomienda ATLAS-TI. Con todos los datos generados en el proceso investigativo, finalmente se construirá el Mapa Conceptual "a-posteriori"

## Plantilla de Validación del Instrumento Encuesta para Productores y Actores Locales

DIMENSIÓN	CATEGORÍAS	ÍTEMS (Preguntas)	SUFICIENCIA	CLARIDAD	COHERENCIA	IMPORTANCIA	PERTINENCIA	OBSERVACIONES
Datos demográficos	Información general	Nombre:	4	4	4	3	4	Pregunta clara, pero la importancia es moderada ya que no es central al estudio.
	Rol en el territorio	Rol en el territorio (productor, autoridad local, experto técnico, etc.):	4	4	4	4	4	Esencial para contextualizar al participante.
	Experiencia	Años de experiencia en el rol:	4	4	4	3	4	Relevante, pero no crítica para el análisis.
Percepción local	Conocimiento	¿Conoce el concepto de biomasa residual? (Sí/No)	4	4	4	4	4	Esencial para evaluar el conocimiento local.
	Beneficios	¿Qué beneficios considera que tiene el aprovechamiento de biomasa residual?	4	4	4	4	4	Relevante para entender las perspectivas locales.
	Barreras	¿Qué barreras ha identificado en el manejo de biomasa residual?	4	4	4	4	4	Importante para identificar desafíos en el aprovechamiento.
Colaboración	Trabajo en red	¿Considera importante trabajar de manera colaborativa para mejorar el aprovechamiento de biomasa residual? (Sí/No)	4	4	4	4	4	Pertinente para el enfoque de STI.
	Tipo de colaboración	¿Qué tipo de colaboración sería más efectiva en su opinión?	4	4	4	4	4	Importante para diseñar estrategias colaborativas.
Estrategias	Recomendaciones	¿Qué estrategias o acciones específicas recomienda implementar?	4	4	4	4	4	Relevante para proponer soluciones adaptadas al contexto local.
	Desafíos	¿Qué desafíos anticipa en el desarrollo de un sistema colaborativo para la gestión de biomasa residual?	4	4	4	4	4	Esencial para identificar posibles obstáculos.

¿En su opinión, considera que existirá alguna otra dimensión o categoría que forma parte del constructo teórico, misma que también debería ser evaluada?, ¿Cuál?

No, las dimensiones y categorías propuestas son adecuadas y cubren los aspectos necesarios.

**(\*) NOTA 2:** Es muy importante registrar en la plantilla de evaluación todas las preguntas del instrumento, a fin de revisar si cada uno de los ítems cumple con los criterios establecidos-

**Opinión sobre su Aplicabilidad:** Aplicable (X)      Aplicable Después de Corregir (\_\_\_)      No Aplicable (\_\_\_)

Nombre y Firma del Juez

**Validación de Contenido por Juicio de Expertos. Instrumentos CUANTITATIVOS***Reyes y Hernández-Moncada, 2021*

Respetable juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento de investigación que forma parte de la investigación denominada: Evaluación de Sistemas Agroforestales para la generación de Biomasa Residual en el municipio del Carmen de Chucurí- Santander

La evaluación de los instrumentos cuantitativos de investigación por parte del Juicio de Expertos es de gran relevancia para lograr la validación de los resultados obtenidos, para tal fin se propone su revisión utilizando cinco criterios básicos para evaluar cada una de las interrogantes, estos son: suficiencia, claridad, coherencia, importancia y pertinencia, a efecto de asegurar el cumplimiento del objetivo propuesto. Agradecemos de antemano su valiosa colaboración.

**Información sobre el Juez:**

Nombre y Apellidos del Juez: Gildardo Efraín Palencia Calderón

Formación Académica: Ingeniero Químico Magister en Ingeniería Química

Áreas de Experiencia Profesional: sector educación y sector industrial

Función Actual: \_\_\_\_\_

Institución Académica: \_\_\_\_\_

**Información sobre la Investigación:**

Objetivo de la Investigación: Evaluar la generación de biomasa residual de los sistemas agroforestales en el municipio del Carmen de Chucurí- Santander.

**Información sobre el Instrumento:**

Se entregó el Mapa Conceptual "a-priori" (Si) (No), así como el Mapa Conceptual "a-posteriori" (Si) (No)

Instrumento de Recolección de Información: Observación de campo y registro de mediciones

Técnica de Interrogación Empleada: Preguntas cerradas y abiertas

Finalidad de la Evaluación: Evaluar la generación de biomasa residual en sistemas agroforestales en el municipio de El Carmen de Chucurí, Santander, para proponer estrategias de aprovechamiento sostenible bajo el enfoque de Sistemas Territoriales de Innovación (STI).

**Lugar y Fecha de la Evaluación del Instrumento:**

\_\_\_\_\_

**Criterios de Evaluación de un Instrumento CUANTITATIVO**

Para realizar la evaluación de un instrumento de corte cuantitativo, se requiere abordar al menos tres etapas en orden secuenciado, estas son: la validación del contenido, la determinación de la validez y el cálculo de la confiabilidad, esto es:

- + VALIDACIÓN: Juicio de Expertos, a fin de asegurar la fiabilidad del instrumento.
- + VALIDEZ: Realizar el Análisis Factorial Exploratorio (AFE) y más adelante se puede emplear el Análisis Factorial Confirmatorio (AFC), o el Análisis de Varianza Explicada (AVE), Prueba de RHO, etc. según decida el investigador.
- + CONFIABILIDAD: Determinar al menos el Alpha de Cronbach para cada Dimensión y para el Instrumento en general.

De acuerdo con los siguientes indicadores evalúe cada uno de los ítems propuestos según corresponda.

CRITERIO	CALIFICACIÓN	INDICADOR
<b>SUFICIENCIA</b>	1. No cumple con el criterio 2. Bajo Nivel	+ Los ítems no son suficientes para medir la dimensión + Los ítems miden algún aspecto de la dimensión, pero no corresponden con la dimensión total + Se deben incrementar algunos ítems para poder evaluar la dimensión completamente. + Los ítems son suficientes
Los ítems que pertenecen a una misma dimensión bastan para obtener la medición de ésta.	3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	
<b>CLARIDAD</b>	1. No cumple con el criterio 2. Bajo Nivel	+ El ítem no es claro + El ítem requiere bastantes modificaciones o una revisión muy grande en el uso de las palabras, su redacción o complemento en la escritura + Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem + El ítem es claro, tiene la semántica y sintaxis adecuada
El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintaxis y semántica son adecuadas.	3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	
<b>COHERENCIA</b>	1. No cumple con el criterio 2. Bajo Nivel	+ El ítem no tiene relación lógica con la dimensión + El ítem tiene una relación tangencial con la dimensión. + El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que está midiendo. + El ítem se encuentra completamente relacionado con la dimensión que está midiendo.
El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	
<b>IMPORTANCIA</b>	1. No cumple con el criterio	+ El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la comprensión de la dimensión + El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que éste evalúa. + El ítem es relativamente importante + El ítem es muy relevante y debe ser incluido
El ítem es esencial, significa que si contribuye a entender bien el objeto de estudio	2. Bajo Nivel 3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	
<b>PERTINENCIA</b>	1. No cumple con el criterio	
El ítem es relevante por su estrecha relación con el propósito establecido	2. Bajo Nivel 3. Nivel Moderado 4. Alto Nivel	+ El ítem puede ser eliminado sin que afecte el análisis o el cumplimiento de propósito del estudio + El ítem tiene alguna pertinencia, sin embargo, refleja de manera muy vaga su pertinencia con el propósito citado. + El ítem es relativamente pertinente en sus implicaciones + El ítem es altamente pertinente y debe ser incluido

**NOTA 1:** De acuerdo con la experiencia totalmente empírica de los autores al respecto, se estima que al formular al menos cuatro preguntas (ítems), por cada categoría bajo análisis, se estima que el valor de los Coeficientes del Alpha de Cronbach resulte con valores superiores a 0.8

## Plantilla de Validación del Instrumento de observación de campo

DIMENSIÓN	CATEGORÍAS	ÍTEMS (Preguntas)	SUFICIENCIA	CLARIDAD	COHERENCIA	IMPORTANCIA	PERTINENCIA	OBSERVACIONES
Caracterización	Identificación	Nombre de la finca:	4	4	4	4	4	Pregunta clara y esencial para identificar la finca.
	Localización	Localización (coordenadas GPS):	4	4	4	4	4	Relevante para ubicar geográficamente la finca.
	Especies vegetales	Nombre común de las especies cultivadas:	4	4	4	4	4	Importante para caracterizar las especies presentes.
		Nombre científico de las especies cultivadas:	4	4	4	4	4	Necesario para precisar las especies.
Función dentro del sistema agroforestal (sombra, control de plagas, etc.):		4	4	4	4	4	Relevante para entender las interacciones en el sistema.	
Biomasa residual	Tipo de biomasa	Tipo de biomasa residual identificada (hojas, ramas, raíces, etc.):	4	4	4	4	4	Esencial para cuantificar la biomasa generada.
	Estado de la biomasa	Estado de la biomasa (fresca, seca, en descomposición):	4	4	4	4	4	Importante para evaluar el potencial de aprovechamiento.
	Cantidad estimada	Cantidad estimada de biomasa residual generada (kg o m <sup>3</sup> ):	4	4	4	4	4	Relevante para cuantificar la biomasa.

¿En su opinión, considera que existirá alguna otra dimensión o categoría que forma parte del constructo teórico, misma que también debería ser evaluada?, ¿Cuál?

No, las dimensiones y categorías propuestas son suficientes y cubren todos los aspectos relevantes del estudio.

(\*) **NOTA 2:** Es muy importante registrar en la plantilla de evaluación todas las preguntas del instrumento, a fin de revisar si cada uno de los ítems cumple con los criterios establecidos.

**Opinión sobre su aplicabilidad:** Aplicable (X)      Aplicable Después de Corregir (━)      No Aplicable (━)

Nombre y Firma del Juez

## Anexo C. Ficha de observación de campo



## 1. Ficha de observación de campo

## I. Identificación de la finca

**Nombre de la finca:** El Quinal del Tesoro

**Localización (coordenadas GPS):** Sistema Origen Nacional Norte (m):  
2307868.880 Este (m) 4933555.089

**Municipio/Vereda:** Municipio Carmen de Chucurí / Vereda el 27

**Altitud (msnm):** 3 2 5 m s n m

**Fecha de la observación:** 01 de diciembre de 2024

## Especies vegetales cultivadas

**Nombre común:** Abarco y cacao, cítricos limón Tahití.

**Nombre científico:** *Cariniana pyriformis*; *Theobroma cacao* L; *Citrus × latifolia*;  
**cantidad aproximada (número de individuos):** Abarco 8500; Cacao: 12500  
limón Tahití: 5500. los anteriores datos en la finca completa

**Estado fitosanitario:** sin presencia de plagas o enfermedades dentro de las plantaciones.

## Especies vegetales asociadas

**Nombre común:** Abarco y Cacao

**Nombre científico:** *Cariniana pyriformis*; *Theobroma cacao* L

**Función dentro del sistema agroforestal (sombra, control de plagas, cobertura vegetal,):** La especie forestal de abarco dentro del sistema agroforestal es multipropósito al ser una especie forestal de gran tamaño cumple una función de barrera y protectora de la especie productiva (Cacao) la especie es sembrada sobre los bordes o perímetros del sistema permitiendo generar esa acción de barrera además de brindar un microclima al sistema productivo impidiendo que los rayos del sol lleguen directamente a la especie Cacao generando un ambiente mucho mas regulado de las condiciones ambientales en la zona del cultivo, esta acción y la distribución fisiológica de la especie Abarco permite distribuir de forma homogénea los flujos de aire lo cual es un factor que incide positivamente sobre el estado fitosanitario del Cacao, los flujos de aire repartidos homogéneamente más una intensidad lumínica moderada permite un desarrollo de la especie cacao, lo cual se evidencia en el estado fitosanitario ya que no se evidencian plagas sobre las plantaciones de cacao ni abarco, en síntesis el abarco cumple funciones regulatorias y protectoras dentro del sistema agroforestal. Por otra parte el Cacao cumple su función productiva de forma regular de acuerdo con sus ciclos fenológicos sin verse afectados ninguno de ellos y permitiendo al productor obtener el producto de forma óptima





## II. Descripción del uso agroforestal

### ¿Cuál es el propósito principal del sistema?

**Producción de alimentos:** Dentro de los elementos y propósitos generales del sistema agroforestal se encuentra la productividad de cacao como una de las actividades económicas de la región y de sustento de las economías campesinas del Carmen de Chucuri

**Protección ambiental:** La especie abarco tiene un impacto ambiental importante en el marco de la protección ambiental, en primera instancia es una especie nativa, además de cumplir funciones regulatorias y protectoras de los recursos suelo y agua, la especie recientemente fue incluida en el plan de Incentivos forestales del Ministerio de Agricultura, una iniciativa que fomenta las plantaciones de esta especie por su gran aporte en la protección ambiental, al ser una especie forestal de larga duración tiene una incidencia relevante en la captura y almacenamiento de carbono, lo cual la convierte en potencial elemento para los mercados de carbono como lo son bonos y créditos de carbono. Finalmente, la especie forestal abarco y cacao en conjunto son atractivo de polinizadores y fauna asociada al sistema agroforestal promoviendo proceso de conservación de la biodiversidad local.

**Otro:** En conjunto las dos especies al estar asociadas en un mismo sistema denominado Agroforestal tienen un propósito de generar desarrollo económico a través de la actividad del cacao, pero a su mismo tiempo generando impactos positivos en materia ambiental convirtiendo el sistema agroforestal en un elemento importante para los procesos de sostenibilidad territorial.

### Tipo de manejo agroforestal empleado:

**Agroforestería tradicional:** El sistema Agroforestal encontrado en el predio Quinal del tesoro se fundamenta bajo los principios de agroforestería tradicional que en concepto es la integración de una o varias especies forestales con una especie productiva del sector agronómico, se observa una sinergia y orden en el sistema agroforestal en cuando al manejo del tipo de sistema implementado en el predio.

Sistemas silvopastoriles    Sistemas agrosilvopastoriles

Otro: \_\_\_\_\_





#### Técnicas aplicadas:

**Preparación del suelo:** Para el proceso de preparación del suelo este de acuerdo con la información encontrada en el predio el recurso natural suelo es manejado en el marco del proceso de establecimiento mediante los procesos de preparación del terreno delimitación, enmiendas y abonos requeridos al momento de establecer el sistema agroforestal, una vez ya establecido el sistema agroforestal este no requiere de manejo de suelo, solamente un proceso de fertilización la cual de acuerdo con la información encontrada en campo corresponde a periodos anuales

**Métodos de siembra:** En cuanto a los métodos de siembra utilizados en los sistemas agroforestales presentes en el quinal del tesoro se encuentran de la siguiente manera

**Sistema Agroforestal 1:** El sistema agroforestal 1 está conformado por las especies Abarco y Cacao, la distribución es de la siguiente forma la especie forestal sembrada en los bordes en surco sencillo (Una línea) a una distancia de siembra de 4 metros y con una separación horizontal de 6 líneas de cacao sembradas a 3 metros de distancia cada una de ellas, esa conformación esta determinada para una hectárea 10000 metros cuadrados. Es decir, este sistema agroforestal es conocido por ser un **sistema de surco sencillo** ya que solo hay una línea de la especie abarco protegiendo a la especie cacao.

**Sistema Agroforestal 2:** El sistema agroforestal 2 está conformado por las especies Abarco y Cacao, la distribución es de la siguiente forma la especie forestal sembrada en los bordes en surco doble (dos líneas) a una distancia de siembra de 4 metros y con una separación horizontal de 6 líneas de cacao sembradas a 3 metros de distancia cada una de ellas, esa conformación está determinada para una hectárea 10000 metros cuadrados. Es decir, este sistema agroforestal es conocido por ser un **sistema de doble surco** ya que en los bordes del sistema existen dos líneas de abarco sembrados a 4 metros de distancia entre ellas generando una barrera protectora.

**Técnicas de poda:** En cuanto a las técnicas de poda sobre el sistema agroforestal estas se realizan una vez por año cuando la plantación ya cuenta con una madurez en donde se cortan algunas ramas, de forma tal que se mantengan controladas las condiciones del sistema

**Gestión de plagas:** En cuanto a la gestión de plagas los sistemas agroforestales escogidos en el quinal del tesoro no presentan plagas ni enfermedades sobre el sistema ni para la especie abarco ni para el cacao.





### ¿Se reutilizan los residuos en la parcela?

Sí. ¿Cómo? \_\_\_\_\_

No en el momento no se identifican usos para los residuos generados. Los residuos generados son de tipo orgánico.

### III. Generación de Biomasa Residual

#### Tipo de biomasa residual identificada:

**Hojas:** Se generan hojas provenientes de las copas altas de la especie abarco y del cacao

**Ramas:** El Abarco al ser una especie forestal en su proceso fenológico desprende de manera periódica irregular las ramas y hojas para garantizar las nuevas, lo que conlleva a la generación continua de biomasa residual.

**Raíces:** NA están a nivel subsuelo

**Residuos de cosecha:** Para el proceso de aprovechamiento del Cacao en la extracción de su fruto se genera principalmente el residuo de la cascara del Cacao la cual no tiene un uso específico actualmente

#### Estado de la biomasa:

**Fresca:** la que se genera recién se desprende las ramas y hojas del proceso fenológico de las especies abarco y cacao, es importante resaltar que en el año específicamente el cacao genera tres veces cosecha.

**Seca:** se observa biomasa en la primera capa del suelo en proceso de secado natural

**En proceso de descomposición:** Se observa biomasa en descomposición natural en el suelo producto de la acción degradante de la materia orgánica y como aprovechamiento de nutrientes para los suelos, principalmente las hojas.

#### Cantidad estimada de biomasa residual generada (en el área observada):

Peso (kg): mas 2500 kg 2.5 toneladas

Volumen (m<sup>3</sup>): NA





**¿Se aprovecha la biomasa para algún fin?**

Compostaje


Abono orgánico:

**Ninguno:** Actualmente no se identifica un uso para la biomasa residual en el predio Quinal del tesoro ni en los alrededores.

Otro: \_\_\_\_\_



## Anexo D. Encuestas realizadas



**UNIMINUTO**  
Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Educación de calidad al alcance de todos

**3. Encuesta para Productores y actores locales**

**I. Datos demográficos**

Nombre: Alberto Ardila Rios.

Rol en el territorio: Propietario Predio la Palma

Productor

Autoridad local Exconcejal

Experto técnico

Otro: 35 AÑOS .36.

Años de experiencia en el rol: 35 AÑOS

**II. Percepción sobre el aprovechamiento de biomasa residual**

**¿Conoce el concepto de biomasa residual?**

No

**¿Qué beneficios considera que tiene el aprovechamiento de biomasa residual para los sistemas agroforestales?**

La Biomasa Residual es la primera capa de  
nuestros suelos sin ella están desprotegidos y  
degradados es muy importante porque protege los  
suelos y los mantiene en buenas condiciones para  
nuestros cultivos.

**¿Qué barreras ha identificado en el manejo de biomasa residual?**


Falta de tecnología adecuada

Costos elevados

Falta de conocimiento técnico

Otro: \_\_\_\_\_

©2024 Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. Todos los derechos reservados



**3. Encuesta para Productores y actores locales**

**I. Datos demográficos**

Nombre: Alberto Ardila Rios.

Rol en el territorio: Propietario Predio La Palma

Productor

Autoridad local Exconcejal

Experto técnico

Otro: 35 AÑOS .36.

Años de experiencia en el rol: 35 Años

**II. Percepción sobre el aprovechamiento de biomasa residual**

**¿Conoce el concepto de biomasa residual?**

Sí

No

**¿Qué beneficios considera que tiene el aprovechamiento de biomasa residual para los sistemas agroforestales?**

La Biomasa Residual es la primera capa de  
nuestros suelos sin ella están desprotegidos y  
degradados es muy importante porque protege los  
suelos y los mantiene en buenas condiciones para  
nuestros cultivos.

**¿Qué barreras ha identificado en el manejo de biomasa residual?**

Falta de tecnología adecuada

Costos elevados

Falta de conocimiento técnico

Otro: \_\_\_\_\_

©2024 Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. Todos los derechos reservados

### 3. Encuesta para Productores y actores locales

#### I. Datos demográficos

Nombre: Jame Pita Duron

Rol en el territorio: Propietario Predio la Coqueta

Productor

Autoridad local

Experto técnico

Otro: \_\_\_\_\_

Años de experiencia en el rol: 1a.

#### II. Percepción sobre el aprovechamiento de biomasa residual

¿Conoce el concepto de biomasa residual?

Sí

No

¿Qué beneficios considera que tiene el aprovechamiento de biomasa residual para los sistemas agroforestales?

Se que la Biomasa Es todo lo vivo por ende  
la Biomasa Residual son Restos de lo que en su  
momento fue vivo, Esto Aporta Nutriente al Suelo  
y la Capacidad de Generación de Nuevo Suelo.

¿Qué barreras ha identificado en el manejo de biomasa residual?

Falta de tecnología adecuada

Costos elevados

Falta de conocimiento técnico

Otro: \_\_\_\_\_

### III. Colaboración y trabajo en red

¿Considera importante trabajar de manera colaborativa para mejorar el aprovechamiento de biomasa residual?

Sí

No

¿Qué tipo de colaboración sería más efectiva en su opinión?

- Intercambio de conocimiento
- Creación de mercados para la biomasa
- Apoyo técnico y financiero ✓
- Otro: \_\_\_\_\_


### IV. Recomendaciones y estrategias

¿Qué estrategias o acciones específicas recomienda implementar?

Recomiendo implementar el uso de la biomasa para la generación de compostaje y así mejorar los cultivos y su calidad.

¿Qué desafíos anticipa en el desarrollo de un sistema colaborativo para la gestión de biomasa residual?

La falta de recursos financieros y físicos impide que nosotros los productores podamos trabajar en sistema colaborativo es decir juntos.



**UNIMINUTO**  
Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Educación de calidad al alcance de todos

**3. Encuesta para Productores y actores locales**

**I. Datos demográficos**

Nombre: Giulardo Palencia

Rol en el territorio: Propietario Predio el Quind del Tesoro.

Productor : Productor y Experto Técnico.  
 Autoridad local  
 Experto técnico  
 Otro: \_\_\_\_\_

Años de experiencia en el rol: 40 Años.

**II. Percepción sobre el aprovechamiento de biomasa residual**

**¿Conoce el concepto de biomasa residual?**

Sí  
 No

**¿Qué beneficios considera que tiene el aprovechamiento de biomasa residual para los sistemas agroforestales?**

La biomasa es un control de la maleza ya que se acumula en el suelo, mejora la humedad del suelo, aporta nutrientes al suelo, mejora las condiciones de los microorganismos en el suelo la micro y microfauca, aporta elementos al suelo evita la erosión.

**¿Qué barreras ha identificado en el manejo de biomasa residual?**

Falta de tecnología adecuada  
 Costos elevados  
 Falta de conocimiento técnico y principalmente  
 Otro: \_\_\_\_\_

©2024 Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. Todos los derechos reservados

©2024 Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. Todos los derechos reservados

### III. Colaboración y trabajo en red

¿Considera importante trabajar de manera colaborativa para mejorar el aprovechamiento de biomasa residual?

*debería ser así.*  
 No

¿Qué tipo de colaboración sería más efectiva en su opinión?

Intercambio de conocimiento

Creación de mercados para la biomasa

Apoyo técnico y financiero

Otro: Todas las Anteriores

### IV. Recomendaciones y estrategias

¿Qué estrategias o acciones específicas recomienda implementar?

Descomponer la Biomasa para recortar Abonos y llevar  
nutrientes al suelo.

Si la Biomasa fuera un modelo de negocio Ubicar la Biomasa en  
un sitio de acopio Para Aprovechar Por ejemplo la Caseta del  
Cacao y generar productos de Valor agregado.

¿Qué desafíos anticipa en el desarrollo de un sistema colaborativo para la gestión de biomasa residual?

Consigue la refinanciación de iniciativas, falta de apoyo  
político, inversión para el campo, nosotros los campesinos  
podemos trabajar en red pero es necesario la financiación  
de proyectos

### III. Colaboración y trabajo en red

¿Considera importante trabajar de manera colaborativa para mejorar el aprovechamiento de biomasa residual?

debería ser así.  
No

¿Qué tipo de colaboración sería más efectiva en su opinión?

Intercambio de conocimiento

Creación de mercados para la biomasa

Apoyo técnico y financiero

Otro: Todas las anteriores

### IV. Recomendaciones y estrategias

¿Qué estrategias o acciones específicas recomienda implementar?

Descomponer la Biomasa para recortar Abonos y llevar  
nutrientes al suelo.

Si la Biomasa fuera un modelo de negocio Ubicar la Biomasa en  
un sitio de acopio para Aprovechar Por ejemplo la Caseta del  
Cacao y generar productos de Valor agregado.

¿Qué desafíos anticipa en el desarrollo de un sistema colaborativo para la gestión de biomasa residual?

Consigue la refinanciación de iniciativas, falta de apoyo  
político, inversión para el campo, nosotros los campesinos  
podemos trabajar en red pero es necesario la financiación  
de proyectos

**III. Colaboración y trabajo en red**

**¿Considera importante trabajar de manera colaborativa para mejorar el aprovechamiento de biomasa residual?**

No

**¿Qué tipo de colaboración sería más efectiva en su opinión?**

Intercambio de conocimiento

Creación de mercados para la biomasa

Apoyo técnico y financiero \*

Otro: Apoyo de Entidades Públicas

**IV. Recomendaciones y estrategias**

**¿Qué estrategias o acciones específicas recomienda implementar?**

La Biomasa Residual ha escuchado que se puede  
usar de forma controlada para generar Abonos y  
se puede usar para generar calor en Chimeneas

**¿Qué desafíos anticipa en el desarrollo de un sistema colaborativo para la gestión de biomasa residual?**

Nosotros como productores hemos y seguiremos trabajando  
en red, lo que es un desafío es la falta de voluntad  
política y los recursos financieros que nosotros necesitamos  
para nuestros proyectos

### 3. Encuesta para Productores y actores locales

#### I. Datos demográficos

Nombre: Rosario Aracely Gomez.

Rol en el territorio: Propietaria Pecho Alto Viejo.

Productor

Autoridad local

Experto técnico

Otro: \_\_\_\_\_

Años de experiencia en el rol: 25.

#### II. Percepción sobre el aprovechamiento de biomasa residual

¿Conoce el concepto de biomasa residual?

No

¿Qué beneficios considera que tiene el aprovechamiento de biomasa residual para los sistemas agroforestales?

Principalmente considero que los beneficios de la Biomasa Residual están enfocados en el mantenimiento de los suelos y sus servicios ecosistémicos para que la misma naturaleza pueda desarrollar la vegetación en condiciones óptimas, además la Biomasa Residual favorece la conservación del banco de semillas que tienen los suelos.

¿Qué barreras ha identificado en el manejo de biomasa residual?

Falta de tecnología adecuada

Costos elevados

Falta de conocimiento técnico

Otro: Todas las Anteriores.

### III. Colaboración y trabajo en red

¿Considera importante trabajar de manera colaborativa para mejorar el aprovechamiento de biomasa residual?

Sí  
 No

¿Qué tipo de colaboración sería más efectiva en su opinión?

- Intercambio de conocimiento
- Creación de mercados para la biomasa
- Apoyo técnico y financiero
- Otro: \_\_\_\_\_

### IV. Recomendaciones y estrategias

¿Qué estrategias o acciones específicas recomienda implementar?

Aprovechar la Biomasa Residual de forma Sostenible sin Afectar el Ecosistema, además de la creación de mercados que Aprovechen las Potencialidades de la Biomasa Residual.

¿Qué desafíos anticipa en el desarrollo de un sistema colaborativo para la gestión de biomasa residual?

Trabaja en Sistemas Colaborativos en Red es complejo ya que se debe reconocer el rol de cada actor, el desafío considero que está en la definición de Roles, objetivos metas y actividades, que permitan Aprovechar la Biomasa Residual de forma Sostenible.