

## Colombia

“Proponer lineamientos para la estructuración de la hoja de ruta del Plan Nacional de Bioenergía en aspectos de regulación, gobernanza y de reducción de emisiones”

Asistencia Técnica

## Colombia

“Proponer lineamientos para la estructuración de la hoja de ruta del Plan Nacional de Bioenergía en aspectos de regulación, gobernanza y de reducción de emisiones”

### Asistencia Técnica

Febrero/2024

**Autores**

Rocío Sierra Ramírez PhD

Luis Jorge Cruz Reina, PhD

Norymar Jazmín Becerra Zerpa, MSc

**Con la colaboración de:**

Héctor Herrera

**Con la coordinación de:**

Aida Lorenzo

Diego Calero

Este producto ha sido elaborado en el marco de la Asistencia Técnica brindada la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) de Colombia como parte del apoyo del Acelerador de Acción Climática de GCAP, de la Plataforma Regional de Estrategias de Desarrollo y Bajo en Emisiones (LEDS LAC) y de la Comunidad de Práctica de Bioenergía de dicha Plataforma.

# Tabla de Contenido

<b>Lista de siglas .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL .....</b>	<b>3</b>
<b>2. RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. ANTECEDENTES: RELEVAMIENTO.....</b>	<b>7</b>
3.1. <b>MARCO REGULATORIO PARA IMPULSAR LOS BIOENERGÉTICOS EN COLOMBIA.....</b>	<b>7</b>
3.1.1.    Políticas públicas y normativas actuales con incidencia en bioenergéticos en Colombia.....	7
3.1.2.    Documentos CONPES y (PIGCCS).....	24
3.1.3.    Incentivos en el país para el fomento de la bioenergía en Colombia.....	24
3.1.4.    Bioenergía en la Hoja de Ruta de la TEJ y otras particularidades del caso Colombiano .....	27
3.2. <b>BARRERAS Y OPORTUNIDADES: DESARROLLO DE LA BIOENERGÍA EN COLOMBIA.....</b>	<b>29</b>
3.2.1.    Barreras para el desarrollo del sector de bioenergía en Colombia .....	29
3.2.2.    Oportunidades y sectores prometedores para implementar bioenergía .....	32
3.3. <b>ENCUESTAS A ACTORES DE INTERÉS.....</b>	<b>34</b>
3.3.1.    Identificación de gremios y entidades en torno al sector de bioenergía .....	34
3.3.2.    Creación y realización de encuestas.....	35
3.4. <b>METAS DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y BIOENERGÍA .....</b>	<b>38</b>
3.4.1.    Contexto actual de Colombia y las acciones nacionalmente apropiadas de mitigación .....	38
3.4.2.    Compromiso de Colombia en reducción de emisiones y residuos.....	39
3.4.3.    Horizonte 2023 a 2050: indicadores y metas ambientales .....	44
3.4.4.    Metas de país relacionadas con el desarrollo sostenible y bioenergía .....	45
3.5. <b>GOBERNANZA ACTUAL EN COLOMBIA.....</b>	<b>47</b>
<b>4. RESULTADOS DE ENCUESTAS Y ESTADO DEL ARTE DE LA GOBERNANZA EN BIOENERGÍA.....</b>	<b>49</b>
4.1. <b>ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS A ACTORES DE INTERÉS.....</b>	<b>49</b>
4.1.1.    Análisis de percepción de la probabilidad e impacto de barreras.....	49
4.2. <b>ESQUEMAS DE GOBERNANZA ALINEADOS CON EL PLAN NACIONAL DE BIOENERGIA.....</b>	<b>55</b>
<b>5. IMPACTO: RECOMENDACIONES.....</b>	<b>61</b>
5.1. <b>RECOMENDACIONES PARA FORTALECER Y DISEÑAR ESQUEMAS DE GOBERNANZA .....</b>	<b>61</b>
5.2. <b>RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LA NORMATIVA EXISTENTE .....</b>	<b>66</b>
5.2.1.    Estrategias para superar barreras .....	68
5.2.2.    Reglamentación y normativa en torno al fomento de bioenergía .....	70
5.3. <b>PLAN ESTRUCTURADO RECOMENDADO PARA EL FOMENTO DE LA BIOENERGÍA.....</b>	<b>73</b>
5.3.1.    Formulación del Plan Indicativo Nacional de Bioenergía .....	74
5.3.2.    Implementación del Plan Indicativo Nacional de Bioenergía .....	74
5.3.3.    Seguimiento del Plan Indicativo Nacional de Bioenergía .....	75
5.3.4.    Metas para el Plan Nacional de Energía.....	75
5.4. <b>RECOMENDACIONES PARA SUPERAR LAS BARRERAS IDENTIFICADAS .....</b>	<b>76</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS .....</b>	<b>98</b>

<b>7. REFERENCIAS.....</b>	<b>102</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>103</b>
Anexo 1. Detalles de los documentos CONPES .....	104
Anexo 2. Matriz de barreras y mecanismos de mitigación .....	108
Anexo 3. Figuras de análisis de encuestas por grupo .....	114
Anexo 4. Análisis de las preguntas abiertas de las encuestas por grupo .....	118
Anexo 5. Contexto actual de los bioenergéticos.....	126
1. Definición de los bioenergéticos en el panorama internacional.....	126
1.1. Procesos de reconversión en la industria .....	128
1.2. Biorrefinería y su rol en los bioenergéticos .....	129
1.3. Logística y cadenas de valor.....	131
2. Oferta y demanda energética y emisiones en Colombia .....	132
3. Contexto del sector de bioenergéticos en el mundo .....	134
Anexo 6. Potencial de producción de bioenergéticos en Colombia.....	138
1. La biomasa como un motor de la bioenergía.....	138
2. Bioenergía aprovechando biomasa.....	139
3. Producción de bioenergéticos en Colombia .....	143
3.1. Bioenergéticos líquidos.....	143
3.2. Biogás en Colombia.....	144

## Tabla de Figuras

Figura 1. Esquema de la conformación de las secciones del presente documento .....	5
Figura 2 Institucionalidad de la industria extractiva en Colombia .....	7
Figura 3. Esquema de los PIGCCS formulados para la gestión de cambio climático en Colombia.....	25
Figura 4. Participación de energías renovables en la oferta energética mundial .....	27
Figura 5. Evaluación de barreras .....	30
Figura 6. Niveles de procesamiento de la biomasa .....	33
Figura 7. Entidades y actores en torno a la bioenergía .....	35
Figura 8. Inventario de emisiones GEI en Colombia por sector para el año 2018.....	40
Figura 9. Índice de Transición Energética (ETI) Mundial .....	43
Figura 10. Gobernanza con enfoque prescriptivo .....	47
Figura 11. Categorización de los encuestados .....	49
Figura 12. Resultados de las encuestas considerando las respuestas de todos los grupos .....	51
Figura 13. Priorización de las barreras de acuerdo con los resultados de las encuestas .....	54
Figura 14. Fortalecimiento de la gobernanza durante el PEN 2020-2050.....	56
Figura 15. Esquema de gobernanza para la implementación del PNNV 2022-2030 .....	58
Figura 16. Esquema de gobernanza para la economía circular (ENEC) en Colombia .....	58
Figura 17. Actores institucionales y no institucionales en cada la estrategia del PIGCCS agropecuario.....	59
Figura 18. Esquema propuesto de gobernanza para el sector bioenergético en Colombia.....	62
Figura 19. Coordinación intersectorial en el ámbito bioenergético.....	66
Figura 20. Recomendaciones para superar barreras en la normativa relacionada con la bioenergía .....	69
Figura 21. Acciones para superar las barreras especificadas por temas .....	71
Figura 22. Integración para el Plan Indicativo Nacional de Bioenergía .....	73
Figura 23. Resultados de encuesta del Grupo A.....	114
Figura 24. Resultados de encuesta del Grupo B.....	115
Figura 25. Resultados de encuesta del Grupo C.....	116
Figura 26. Resultados de encuesta del Grupo D.....	117
Figura 27. Resultado del análisis a preguntas relacionadas con el ámbito político y regulatorio.....	119
Figura 28. Resultado de análisis a preguntas relacionadas con el ámbito ambiental .....	120
Figura 29. Resultado del análisis a preguntas relacionadas con el ámbito tecnológico.....	121
Figura 30. Resultados del análisis a preguntas relacionadas con el tema financiero.....	123
Figura 31. Resultados del análisis a preguntas del ámbito social.....	124
Figura 32. Ruta para el aprovechamiento energético de la biomasa .....	128
Figura 33. Actores que interactúan para impulsar los bioenergéticos.....	129
Figura 34. Elementos que integran el concepto de biorrefinería.....	130
Figura 35. Oferta energética de Colombia por tecnología para el año 2023 .....	133
Figura 36. Demanda energética por sector, primer trimestre de 2023 .....	134
Figura 37. Principales mercados de exportación de biocombustibles de USA a otros, 2013-2020.....	135

Figura 38. Esquema del proceso de gestión para el aprovechamiento de la biomasa.....	138
Figura 39. Area sembrada (ha) principales cultivos bioenergéticos, 2022 .....	139
Figura 40. Potencial de energía por incineración y biodigestión de algunos residuos agrícolas.....	141
Figura 41. Potencial de energía a partir de algunos residuos agrícolas .....	142
Figura 42. Producción de bioetanol y biodiesel en Colombia .....	144

## Tabla de Tablas

Tabla 1. Políticas generales relacionadas con el sector energético en Colombia .....	9
Tabla 2. Normativas específicas relacionadas con el sector energético en Colombia .....	16
Tabla 3. Limitantes en el desarrollo de FNCER en Colombia por parte de empresas Unión Europea.....	31
Tabla 4. Barreras identificadas que fueron objeto de discusión en las encuestas .....	36
Tabla 5. Preguntas abiertas en las encuestas para capturar experiencia y estrategias de mitigación.....	37
Tabla 6. Resumen metas de mitigación de GEI para Colombia relacionadas con bioenergía .....	45
Tabla 7. Análisis de probabilidad e impacto de las barreras: respuestas totales y por grupo .....	52
Tabla 8. Lineamientos de gobernanza para el PIGCC .....	57
Tabla 9. Funciones de los actores del sector bioenergético en Colombia.....	63
Tabla 10. Legislación a revisar por parte de los entes correspondientes.....	72
Tabla 11. Metas identificadas para el ámbito bioenergético de acuerdo al sector .....	75
Tabla 12. Recomendaciones para superar las barreras identificadas .....	77

## Lista de siglas

AIE	Agencia Internacional de Energía
AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra
ANI	Agencia Nacional de Infraestructura
ANLA	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
BETO	Oficina de Tecnologías de Bioenergía del Departamento de Energía de los Estados Unidos
Bio-E CoP	Comunidad de Práctica sobre Bioenergía (Bioenergy Community of Practice)
CAPEX	Gastos de capital en contraposición a los operativos
CAR	Corporaciones Autónomas Regionales
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO2eq	CO2 equivalente
CONALDEF	Consejo Nacional de Lucha contra la Deforestación
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
COP	Pesos colombianos
COP25	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de 2019
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas
DIAN	Dirección de Impuesto y Aduanas Nacionales
DNP	Departamento Nacional de Planeación
DREI	Derisking Renewable Energy Investments (Reduciendo los Riesgos de Inversión en Energía Renovable)
EBITDA	Earnings before interest, taxes, depreciation, and amortization
EIA	Evaluación del impacto ambiental
ENEC	Esquema de gobernanza para la para la economía circular
EVA	Evaluaciones Agrícolas Municipales
FAME	Fatty Acid Methyl Ester
FENOGEE	Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía
FNCE	Fuentes no convencionales de energía
FNCER	Fuentes no convencionales de energía renovable
FONENERGIA	Fondo Único de Soluciones Energéticas, FONENERGÍA
GCAP	Global Action Climate Partnership
GEE	Gestión Eficiente de la Energía
GEI	Gases de efecto invernadero
Gg de CO2 eq	Gigagramos de dióxido de carbono equivalente
GLP	Gas licuado de petróleo
GWh	Gigavatio-hora
H2S	Ácido sulfhídrico
ha	Héctarea
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
ILUC	Indirect Land Use Change
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
INVIAS	Instituto Nacional de Vías
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRENA	Agencia Internacional de Energías Renovables
IVA	Impuesto al Valor Agregado
LEAP	Low Emissions Analysis Platform
LEDS GP	Low Emission Development Strategies Global Partnership

LEDS LAC	Plataforma Regional para Latinoamérica y el Caribe de Estrategias de Desarrollo Resiliente y Bajo en Emisiones
LHV	Poder calorífico inferior en inglés Low Heating Value
MADR	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Rural
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MME	Ministerio de Minas y Energía
Mpa	Megapascal
Mt CO <sub>2</sub> eq	Millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente
MVCT	Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio
MW	Megavatio
NAMA	Acción Nacional de Mitigación Apropriada
NAMA	Nationally Appropriate Mitigation Action
NATURGAS	Asociación Colombiana de Gas Natural en Colombia
NDC	Contribución Determinada a Nivel Nacional (en inglés, Nationally Determined Contributions)
NIMBY	Not In My Back Yard
NREL	Laboratorio Nacional de Energía Renovable
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Naciones Unidas
ONU	Organización de Naciones Unidas
PEN	Plan Energético Nacional
PIB	Producto Interno Bruto
PIGCC	Plan Integrales de Gestión del Cambio Climático
PIGCCM-E	Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático de Minas y Energía
PIGCCS	Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Sectoriales
PIGCCT	Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNNV	Plan Nacional de Negocios Verdes
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PPA	Power Purchase Agreement
PROBIOMASA	UTF/ARG/020/ARG - Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa
PTAR	Plantas de tratamiento de aguas residuales
PTE	Política de Transición Energética
PYMES	Pequeña y mediana empresa
REDD+	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal
RENARE	Registro Nacional de Reducción de Emisiones de Gases Efecto Invernadero
RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
SAF	Combustibles sostenibles para la aviación
SIN	Sistema Interconectado Nacional
TEJ	Transición Energética Justa
TFEC	Total Final Energy Consumption
TJ	TeraJoules. 1 TeraJoule= 1x10 <sup>12</sup> joule
TRL	Technology Readiness Level
UE	Unión Europea
UNGRD	Unidad Nacional para la Gestión de Riesgos de Desastres
UPME	Unidad de Planeación Minero-Energética
UPRA	Unidad de Planeación Rural y Agrícola

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**País:** Colombia

**Organismo:** Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME)

**Período de la asistencia:** Noviembre 2023 - Febrero 2024

El presente documento es el resultado final de la asistencia técnica brindada a la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) como parte del apoyo del Acelerador de Acción Climática del Global Action Climate Partnership (GCAP). El objetivo de la asistencia es proponer los lineamientos para la estructuración de la hoja de ruta del Plan Nacional de Bioenergía en aspectos de regulación, gobernanza y de reducción de emisiones. Este apoyo ha sido gestionado por la Secretaría de la Plataforma Regional de Estrategias de Desarrollo y Bajo en Emisiones (LEDS LAC) y la Comunidad de Práctica de Bioenergía de dicha Plataforma.

**GCAP** es una red global de gobiernos, organizaciones e individuos, que fue creada con el objetivo de facilitar el diseño e implementación de estrategias de desarrollo de bajas emisiones (LEDS) y el establecimiento de metas climáticas ambiciosas.

**Acelerador de Acción Climática** es un servicio ofrecido por la Plataforma LEDS LAC que brinda asistencia técnica rápida, de alta calidad y a corto plazo para los países en desarrollo. Es un servicio financiado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL por sus siglas en inglés).

**LEDS LAC** es la plataforma regional de LEDS GP para América Latina y el Caribe. A través de la operación de Comunidades de Práctica y diferentes actividades presenciales y virtuales, proporciona espacios para el intercambio, el diálogo y la colaboración entre expertos gubernamentales, no gubernamentales e internacionales, sobre temas de relevancia para el desarrollo resiliente y bajo emisiones. La Secretaría de la Plataforma es operada por Libélula.

La **Comunidad de Práctica sobre Bioenergía (CdP BioE)** fue lanzada en el 2016 por la Plataforma LEDS LAC y el Grupo de Trabajo de Energía LEDS GP, como un espacio para intercambiar experiencias, desarrollar capacidades y colaborar entre personas, organizaciones y países, con el objeto de promover el desarrollo de políticas y modelos de negocios para el desarrollo sostenible de la bioenergía en Latinoamérica y el Caribe.

Por su parte, **Asociación Sustentar** apoyó a la Plataforma LEDS LAC en la coordinación general de la presente asistencia técnica

En ese contexto, desde la **Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME)** se solicitó apoyo a la Plataforma LEDS LAC para proponer los lineamientos para la estructuración de la hoja de ruta del Plan Nacional de Bioenergía en aspectos de regulación, gobernanza y de reducción de emisiones. En respuesta a esa solicitud desde la Plataforma LEDS LAC se coordinó la contratación de **Rocío Sierra Ramírez** para que ejecute el servicio de asistencia técnica.

## 2. RESUMEN EJECUTIVO

Colombia se enfrenta a una creciente dependencia de combustibles fósiles, lo que plantea desafíos para la seguridad energética y asequibilidad futura de energía en el país, es así como la expansión de la bioenergía es crucial para un futuro energético sostenible en Colombia. La redirección de los flujos de desechos hacia la recuperación de energía puede garantizar una producción de energía limpia que no fomente impactos indirectos en el cambio de uso de suelos, lo cual hace que la bioenergía sea fundamental a pesar de los altos costos de inversión. El desarrollo de bioenergéticos está en línea con la transición energética justa y la implementación de la economía circular propuesta por la política de Estado de Colombia, que busca reducir la generación de residuos y desperdicios, al tiempo que maximiza el uso de los recursos disponibles.

Dentro de la oferta energética de Colombia en 2023, las energías renovables como la solar, eólica y de biomasa suman sólo el 3% donde un 1% lo tiene la biomasa. Si bien es un porcentaje bajo, es importante resaltar los esfuerzos de las políticas de Estado, para dar prioridad a la diversificación de la matriz energética de Colombia, permitiendo la adopción de fuentes de energías no convencionales y renovables, en los recientes años. Sin embargo, aún faltan muchos esfuerzos en términos legales, de regulación, de estimulación, aceptación social y de gobernanza para observar cambios importantes en la diversificación de la matriz energética del país. Por esta razón surge el presente estudio, que tiene como propósito proponer lineamientos para la estructuración de la hoja de ruta del Plan Nacional de Bioenergía en aspectos de regulación, gobernanza y de reducción de emisiones. El estudio se desarrolló en tres etapas, relevamiento, análisis y recomendaciones que se presentan en la Figura 1 y se describen a continuación:

- **Relevamiento:** en esta sección se hizo una revisión de los antecedentes en el ámbito del sector bioenergético en Colombia respecto a: i) el marco regulatorio para impulsar los bioenergéticos en Colombia que abarca las políticas públicas y normativas actuales, los CONPES, los PIGCC e incentivos tributarios; ii) identificación de barreras y oportunidades para el desarrollo del sector de bioenergía; iii) metodología para la realización de encuestas a actores de interés del sector y confirmación de barreras y iv) metas de desarrollo sostenible y bioenergía en Colombia.
- **Análisis:** esta sección presenta el desarrollo y análisis de las encuestas realizadas a los actores de interés en el sector bioenergéticos para la identificación de barreras y recomendaciones, así como, el análisis de la gobernanza actual del sector.
- **Recomendaciones:** en esta sección se presenta recomendaciones para el sector bioenergético que abarca: i) el planteamiento del esquema de gobernanza fundamentada en la coordinación intersectorial, con objetivos, metas y responsabilidades claras; ii) mejoras para el marco regulatorio actual; iii) plan estructurado de fomento de la bioenergía; y iv) recomendaciones y acciones superar las barreras identificadas en este estudio.

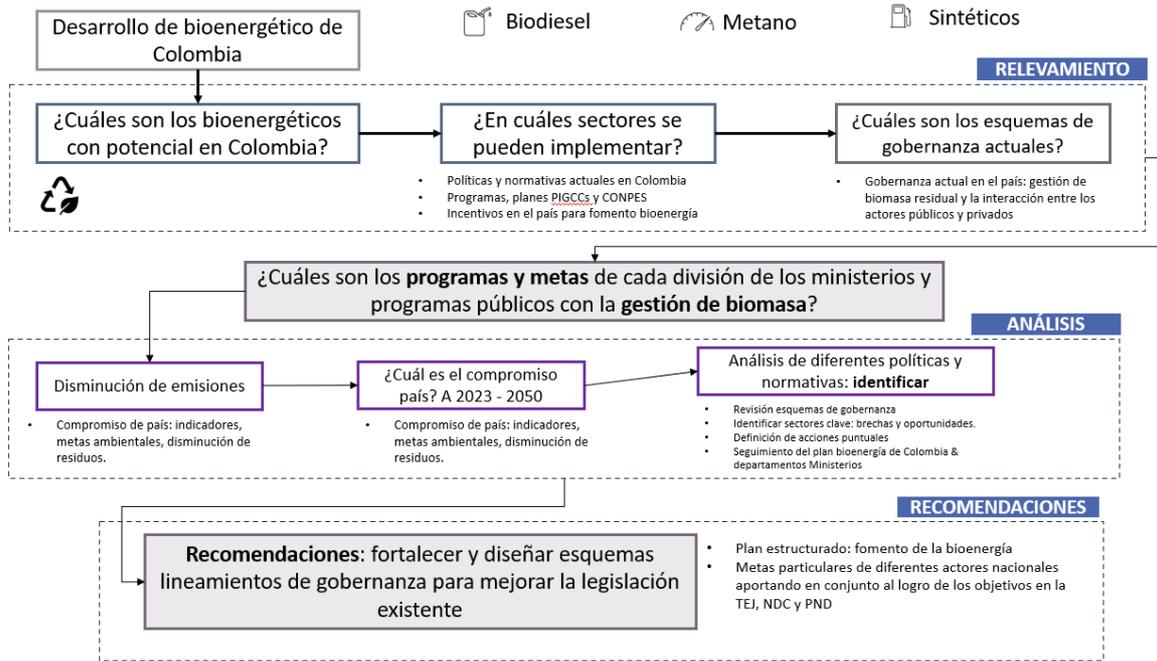


Figura 1. Esquema de la conformación de las secciones del presente documento

Nota: Figura de elaboración propia

Como resultado del estudio se encontró que actualmente, Colombia no tiene definido un esquema de gobernanza a nivel nacional, en torno al sector de bioenergéticos, que integre a todos los actores (gubernamentales y no gubernamentales) de interés y que conlleve a la toma de decisiones colectivas en este sector. Sin embargo, también se evidenció el esfuerzo del Gobierno y el interés del sector privado de establecer una gobernanza clara en torno la sector de bioenergía, así como, la identificación de pilares importantes que forman parte de la gobernanza como lo son: i) políticas públicas y normativas actuales con incidencia en bioenergéticos (leyes, CONPES, PIGCCs, incentivos); ii) actores nacionales y regionales gubernamentales (poder ejecutivo, poder legislativo, ministerios y entidades adscritas al gobierno) y no gubernamentales (empresa privada, sector financiero, academia, sociedad) y iii) metas de país relacionadas con el desarrollo sostenible y bioenergía. Por lo tanto, como producto del presente estudio se planteó un modelo de gobernanza que incluye los pilares identificados y articula al Estado, sector privado y comunidad, cada uno con responsabilidades y con el objetivo común de promover la transición hacia un modelo energético sostenible y diversificado, basado en el aprovechamiento eficiente y responsable de los recursos bioenergéticos disponibles en Colombia, con el fin de garantizar la seguridad energética, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y fomentar el desarrollo económico y social del país. Para lograrlo, el punto de arranque es la caracterización del potencial de este recurso.

El desarrollo del sector de la bioenergía en Colombia enfrenta diversas barreras que requieren estrategias para superarlas. Estas estrategias implican la articulación entre actores gubernamentales, la promoción de la transformación e innovación en el sector público, y la disminución de la burocracia. Es crucial establecer tiempos precisos para emitir licencias y permisos, fomentar la transparencia a través de la rendición de cuentas y la trazabilidad de recursos, y fortalecer las normativas relacionadas con el biogás y la calidad del mismo.

La participación ciudadana y empresarial es fundamental para identificar los aspectos técnicos relevantes en las regulaciones. La coordinación interinstitucional debe promover la colaboración entre entidades gubernamentales sin aumentar la burocracia, con el objetivo de alcanzar las metas de descarbonización y sustentabilidad ambiental.

La inversión y acceso a capital son críticos para el desarrollo del sector, así como la investigación y desarrollo para la adopción exitosa de tecnologías. La transparencia en el manejo de recursos y el cumplimiento de metas es esencial para mantener la confianza en las iniciativas. La ineficiencia gubernamental puede socavar los esfuerzos de desarrollo y la credibilidad institucional.

El marco legal de Colombia fomenta la bioenergía en el territorio nacional, además de exigir un esquema de registro obligatorio de emisiones de GEI (Reporte obligatorio de emisiones de GEI - ROE) para las personas jurídicas, públicas, privadas o mixtas teniendo en cuenta criterios de definidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ley 2169 de 2021). Aunque las legislaciones estén alineadas con las necesidades de cuantificar las emisiones de GEI, no es claro para muchas organizaciones como lograr este requerimiento. Adicionalmente, la complejidad de los cálculos para determinar las emisiones de GEI crea una brecha importante entre las metas establecidas para el sector privado y la sociedad civil, pues la información requerida y el conocimiento específico para establecer el reporte de emisiones es de difícil acceso.

En este documento se proponen acciones que buscan lograr una cohesión intersectorial en torno al desarrollo de la bioenergía en Colombia.

### 3. ANTECEDENTES: RELEVAMIENTO

En esta sección de antecedentes se presenta la información de relevamiento del informe, la cual contiene: i) el marco de políticas públicas y gobernanza para impulsar los bioenergéticos en Colombia que incluyen leyes, los documentos CONPES, los PIGCCs y los incentivos tributarios; ii) barreras y oportunidades para el desarrollo del sector de bioenergía; iii) metodología de las encuestas a actores de interés; y iv) metas de desarrollo sostenible y bioenergía

#### 3.1. MARCO REGULATORIO PARA IMPULSAR LOS BIOENERGÉTICOS EN COLOMBIA

Colombia no ha sido un país ajeno a la transición energética, por lo que se han establecido leyes y regulaciones relacionadas a la política energética y bioenergéticos, para desarrollar un marco regulatorio en torno a la transición energética justa y sostenible. Colombia ha logrado multiplicar por veintiséis (26) la capacidad instalada de energía proveniente de fuentes renovables desde 2018. Parte de las políticas y planes de acción relacionadas con el sector energético en Colombia se definen en los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Sectoriales (PIGCCS) y el Consejo Nacional de Política Económica y Social Pública de Colombia (CONPES), perteneciente al Departamento Nacional de Planeación. Por tanto, este panorama legal debe mencionarse para entender cómo está configurada la gobernanza nacional en torno al sector energético de Colombia, que se describen a continuación:

##### 3.1.1. Políticas públicas y normativas actuales con incidencia en bioenergéticos en Colombia

En Colombia, hay un marco regulatorio que promueve la adopción de energías renovables en diferentes sectores de la economía del país, principalmente en los combustibles. El sector minero energético es integral con el sistema político colombiano. Compromete varios órganos del Estado para funcionar conforme la Ley. La Figura 2 ilustra los ministerios e instituciones que articulan integralmente todo lo relacionado con el sector energético del país.



Figura 2. Institucionalidad de la industria extractiva en Colombia

Nota: Figura adaptada de EITI Colombia <https://www.eiticolombia.gov.co/es/informes-eiti/informe-2077/marco-institucional/>

Por su parte, el Ministerio de Minas y Energía, es el máximo órgano rector cuyo objetivo principal es formular, adoptar, dirigir y coordinar las políticas, planes y programas del sector de minas y energía apoyado por cuatro entidades adscritas, que se mencionan a continuación:

- Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH): administra los recursos hidrocarburíferos del país. Se encarga de la promoción, otorgamiento y asignación de áreas y títulos mineros; la fiscalización del cumplimiento de la normatividad y la liquidación; el recaudo y la transferencia de regalías y las compensaciones por la producción.
- Agencia Nacional de Minería (ANM): administra el recurso minero del país. Tiene como función la ejecución de la política y es responsable de los procesos de titulación, registro, asistencia técnica, fomento, promoción y vigilancia de las obligaciones derivadas de los títulos y solicitudes de áreas mineras. También administra el catastro minero.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC): encargado de la investigación del potencial del recurso del subsuelo.
- Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME): planea el desarrollo y aprovechamiento de los recursos Minero Energéticos.
- Ecopetrol S.A.: única empresa con participación estatal.

Una entidad importante para el Ministerio de Minas y Energía, es la Comisión de Regulación de Energía y Gas, que se creó a través de las Leyes 142 y 143 de 1994, la cual tiene dentro de sus funciones la regulación de monopolios, promover la competencia, y fijar normas de calidad en temas de energía y gas, en el territorio nacional.

Por otro lado, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, es la entidad encargada de definir la política Nacional Ambiental que busque promover la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y no renovables. Al Ministerio de Ambiente se articulan las siguientes entidades:

- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA): encargada de garantizar la evaluación, seguimiento y control de proyectos, obras y actividades sujetos de licenciamiento, permisos o trámites ambientales.
- Corporaciones Autónomas Regionales (CAR): ejercen el control de la movilización, procesamiento y comercialización de los recursos naturales renovables en coordinación con las demás CAR, las entidades territoriales, y otras autoridades de policía, en conformidad con la ley y los reglamentos. Entre otras funciones establecidas en la Ley 99 de 1993.

Respecto al Departamento de Planeación Nacional (DNP), su función en torno al sector energético del país se basa en implantar una visión estratégica en los campos social, económico y ambiental, a través del diseño, orientación y evaluación de las políticas públicas colombianas, manejo y asignación de la inversión pública y la concreción de las mismas en planes, programas y proyectos de gobierno.

Por su parte, el Ministerio del Interior ejerce la rectoría y coordinación de las políticas públicas para fortalecer la democracia, la convivencia y la participación ciudadana. Por tanto, es el organismo encargado de liderar procesos de Consulta Previa, que garanticen el desarrollo del sector productivo armónicamente con comunidades a lo largo del territorio nacional. El Ministerio de Defensa, tiene la función de formular y adoptar políticas, planes generales, programas y proyectos del Sector Administrativo de Defensa Nacional,

que defienda la soberanía, la independencia y la integridad territorial así como el mantenimiento del orden constitucional y garantizar la convivencia democrática. También, tiene la función de combatir la explotación ilícita de minerales como una temprana expresión de crimen organizado y que amenacen la seguridad y funcionamiento transparente del Estado. Tiene a disposición todas las capacidades de la Fuerza Pública para lograr sus objetivos.

El Ministerio de Hacienda y Crédito Público, es el encargado de coordinar la política macroeconómica del país. Define, formula y ejecuta la política fiscal, y recauda las rentas fiscales del país. Se articula con la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN), siendo ésta la entidad responsable de administrar las obligaciones tributarias, aduaneras y cambiarias, usando el servicio, la fiscalización y el control.

La institucionalidad de la industria extractiva se relaciona con entidades del ámbito local, entre ellos los gobiernos departamentales y municipales, y con una secretaría de minas en la Gobernación de Antioquía. Este departamento cuenta con funciones delegadas especiales para atender asuntos mineros en su territorio, ejecutándolas a través de la Secretaría de Minas de Antioquia.

Es en este contexto institucional, que las leyes y políticas internas relacionadas con las energías renovables, la transición energética justa, y las metas de desarrollo sostenible, se están definiendo e implementando. Es importante identificar las Leyes relacionadas al sector energético renovable en Colombia. Las tendencias actuales del mundo globalizado es lograr el desarrollo sostenible, reemplazando los combustibles fósiles por alternativas de origen renovable, así como otras metas detalladas en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. Importantes compromisos a nivel mundial, se han establecido en los últimos años a través de acuerdos como el de París, y que en Colombia, sus directrices y compromisos se implementaron con la Ley 1844 de 2017. Es importante resaltar que el país está alineado con el desarrollo sostenible y ha hecho esfuerzos institucionales para incentivar las energías renovables. En la Tabla 1 se presenta el marco legal en Colombia que especifica normativas generales que afectan la legislación en bioenergía. Se incluyen las estrategias y acciones enfocadas al cumplimiento de las metas de desarrollo sostenible y las acciones para incluir en la matriz energética colombiana combustibles y energías no convencionales se detallan en los documentos emitidos por el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP).

**Tabla 1. Políticas generales relacionadas con el sector energético en Colombia**

Tipo de documento	# de la norma	Fecha	Descripción	Tema
Ley	1549	5/07/12	Fortalece: la institucionalización de la política nacional de educación ambiental y su incorporación efectiva en el desarrollo territorial.  Define: responsabilidades de las entidades nacionales, departamentales, distritales y municipales.	Tecnológico  /Conocimiento

Tipo de documento	# de la norma	Fecha	Descripción	Tema
Constitución Política	Constitución Política	13/06/91	Define: Los ingresos corrientes del Sistema General de Regalías se destinarán a la financiación de proyectos de inversión que contribuyan al desarrollo social, económico, y ambiental de las entidades territoriales: detalla, 10% para la inversión en ciencia, tecnología e innovación, a través de convocatorias públicas, abiertas, y competitivas, en los términos que defina la ley que desarrolle el Sistema, de los cuales, mínimo dos (2) puntos porcentuales se destinarán a investigación o inversión de proyectos de ciencia, tecnología e innovación en asuntos relacionados o con incidencia sobre el ambiente y el desarrollo sostenible.	Económico /Financiero
Resolución UPME	45	3/02/16	Por la cual se establecen los procedimientos y requisitos para emitir la certificación y avalar los proyectos de fuentes no convencionales de energía (FNCE), con miras a obtener el beneficio de la exclusión del IVA y la exención del gravamen arancelario de que tratan los artículos 12 y 13 de la Ley 1715 de 2014 y se toman otras determinaciones.	Económico /Financiero
Ley	2036	27/07/20	Promueve: participación de las entidades territoriales en los proyectos de generación de energías alternativas renovables y se dictan otras disposiciones.  "Autorízase al Gobierno nacional para financiar con aportes del Presupuesto General de la Nación y el Sistema General de Regalías la participación de las entidades territoriales en los proyectos de generación, distribución, comercialización y autogeneración a pequeña escala y generación distribuida con Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) que se enumeran a continuación: la biomasa, los aprovechamientos hidroeléctricos,..."	Económico /Financiero
Ley	1715	2014	Deducción especial en la determinación del impuesto de renta - depreciación acelerada - exclusión del IVA a bienes y servicios - Exención de gravámenes arancelarios	Económico /Financiero
Ley	2099	2021	Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones	Económico /Financiero
Resolución MADS	2734	29/12/10	Por la cual se adoptan los requisitos y evidencias de contribución al desarrollo sostenible del país y se establece el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio – MDL y se dictan otras disposiciones.	Logístico /Mercadeo

Tipo de documento	# de la norma	Fecha	Descripción	Tema
Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia	NDC	La NDC de Colombia fue presentada oficialmente ante (CMNUCC) en 2015	Compromiso internacional  Establece: metas por departamento que fomentan la plantación de cultivos permanentes con alta cantidad de biomasa (hectáreas). También, establece acciones para reducir la intensidad energética y adoptar energías renovables	Logístico  /Mercadeo
Resolución CREG	101 024	22/07/22	Por la cual se definen los procedimientos para las subastas del Cargo por Confiabilidad en el mercado mayorista de energía.	Logístico  /Mercadeo
CONPES	3934	2018	Impulsar a 2030 el aumento de la productividad y la competitividad económica del país, al tiempo que se asegura el uso sostenible del capital natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima.", a través de la definición de cinco (5) objetivos específicos en torno a implementar la Política de Crecimiento Verde a largo plazo	Logístico  /Mercadeo
CONPES 3510	3510	2008	Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia	Logístico  /Mercadeo
CONPES	4075	2022	Política de Transición Energética: Estrategia para incrementar la seguridad y confiabilidad energética  Estrategia para incrementar los recursos para promover la innovación y conocimiento en transición energética  Estrategia para incrementar las medidas para fomentar la competitividad y el desarrollo económico desde el sector minero energético  Estrategia para desarrollar un sistema energético con bajas emisiones de GEI  Se estima que el costo total estimado de la política es de 306.378 millones de pesos	Logístico  /Mercadeo
Resolución UPME	143	10/03/16	Por la cual se modifica el artículo quinto y se adicionan artículos y anexos a la Resolución Upme 0520 de octubre 9 de 2007 por medio de la cual se establece el Registro de Proyectos de Generación y se toman otras disposiciones.	Logístico  /Mercadeo

Tipo de documento	# de la norma	Fecha	Descripción	Tema
Estrategia Nacional de Economía Circular	ENEC		La Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) es una apuesta del gobierno nacional que nos invita a repensar nuestro modelo de desarrollo, en línea con la propuesta del Plan Nacional de Desarrollo “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”. La consigna de “producir conservando y conservar produciendo” nos impone un reto como sociedad, pues es un cambio de paradigma que nos permitirá migrar hacia un enfoque de eficiencia en el uso de los recursos, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas y el uso circular de los materiales, el agua y la energía.	Logístico /Mercadeo
Resolución MME	40807	2/08/18	Por medio de la cual se adopta el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático para el Sector Minero Energético (PIGCC).	Logístico /Mercadeo
Resolución MME	40350	29/10/21	Por medio de la cual se modifica el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático para el Sector Minero Energético, adoptado a través de la Resolución 40807 de 2018	Logístico /Mercadeo
Resolución MinVivienda	431	31/07/02	Por la cual se adopta el Plan Integral de Gestión de Cambio Climático Sectorial – PIGCCS, del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio	Político /Normativo
Ley	1665	16/07/13	Aprueba el “Estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (Irena)”, hecho en Bonn, Alemania, el 26 de enero de 2009.  Define: las energías renovables, y menciona la bioenergía. Su objetivo es promover el uso general y reforzado de energías renovables.	Político /Normativo
Ley	697	3/10/21	Fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.	Político /Normativo
Resolución MME	180919	1/06/10	Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto.	Político /Normativo
Ley	2294	19/05/23	Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia Potencia Mundial de la Vida”  El plan destaca la importancia del ordenamiento territorial y la geografía como ejes centrales para el avance de Colombia. Además, se enfoca en	Político /Normativo

Tipo de documento	# de la norma	Fecha	Descripción	Tema
			temas como la seguridad humana, la transición energética y la convergencia para reducir las brechas entre regiones	
Sentencia	C-680/01	15/08/01	Declaró exequible el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997, y la Ley 629 del 2000 que lo aprueba.	Político /Normativo
Resolución MME	91304	25/11/14	Por la cual se adopta el factor marginal de emisión de gases de efecto invernadero del Sistema Interconectado Nacional para proyectos aplicables al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es un instrumento establecido por el Protocolo de Kyoto que permite a los países industrializados invertir en proyectos de reducción de emisiones en países en desarrollo como una forma de compensar parte de sus propias obligaciones de reducción de emisiones. En el contexto colombiano, el MDL está regulado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. El factor marginal de emisión de gases de efecto invernadero del Sistema Interconectado Nacional se determina mediante un cálculo que considera las emisiones de gases de efecto invernadero que se evitarían por cada unidad adicional de reducción de emisiones realizada como resultado de la implementación del proyecto. Este factor es esencial para evaluar la viabilidad y el impacto ambiental de los proyectos que buscan calificar para el MDL en Colombia.	Político /Normativo
Bases Plan Nacional de Desarrollo	PND 2022	1/12/23	Establece: lineamientos para la transición energética justa. “Se acelerará la generación de energías renovables y se impulsarán tecnologías que permitan el desarrollo del potencial de energía eólica, solar, geotérmica, biomasa y otras no convencionales...”	Político /Normativo
Decreto	381	16/02/12	Modifica la estructura del Ministerio de Minas y Energía  Define la función del Ministerio de Minas y Energía: Formular, adoptar, dirigir y coordinar la política nacional en materia de exploración, explotación, transporte, refinación, procesamiento, beneficio, transformación y distribución de minerales, hidrocarburos y biocombustibles.	Político /Normativo
Resolución MME	40045	26/01/22	Por la cual se expide el Manual Operativo del Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (Fenoge), y se derogan las Resoluciones 41407 de 2017 y 40104 de 2021.	Político /Normativo

Tipo de documento	# de la norma	Fecha	Descripción	Tema
Resolución MME	40271	1/08/22	Por la cual se modifican algunas secciones del Manual Operativo del Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (Fenoge) adoptado por la Resolución 40045 del 26 de enero de 2022.	Político /Normativo
Decreto	1543	16/09/17	Reglamenta el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía, Fenoge, adicionando una Sección 5 al Capítulo 3 del Título III de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía 1073 de 2015.	Político /Normativo
Ley	1715	13/05/14	Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.	Político /Normativo
Decreto	1260	14/06/13	Modifica la estructura de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).	Político /Normativo
Decreto Ley	2811	1/12/74	Dicta: Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. (Modificado por la Ley 2099 de 2021, Ley 1753 de 2015)  Se centra en la gestión de recursos naturales, conservación del medio ambiente, regulación de actividades agrícolas y forestales, así como la protección de cuencas hidrográficas y ecosistemas.	Cambio climático
CONPES 3700	3700	2011	Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia	Cambio climático
Decreto Ley	884	26/05/17	Normas para simplificar, suprimir y reformar trámites, procesos y procedimientos innecesarios existentes en la administración pública.	Cambio climático
Ley	2162	6/12/21	Crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y se dictan otras disposiciones.	Cambio climático
Ley	99	22/12/93	Se crea el Ministerio del Medio Ambiente, y se establecen sus funciones. Se organiza el Sistema Nacional Ambiental.	Cambio climático
Ley	164	27/10/94	Aprueba el "Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático" (Nueva York, 9 de mayo de 1992)	Cambio climático

Tipo de documento	# de la norma	Fecha	Descripción	Tema
Ley	1844	14/07/17	Aprueba el “Acuerdo de París”, adoptado el 12 de diciembre de 2015, en París, Francia.	Cambio climático
Decreto	2688	22/07/09	Modifica el Decreto Reglamentario 3683 del 19 de diciembre de 2003 Condecoración del uso racional de la energía, incluyendo la de origen renovable.	Cambio climático
Ley	1931	27/07/18	Establece directrices para la gestión del cambio climático: interacción y gobernanza de entidades (PIGCCS)	Cambio climático
Decreto	1073	26/05/15	Expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía.	Cambio climático
Decreto	1076	26/05/15	Expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Cambio climático
PIGCCS y PIGCCT			En conjunto buscan trazar las directrices, métricas, indicadores, y gobernabilidad para el territorio nacional enfocando acciones al desarrollo sostenible y respondiendo a los esfuerzos mundiales en la mitigación del cambio climático y adaptación a los inminentes cambios.	

Nota: Tabla de elaboración propia tomando información del Normograma sobre la Transición Energética Justa. Gobierno Nacional, 2023.

Este marco legal y político, permite inferir que Colombia no ha sido un país ajeno a los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU y el cuidado de los recursos naturales, implementando en su legislación directrices que afectan el sector de la bioenergía directa o indirectamente.

Por otra parte, existe normativa específica para el uso de combustibles de origen renovable, el uso de biocombustibles en mezcla con combustibles tradicionales, la cogeneración energética en comunidades no conectadas, y da incentivos a los productores que vendan energía eléctrica al sistema. Esta normativa se resume en la Tabla 2.

**Tabla 2. Normativas específicas relacionadas con el sector energético en Colombia**

Tipo de documento	# de la norma	Fecha	Descripción	Palabras clave	Tema general
Ley	693	19/09/01	Dicta: normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones	Biocombustibles: Alcohol carburante	Logístico /Mercadeo
Ley	939	21/12/04	Estimula: producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal, para uso en motores diesel y se dictan otras disposiciones.  Define: los biocombustibles para motores diesel.	Biocombustibles: Diesel	Logístico /Mercadeo
Decreto	2629	10/07/07	Dicta disposiciones para promover el uso de biocombustibles en el país, así como medidas aplicables a los vehículos y demás artefactos a motor que utilicen combustibles para su funcionamiento.	Biocombustibles y vehículos	Logístico /Mercadeo
Decreto	4892	23/12/11	Numeral 11 del Artículo 189 de la Constitución Política, las Leyes 693 y 697 de 2001 y 939 de 2004  Dicta disposiciones aplicables al uso de alcoholes carburantes y biocombustibles para vehículos automotores.	Biocombustibles y mezclas	
Ley	2099	10/07/21	Dicta disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones.  Promueve: el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, sistemas de almacenamiento de tales fuentes y uso eficiente de la energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico.	E. Eléctrica	Logístico /Mercadeo
Ley	2128	4/08/21	Promueve: el abastecimiento, continuidad, confiabilidad y cobertura del gas combustible en el país.  Artículo 7°. Programa de Sustitución de Leña, Carbón y Residuos por Energéticos de Transición.	GAS-sustitución de leña	

Tipo de documento	# de la norma	Fecha	Descripción	Palabras clave	Tema general
Ley	2169	22/12/21	<p>Impulsa el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática y se dictan otras disposiciones.</p> <p>Define acciones en torno al manejo de biomasa:</p> <p>10. Acciones para aumentar las absorciones de GEI, mediante la promoción de cultivos agro-energéticos y aprovechamiento de biomasa para la producción de biocombustibles y bioenergía.</p> <p>11. Acciones para reducir las emisiones de GEI en la agroindustria, fomentando la implementación de sistemas de captura y uso de biogás derivado de la biomasa residual de los procesos agroindustriales.</p>	Biomasa para biocombustibles y bioenergía	Logístico /Mercadeo
Decreto	1476	3/08/22	Reglamentan los artículos 21 y 23 de la Ley 2099 de 2021 y se adiciona el Título VII a la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1073 de 2015, con el fin de adoptar disposiciones dirigidas a promover la innovación, investigación, producción, almacenamiento, distribución y uso del hidrógeno.	Hidrógeno	Logístico /Mercadeo
Resolución CREG	86	15/09/98	Por la cual se reglamenta la actividad de generación con plantas menores de 20 MW que se encuentra conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN).	E. Eléctrica	Logístico /Mercadeo
Resolución UPME	281	5/06/15	Por la cual se define el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala.	E. Eléctrica Autogeneración	Logístico /Mercadeo
Resolución CREG	24	13/03/15	Por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el sistema interconectado nacional (SIN) y se dictan otras disposiciones.	E. Eléctrica Autogeneración	Logístico /Mercadeo
Resolución CREG	30	26/02/18	Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional.	E. Eléctrica Autogeneración	Logístico /Mercadeo

Tipo de documento	# de la norma	Fecha	Descripción	Palabras clave	Tema general
Resolución CREG	174	21/12/21	Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional. Se expide entre otros para aclarar temas de procedimientos de conexión, requisitos técnicos y de aplicación de reglas comerciales que estaban en la resolución 30 de CREG	E. Eléctrica Autogeneración	Logístico /Mercadeo
Resolución CREG	230	21/12/21	Por la cual se amplía el plazo establecido en los parágrafos 1 y 2 del artículo 12 de la Resolución CREG 174 de 2021	E. Eléctrica Autogeneración	Logístico /Mercadeo
Resolución CREG	179	27/10/15	Por la cual se toman medidas para flexibilizar las conexiones de plantas menores, cogeneradores y autogeneradores al Sistema Interconectado Nacional.	E. Eléctrica Autogeneración	Logístico /Mercadeo
Resolución CREG	38	9/04/18	Mediante esta resolución se regulan aspectos operativos y comerciales para permitir la integración de la autogeneración a pequeña y gran escala en las zonas no interconectadas y se dictan otras disposiciones relacionadas con la actividad de generación distribuida en zonas no interconectadas.	E. Eléctrica Autogeneración	Logístico /Mercadeo
Resolución CREG	200	26/12/19	Por la cual se define un esquema para permitir que los generadores puedan compartir activos de conexión al SIN.	E. Eléctrica	Logístico /Mercadeo
Resolución CREG	114	2/08/18	Por la cual se determinan los principios y condiciones generales que deben cumplir los mecanismos para la comercialización de energía eléctrica para que sus precios sean reconocidos en el componente de costos de compras de energía al usuario regulado.	E. Eléctrica	Logístico /Mercadeo
Resolución CREG	2	7/01/21	Por la cual se ordena hacer público el proyecto de resolución "Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional".	E. Eléctrica Generación Autogeneración	Logístico /Mercadeo
Resolución CREG	135	13/08/21	Por la cual se establecen los mecanismos de protección y deberes de los usuarios del servicio público domiciliario de energía eléctrica que ejercen la actividad de	E. Eléctrica Autogeneración	Logístico /Mercadeo

Tipo de documento	# de la norma	Fecha	Descripción	Palabras clave	Tema general
			Autogeneración a Pequeña Escala y entregan o venden sus excedentes al Comercializador que le presta el servicio.		
Resolución MME	40590 y 40791	9/07/19	Por la cual se define e implementa un mecanismo que promueva la contratación de largo plazo para proyectos de generación de energía eléctrica complementario a los mecanismos existentes en el Mercado de Energía Mayorista en cumplimiento de los objetivos establecidos en el Decreto número 0570 de 2018.	E. Eléctrica	Logístico /Mercadeo  No solo bioenergía
Resolución	40678	26/08/19	Por la cual se modifica la resolución 40590 de 2019	E. Eléctrica	Logístico /Mercadeo  No solo bioenergía
Resolución	41307	28/12/18	Por la cual se modifica la Resolución 40791 de 2018	E. Eléctrica	Logístico /Mercadeo  No solo bioenergía
Resolución CREG	240	3/02/17	Por la cual se adoptan las normas aplicables al servicio público domiciliario de gas combustible con biogás y biometano.	Biogás y biometano	Económico /Financiero
Resolución UPME	203	3/09/20	Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para acceder a los beneficios tributarios en inversiones en investigación, desarrollo o producción de energía a partir de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE).	FNCE	Económico /Financiero
Resolución CREG	15	29/01/18	Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional.	E. Eléctrica  Transmisión	Económico /Financiero

Tipo de documento	# de la norma	Fecha	Descripción	Palabras clave	Tema general
Ley	1215	16/07/08	Define: medidas en materia de generación de energía eléctrica, define tarifas de pago y exenciones a cogeneradores.	E. Eléctrica AUTOGENERACION	Económico /Financiero
Resolución CREG	91	26/10/07	Establecen las metodologías generales para remunerar las actividades de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica, y las fórmulas tarifarias generales para establecer el costo unitario de prestación del servicio público de energía eléctrica en Zonas No Interconectadas.	E. Eléctrica ZNI	Económico /Financiero
Resolución CREG	161	22/12/08	Por la cual se modifica la Resolución CREG-091 de 2007	E. Eléctrica	Económico /Financiero
Decreto	2051	13/11/19	Modifica parcialmente el Arancel de Aduanas para la importación de vehículos con motor de funcionamiento exclusivo con gas natural y el Decreto 1116 de 2017 para vehículos eléctricos.	Arancel de aduanas	Económico /Financiero
Resolución MME	1283	3/08/16	Se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovable - FNCER y gestión eficiente de la energía para obtener los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones	FNCER	Económico /Financiero
Resolución CREG	240	6/12/16	Establece las condiciones de calidad y seguridad, así como las condiciones tarifarias para desarrollar la prestación de servicios domiciliarios de gas combustible con biogás y biometano	Biometano	Económico /Financiero
Resolución CREG	31	15/04/21	Por la cual se establecen las reglas sobre el registro de agentes ante el Administrador del Sistema de Intercambio Comerciales, ASIC, y el Liquidador y Administrador de Cuentas, LAC, y se adopta un esquema fiduciario para el otorgamiento de pagarés en el Mercado de Energía.	E. Eléctrica	Económico /Financiero
Decreto	1580	5/08/22	Se adiciona un título al Decreto 1073 de 2015, reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, y se reglamenta el artículo 41 de la Ley 2099 de	Fenoge	Económico /Financiero

Tipo de documento	# de la norma	Fecha	Descripción	Palabras clave	Tema general
			2021 en relación con el Fondo Único de Soluciones Energéticas, FONENERGÍA, y se dictan otras disposiciones		
Decreto	2134	2015	Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario 1073 de 2015 sobre los lineamientos de aplicación de incentivos de la Ley 1715 de 2014	Renovables	Económico /Financiero
Ley	1955	2019	Modifica el artículo 11 de la Ley 1715 de 2014, relativo a “Incentivos a la generación de energía eléctrica con fuentes no convencionales (FNCE)”	Renovables	Económico /Financiero
Decreto	829	2020	Por el cual se reglamentan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014, se modifica y adiciona el Decreto 1625 de 2016, Único Reglamentario en Materia Tributaria y se derogan algunos artículos del Decreto 1073, Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía	Renovables	Económico /Financiero
Resolución	203	2020	Por el cual se reglamentan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014, se modifica y adiciona el Decreto 1625 de 2016, Único Reglamentario en Materia Tributaria y se derogan algunos artículos del Decreto 1073, Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía	Renovables	Económico /Financiero
Circular # 35 UPME		2021	Se da información relevante para los solicitantes de certificaciones de proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) y Gestión Eficiente de la Energía (GEE) para acceder a incentivos tributarios a propósito de las modificaciones introducidas por ley 2099 de 2021	No convencionales	Económico /Financiero
Decreto	2469	2/12/14	Establece los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración.	Excedentes de Autogeneración	Político /Normativo

Tipo de documento	# de la norma	Fecha	Descripción	Palabras clave	Tema general
Decreto	570	23/03/18	Adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con los lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica y se dictan otras disposiciones.	E. Eléctrica	Politico /Normativo
Decreto	2496	29/12/18	Extiende la vigencia de algunos reglamentos aplicables a los sectores de hidrocarburos, biocombustibles y minería.	Biocombustibles/hidrocarburos/minería	Politico /Normativo
Resolución CREG	5	1/02/10	Determinan los requisitos y condiciones técnicas que deben cumplir los procesos de cogeneración y se regula esta actividad.	Cogeneración	Tecnológico /Conocimiento
Resolución MME	180687	17/06/03	Se expide la regulación técnica prevista en la Ley 693 de 2001, en relación con la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de los alcoholes carburantes y su uso en los combustibles nacionales e importados	cadena de valor biocombustibles	Tecnológico /Conocimiento
Resolución MME	40103	7/04/21	Por la cual se establecen los parámetros y requisitos de calidad del combustible diésel (ACPM), los biocombustibles para uso en motores de encendido por compresión como componentes de mezcla en procesos de combustión y de sus mezclas y, de las gasolinas básicas y gasolinas oxigenadas con etanol anhidro, combustible para uso en motores de encendido por chispa, y se adoptan otras disposiciones	calidad de combustibles y biocombustibles	Tecnológico /Conocimiento
Resolución MME	180790	17/06/02	Se establecen los requisitos de calidad, de almacenamiento, transporte y suministro de los combustibles de aviación para motores tipo turbina y se dictan otras disposiciones	Combustibles de aviación	Tecnológico /Conocimiento
Resolución MADS y MME	40177	3/07/20	Por la cual se definen los energéticos de bajas o cero emisiones teniendo como criterio fundamental su contenido de componentes nocivos para la salud y el medio ambiente y se adoptan otras disposiciones.	Energéticos de bajas emisiones	Tecnológico /Conocimiento
Resolución MME	789	20/05/16	Por la cual se modifica la Resolución 898 de 1995 en lo relacionado con los parámetros y requisitos de calidad del Etanol Anhidro Combustible y Etanol Anhidro	Calidad del bioetanol	Tecnológico /Conocimiento

Tipo de documento	# de la norma	Fecha	Descripción	Palabras clave	Tema general
			Combustible Desnaturalizado utilizado como componente oxigenante de gasolinas y se dictan otras disposiciones.		
Resolución MME	40405	24/12/20	Por la cual se expide el reglamento técnico aplicable a las estaciones de servicio, plantas de abastecimiento, instalaciones del gran consumidor con instalación fija y tanques de almacenamiento del consumidor final, que sean nuevos o existentes, que almacenen biocombustibles, crudos y/o combustibles líquidos derivados del petróleo, y sus mezclas de los mismos con biocombustibles, excepto GLP	Almacenamiento biocombustibles y mezclas	Tecnológico /Conocimiento
Resolución MME	40198	24/06/21	Por la cual se modifica la Resolución 40405 del 24 de diciembre 2020 por la cual se expide el reglamento técnico aplicable a las estaciones de servicio, plantas de abastecimiento, instalaciones del gran consumidor con instalación fija y tanques de almacenamiento del consumidor final, que sean nuevos o existentes, que almacenen biocombustibles, crudos y/o combustibles líquidos derivados del petróleo, y sus mezclas de los mismos con biocombustibles, excepto GLP	Almacenamiento biocombustibles y mezclas	Tecnológico /Conocimiento
Resolución CREG	102009	5/08/22	Por la cual se hacen unos ajustes y se compila la Resolución CREG 152 de 2017 “Por la cual se establecen reglas complementarias para el desarrollo de la infraestructura de importación de gas del Pacífico incluida en el plan transitorio de abastecimiento de gas natural” .	Gas importado	Infraestructura Fósiles

Nota: Tabla de elaboración propia adaptada del Normograma sobre la Transición Energética Justa. Gobierno Nacional, 2023.

En esta normativa, entre otras cosas, se define la biomasa como un recurso valioso para la generación de energía en Colombia, también se presenta un marco legal que permite y fomenta la investigación y desarrollo de proyectos de energía renovable incluyendo el hidrógeno.

Para el caso específico en materia de etanol con efectos en lo que corresponde a biomasa residual, mediante la expedición de la Ley 693 de 2001, se inició la implementación del programa de adición de alcohol carburante - etanol a los combustibles para su oxigenación. Desde esa fecha, el Gobierno Nacional ha venido implementando el porcentaje de alcohol carburante – etanol que deben contener los combustibles fósiles. De igual forma, la Ley 1715 de 2014 también estableció que el Gobierno Nacional, en coordinación con las Corporaciones Autónomas, establecerá planes de actuación con el fin de fomentar el aprovechamiento energético de biomasa agrícola y evitar el abandono, la quema incontrolada en la explotación o el vertimiento

de los residuos agrícolas y la Ley 2036 de 2020 autorizó al Gobierno nacional para financiar, con aportes del Presupuesto General de la Nación y el Sistema General de Regalías, la participación de las entidades territoriales en los proyectos de generación, distribución, comercialización y autogeneración a pequeña escala y generación distribuida con FNCER provenientes de la biomasa (alcohol carburante - etanol). Adicionalmente, desde la expedición de la Ley 788 de 2002, se estableció que el alcohol carburante – etanol con destino a la mezcla con gasolina para los vehículos automotores, se encuentra exento del impuesto sobre las ventas (IVA) en Colombia.

### **3.1.2. Documentos CONPES y (PIGCCS)**

Los CONPES elaboran documentos de política pública con el fin de solucionar problemáticas transversales en cuya solución participan varios sectores. Los que tienen relación con biocombustibles y el desarrollo de fuentes de energía no convencionales se mencionaron en la Tabla 2 pero se detallan y explican en el Anexo 1.

Por su parte, los Planes de Gestión del Cambio Climático Sectoriales PIGCCS son instrumentos que utiliza cada Ministerio para identificar, evaluar, y orientar las medidas de mitigación de gases de efecto invernadero y adaptación al cambio climático en las políticas y regulaciones del respectivo sector. Adicionalmente, ofrecen lineamientos para implementar medidas sectoriales de adaptación y mitigación de gases de efecto invernadero en los territorios, relacionadas con las temáticas de cada sector, incluyendo directrices de financiamiento, educación, ciencia, tecnología e innovación. Dichos planes se encuentran establecidos en la Ley 1931 de 2018. Hay que tener en cuenta que también existen los PIGCCT, los cuales son instrumentos a través de los cuales las entidades territoriales y ambientales regionales identifican, evalúan, priorizan y definen medidas y acciones de adaptación y de mitigación de emisiones de gases efecto invernadero para su implementación en el territorio. Los PIGCCS que se han formulado se presentan a continuación en la Figura 3.

Colombia cuenta con una hoja de ruta clara respecto a las metas para la gestión del cambio climático, que incluye leyes, decretos, CONPES, PIGCCS y PIGCCT, que en conjunto buscan trazar las directrices, métricas, indicadores, y gobernabilidad para el territorio nacional enfocando acciones al desarrollo sostenible y respondiendo a los esfuerzos mundiales en la mitigación del cambio climático y adaptación a los inminentes cambios.

### **3.1.3. Incentivos en el país para el fomento de la bioenergía en Colombia**

La articulación de políticas nacionales en torno al desarrollo sostenible presenta un panorama favorable para la implementación de la bioenergía en Colombia. Como se describió anteriormente, existen planes de acción concretos para promover la transición energética en el país a través del uso intensivo de formas de energía renovables y no convencionales, entre las cuales se menciona la biomasa como un elemento clave en esta política.

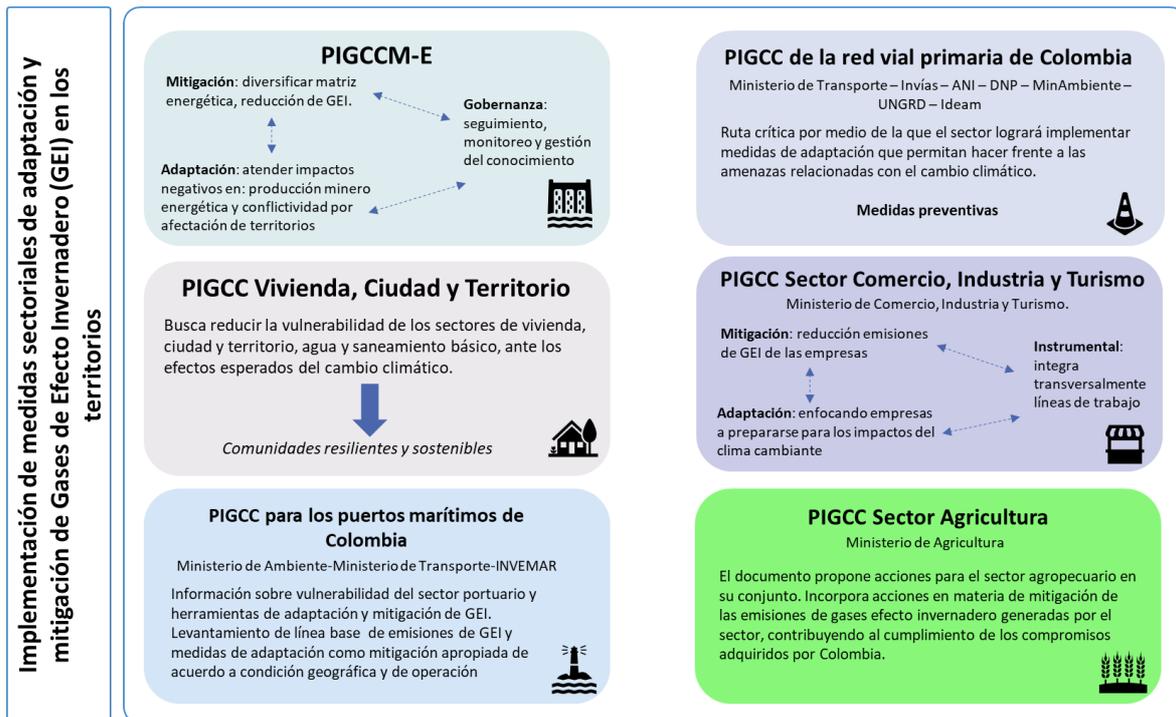


Figura 3. Esquema de los PIGCCS formulados para la gestión de cambio climático en Colombia

Nota: Figura adaptada de Finanzas del Clima, Gobierno Nacional. Disponible online.

<https://finanzasdelclima.dnp.gov.co/financiamientoclimatico/necesidades-de-financiacion/Paginas/que-son-los-planes-integrales-de-gestion-al-cambio-climatico-sectoriales-pigccs.aspx>

A partir de la biomasa se obtienen bioenergéticos como el bioetanol y el biodiesel, que en Colombia ya se producen. Para el Gobierno, la investigación y desarrollo son claves para la implementación exitosa de tecnologías que promuevan el uso de fuentes no convencionales de energía, por lo hay directrices del Gobierno que se han definido para promover el desarrollo de proyectos en torno a energías no convencionales y renovables.

Adicionalmente, como se define en el marco legal y normativo relacionado a las energías renovables y no convencionales, hay incentivos tributarios que aplican beneficios o incentivos para proyectos de energía con fuentes no convencionales de energías renovables.

Los incentivos tributarios, a los cuales pueden acceder personas naturales o jurídicas que realicen inversiones en actividades como I+D en temas relacionados con la producción de energía con fuentes no convencionales y de gestión eficiente de la energía, definidos en la Ley 1715, se mencionan a continuación:

- Deducción especial en la determinación del impuesto sobre la renta (Artículo 11 Ley 1715, Artículo 2.2.3.8.2.1 Decreto 2143\* (incorporado al decreto 1073 de 2015)): tendrán derecho a reducir hasta el 50% del valor de las inversiones. El valor a deducir anualmente no puede superar al 50% de la renta líquida del contribuyente.
- Depreciación acelerada (Artículo 14 Ley 1715, Artículo 2.2.3.8.5.1 Decreto 2143\*): por una proporción del valor del activo que no supere el 20% anual.

- Exclusión de bienes y servicios de IVA (Artículo 12 Ley 1715, Artículo 2.2.3.8.3.1 Decreto 2143\*): por la compra de bienes y servicios, equipos, maquinaria, elementos y/o servicios nacionales o importados.
- Exención de gravámenes arancelarios (Artículo 13 Ley 1715, Artículo 2.2.3.8.4.1 Decreto 2143\*): exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales, e insumos destinados exclusivamente para labores de pre inversión y de inversión de proyectos con FNCE.

Estos incentivos también aplican para proyectos de generación de energía como la autogeneración, mientras se cumpla que el suministro se logre con energía proveniente de las fuentes renovables mencionadas en las normas, decretos y leyes.

En el caso de estos beneficios tributarios relacionados con el impuesto de la renta, la UPME avalará el proyecto de FNCE o GEE, así como los equipos, elementos y maquinaria, nacionales o importados, incluyendo la adquisición de servicios, a través de un certificado que expedirá la UPME. Por otro lado, los contribuyentes deberán obtener la Certificación de Incentivo Ambiental del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través de la ANLA.

Después de contar con los certificados pertinentes, se notifica a la DIAN para el acceso a los beneficios de IVA y aranceles. Por tanto, es un proceso que requiere de trámites con entidades del estado y de los tiempos que se demore la revisión y expedición de los certificados.

Por otro lado, se debe mencionar que Colombia implementó un impuesto al carbono mediante el Artículo 221 (Parte IX) de la Ley 1819 de 2016, para desincentivar el uso de combustibles fósiles, que generan las emisiones de GEI en la combustión. Este impuesto se aplica en la primera actividad de suministro por venta, importación o autoconsumo de cualquiera de los combustibles fósiles grabados dentro del territorio colombiano. Específicamente, al gas licuado de petróleo solo se aplica el impuesto en venta a usuarios industriales, al tiempo que el gas natural solo se grava con el impuesto dentro de la industria petroquímica y de refinación.

La definición del impuesto nacional del carbono fue modificada por la Ley 2277 de 2022, la cual quedó de la siguiente manera:

*“El impuesto nacional al carbono tendrá una tarifa específica considerando el factor de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) para cada combustible determinado, expresado en unidad de peso (kilogramo de CO<sub>2</sub>eq) por unidad energética (terajulios), de acuerdo con el volumen o peso del combustible. La tarifa corresponderá a veinte mil quinientos pesos (\$20.500) por tonelada de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq).”*

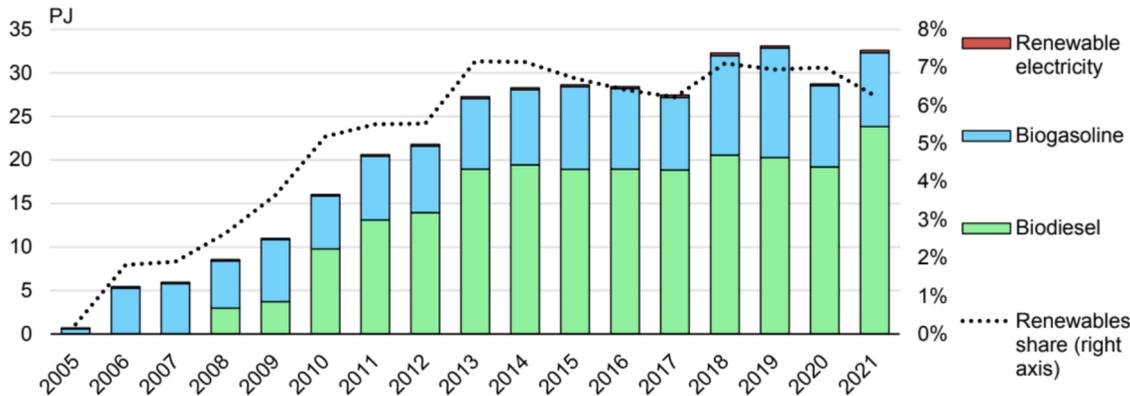
Por otro lado, la Ley 1819 incluye exenciones, como el etanol carburante, biodiesel a partir de productos vegetales, combustibles vendidos en Guainía, Vaupés y Amazonas, así como a la venta de diésel marino y abastecimiento de combustible para envíos internacionales.

### 3.1.4. Bioenergía en la Hoja de Ruta de la TEJ y otras particularidades del caso Colombiano

La AIE en su reporte titulado “Colombia 2023: Energy Policy Review” especifica que la participación de renovables en la canasta energética eléctrica colombiana en el 2021 fue para la energía total suministrada (Total Energy Supply TES) fue de 25% para Colombia, mientras que el promedio mundial de la AIE es de 14%. Por su parte, los renovables en el consumo energético total final (Total Final Energy Consumption TFEC) fue de 378 PJ, o 29% del TFEC. Aquí el promedio mundial de la AIE es nuevamente 14%. Este TFEC se reparte así: generación hidroeléctrica 14%, biomasa sólida 12%, biocombustibles líquidos 2.5%, biomasa para electricidad 0.5%, solar 0.1% y viento 0.01%.

Los usos mayoritarios de la biomasa están hacia la generación de energía térmica. También se reporta que los renovables en la generación de electricidad participan con 63.3 TWh, que corresponde al 74% de la generación de electricidad. El promedio mundial de la AIE es 30%, la hidroeléctrica es abrumadoramente mayoritaria con una producción del 72%, los biocombustibles (etanol y biodiesel) con 2.7%, solar 0.4% y viento 0.1% (ver Figura 4)

De acuerdo con la misma fuente, para 2024, Colombia planea expandir las energías renovables, con la adición de 2 GW de energía eólica y 1.4 GW de energía solar fotovoltaica. Para 2034, se espera que Colombia alcance una capacidad instalada total de 24.15 GW de energías renovables para la generación de electricidad. La hidroeléctrica seguiría siendo la principal fuente, con 15.3 GW, seguida de la energía eólica (4.56 GW), la energía solar fotovoltaica (4 GW), la biomasa (350 MW) y el biogás (11 MW). Esto aumentaría la participación de las renovables en la matriz eléctrica de Colombia al 79%, según estimaciones del gobierno.



IEA. CC BY 4.0.

Figura 4. Participación de energías renovables en la oferta energética mundial

Nota: Figura tomada del informe Colombia 2023 Energy Policy Review de la IEA

En el tema de la bioenergía, en la hoja de Ruta para una Transición Energética Justa, el gobierno colombiano menciona los recursos de biomasa, biogás y biocombustibles avanzados, incluyendo combustibles sostenibles para la aviación. La Hoja de Ruta destaca la importancia de localizar (*georreferenciar*) estos

recursos y estimar su potencial energético. Sin embargo, en las bases del PND, aún no está claro el porcentaje que la bioenergía representará en la generación total de electricidad. Estimativos de [IRENA \(2019\)](#) dejan la participación de bioenergía en electricidad constante hasta 2050 en un modesto 6%.

Con respecto a los combustibles sostenibles para la aviación (SAF) a partir del 27 de octubre de 2023 se han realizado en Bogotá varias mesas con actores clave del gobierno, empresas y toda la cadena productiva con el fin de realizar una Hoja de Ruta de SAF para Colombia. Al respecto, se ha destacado el papel preponderante que tienen:

- i. Estrategias de capacitación en todos los aspectos de la cadena de valor, dada el bajo nivel de conocimiento en general
- ii. La identificación de los biorrecursos: aceite vegetal, biomasa lignocelulósica, corrientes agroindustriales residuales y la logística de uso
- iii. Identificación de recursos económicos para infraestructura de los procesos productivos
- iv. El hidrógeno no contaminante como un insumo clave
- v. Oportunidades de uso de dióxido de carbono como insumo para la producción de SAF: combustibles sintéticos
- vi. Regulación tanto en el proceso productivo como en la garantía de la calidad del producto y su comercialización
- vii. Incentivos económicos por los elevados costos en toda la cadena de valor de SAF.

La producción de biocombustibles en Colombia incluye biodiésel, producido a partir de aceite de palma, y bioetanol, producido a partir de caña de azúcar. La producción de biocombustibles líquidos comenzó en 2005 (0.6 PJ) y alcanzó los 32 PJ en 2021. De 2011 a 2021, la producción de biocombustibles líquidos creció un 37%. En los últimos años, el costo de producción de bioetanol y biodiésel en Colombia ha sido típicamente un 40-50% más alto que el de los combustibles fósiles. Si los precios de producción de biocombustibles son altos, el precio de la gasolina o el diésel de combustibles fósiles se reduce en una cantidad correspondiente para mantener un precio final estable para el usuario. Se utiliza el Fondo de Estabilización de Precios de Combustibles para cubrir la diferencia si el precio final está por debajo del mercado internacional.

Colombia tiene regulaciones obligatorias para el uso de biocombustibles en el transporte, con mandatos específicos de mezcla, como el 10% para gasolina y diésel. Aunque el gobierno trabaja en evaluar las emisiones y no hay certificaciones de sostenibilidad actualmente, los mandatos de mezcla se ajustan en función de precios y producción de etanol. En 2021/22, se redujeron los mandatos para gasolina y diésel, y la obligación de mezcla de etanol varió del 6% al 10%. Los distribuidores se están preparando para cumplir con los futuros límites de contenido de azufre que entrarán en vigencia en 2031.

Por otra parte, el gobierno busca explorar nuevas materias primas. Se financian investigaciones para evaluar opciones como sorgo dulce, higuera, sachá inchi y algas. Se considera el uso de microalgas y macroalgas para producir bioetanol debido a beneficios como el corto tiempo de cultivo y la absorción de dióxido de carbono. La ausencia de lignina en las algas facilita la producción sin procesos adicionales. Otras propuestas incluyen utilizar efluentes de digestión anaerobia termófila en lugar de agua dulce, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.

A pesar de los programas de financiamiento existentes, en 2021 persistía la falta de acceso a la electricidad para el 3% de la población y 1 millón de familias carecían de acceso a cocina limpia. Además, aproximadamente el 45% de la población vive en situación de pobreza. Los proyectos de energía limpia enfrentan resistencia por parte de las comunidades locales, que expresan preocupaciones sobre la falta de consulta, evaluación de impacto ambiental y social, y comprensión de la relación entre las comunidades y sus tierras, siendo La Guajira un ejemplo destacado debido a su alta población indígena, elevados niveles de pobreza y acceso limitado a la electricidad, a pesar de su potencial en energía eólica y solar.

La transición energética es una prioridad política central del nuevo gobierno de Petro, con un enfoque marcado en la justicia social, la propiedad local de los recursos y el respaldo a las comunidades vulnerables para lograr acceso a la energía e inversiones en energía limpia en todo el país. En 2023, el gobierno promulgó la ley de implementación del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022-2026 y está desarrollando un Mapa de Ruta para una Transición Energética Justa para establecer una visión compartida en todo el país sobre la necesidad de promover la energía limpia para todos, especialmente en zonas aisladas; reducir la alta dependencia financiera de las exportaciones de la industria extractiva; y fomentar el empleo y la capacitación. La experiencia de la Comisión Global de la IEA sobre Transiciones Centradas en las Personas ofrece lecciones valiosas para el gobierno colombiano, contribuyendo a impulsar los beneficios económicos locales y la transición hacia la energía limpia y nuevas oportunidades laborales. Basándose en el PND, el Mapa de Ruta para una Transición Energética Justa y la reforma de los subsidios pueden respaldar la respuesta del sector energético al cambio climático, en consonancia con los objetivos generales de descarbonización para 2050.

## **3.2. BARRERAS Y OPORTUNIDADES: DESARROLLO DE LA BIOENERGÍA EN COLOMBIA**

En esta sección se mencionan barreras, oportunidades y sectores de interés relacionados al ámbito bioenergético, que se describen a continuación:

### **3.2.1. Barreras para el desarrollo del sector de bioenergía en Colombia**

Se hizo una revisión de posibles barreras en el sector bioenergético en Colombia y se encontró que la AIE en su reporte titulado “Colombia 2023: Energy Policy Review” contempla un escenario acelerado con un aumento de capacidad del +60% si se eliminan las barreras para la implementación de energías renovables. Estas barreras incluyen el lento desarrollo de la infraestructura de transmisión y demoras en los permisos debido a preocupaciones sobre la aceptación comunitaria. Sin embargo, se espera que la proporción de biomasa disminuya significativamente para 2025, incluso en cogeneración, donde la combustión de biomasa representa actualmente una gran parte.

El informe “De la práctica a la política: análisis de las barreras a la inversión en biogás en Colombia y las medidas para abordarlas, a partir de la experiencia de los desarrolladores y otros actores relevantes”, presenta una metodología de identificación de probabilidad e impacto de las barreras identificadas en el sector energético de Colombia y en torno al biogás. Esta metodología es extrapolable a todo el sector de bioenergéticos debido a que aborda las barreras más relevantes en torno a las energías renovables, siguiendo

las directrices de la ONU. El documento “Derisking Renewable Energy Investment” publicado en el año 2013<sup>1</sup>, hace parte del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, y define una metodología estructurada para evaluar los riesgos, barreras, stakeholders, entre otros, en torno al desarrollo, e implementación de proyectos de energías renovables. Con base en esta metodología, se definieron barreras típicas en torno al desarrollo de bioenergía, que para este estudio que se presentan en la Figura 5, las cuales estructuraron el plan de encuestas que se llevó a cabo para caracterizar e identificar aspectos críticos en la gobernanza y el desarrollo en torno al sector de la bioenergía.



Figura 5. Evaluación de barreras

Nota: Figura tomada de “De la práctica a la política: análisis de las barreras a la inversión en biogás en Colombia y las medidas para abordarlas, a partir de la experiencia de los desarrolladores y otros actores relevantes”, 2021. Basado en la metodología Derisking Renewable Energy Investment.

Se identificaron en total 25 barreras relevantes para el contexto de los bioenergéticos en Colombia, y a su vez, cada barrera se asoció con el mecanismo legal que la puede mitigar o eliminar, con el fin de identificar la efectividad de los mecanismos existentes y su aceptación dentro de los encuestados para superar las barreras identificadas. Un aspecto importante que se debe abordar en las encuestas es la percepción de las entidades privadas y agremiaciones que actualmente trabajan en sectores que pueden implementar bioenergía, o que ya la producen, con el fin de explorar si está en sus planes incrementar la inversión, y desarrollar la infraestructura que permita la producción más eficiente, sostenible y aumentar los volúmenes de proceso.

Por otra parte, de acuerdo al *Documento de Posición Empresarial: Colombia y las Energías Renovables* realizado por GOPA mbH (Gesellschaft für Organisation, Planung und Ausbildung mbH), IEC (International Economics Consulting) y B&S Europe (Business & Strategies in Europe S.A.) en 2023, se identificaron limitantes en el desarrollo de Fuentes No Convencionales de Energías Renovables (FNCER) en Colombia, según empresas de la UE que operan en el país y gremios a los que ellas se encuentran asociadas. Las

<sup>1</sup> <https://www.undp.org/energy/our-flagship-initiatives/derisking-renewable-energy-investment-framework>

limitantes identificadas se presentan en la Tabla 3 y también fueron tomadas en cuenta para el diseño de las encuestas.

**Tabla 3. Limitantes en el desarrollo de FNCE en Colombia por parte de empresas Unión Europea**

Limitantes identificadas	Marco normativo
<p>Ausencia de regulación detallada de trámites de <b>consulta previa</b><sup>2</sup> a comunidades étnicas, lo que representa un obstáculo para iniciar y ejecutar los proyectos de energías renovables.</p> <p>El principal problema es la ausencia de una normativa que tenga la naturaleza y fuerza vinculante adecuadas.</p>	<p>Ley 21 de 1991 del <i>Convenio número 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes</i> Ley 2273 de 2022 con el <i>“Acuerdo regional sobre el acceso a la información, la participación pública y el acceso a la justicia en asuntos ambientales en América Latina y el Caribe”</i></p>
<p>Trámites de <b>licencias ambientales y sociales</b> atrasados en las entidades encargadas de su emisión.</p>	<p>Decreto 2041 de 2014</p> <p>Las licencias son emitidas por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)</li> <li>– Las Corporaciones Autónomas Regionales y las de Desarrollo Sostenible, directamente o por conducto de las entidades territoriales (departamentos, municipios, distritos).</li> </ul>
<p>Poco apoyo estatal para alcanzar <b>acuerdos entre comunidades e inversionistas</b></p> <p>Las comunidades étnicas en Colombia se han mostrado, a lo largo de la historia nacional, renuentes a llegar acuerdos con inversionistas y el Estado</p>	<p>Consulta previa a comunidades étnicas que, según la Constitución, es un derecho de las comunidades tengan la posibilidad de decidir sobre medidas legislativas y administrativas, o proyectos, obras o actividades que se realicen dentro de sus territorios.</p>
<p>Procedimiento y criterios para el <b>otorgamiento de incentivos tributarios</b></p> <p>La UPME es la única entidad encargada de certificar los proyectos de FNCE y de GEE, y los tiempos de certificación son prolongados, proceso complejo para la inscripción de información técnica y ambiental requerida.</p>	<p>Ley 2099 de 2021 Decreto 895 de 2022</p> <p>Incentivos tributarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Deducción fiscal del impuesto sobre la renta por 50% del valor total de la inversión</li> <li>– Exención del IVA para equipos y servicios de energía renovable.</li> <li>– Exención de derechos de importación para equipos de energía renovable no producidos localmente</li> <li>– Depreciación acelerada para inversiones en energía renovable.</li> </ul>

<sup>2</sup> La consulta previa ha sido definida como el derecho de grupos étnicos, de tener la posibilidad de decidir sobre medidas legislativas y administrativas, o proyectos, obras o actividades que se realicen dentro de sus territorios.

Limitantes identificadas	Marco normativo
<p><b>Retos para el desarrollo de proyectos de biomasa residual</b> Una de las banderas de la política del Gobierno Nacional es la garantía de la seguridad alimentaria. Desde el año 2009 la Unidad de Planeación Minero Energética del Ministerio de Minas y Energía – UPME ha venido denunciado la “enorme polémica a nivel mundial en relación al posible desabastecimiento de alimentos derivado de la producción masiva de biocombustibles”. En virtud de lo anterior, el desarrollo de la industria de biocombustibles producidos a partir de productos agrícolas como sucede en el caso del alcohol carburante – etanol, puede verse ralentizada por la política de seguridad alimentaria del Gobierno Nacional, dando prioridad al uso de los productos agrícolas para el abastecimiento de alimentos antes que para la producción de biocombustibles.</p>	<p>Ley 1715 de 2014 Ley 788 de 2002</p>
<p><b>Deficiencia en el aprovechamiento de residuos sólidos</b> La Ley 1715 de 2014 no ha alcanzado el impacto esperado y ha habido un despliegue casi nulo de las FNCER en un lapso de los siete años de su vigencia, con falta de reglamentación para esta ley, según el Diagnóstico base para la Transición Energética Justa (TEJ)<sup>3</sup></p>	<p>Ley 1715 de 2014, donde se estableció que el contenido energético de los residuos sólidos que no sean susceptibles de reutilización y reciclaje, así como, de la fracción biodegradable y de la fracción de combustible de los residuos de biomasa serán FNCER en Colombia.</p>

Nota: Tabla elaborada con información del *Documento de Posición Empresarial: Colombia y las Energías Renovables* realizado por GOPA mbH (Gesellschaft für Organisation, Planung und Ausbildung mbH), IEC (International Economics Consulting) y B&S Europe (Business & Strategies in Europe S.A.) (2023). Las empresas de la Unión Europea son las que actúan en Colombia.

### 3.2.2. Oportunidades y sectores prometedores para implementar bioenergía

Teniendo en cuenta que Colombia posee una importante actividad agrícola, es en este sector donde se encuentra el potencial energético de sus residuos. La biomasa seca o húmeda puede ser transformada directamente en energía usando incineración, siendo esta forma la más económica y sencilla para los pequeños cultivadores y gestores de grandes flujos de biomasa.

Procesos más complejos y que requieren de inversión permitirán desarrollar el sector bioenergético de formas más eficientes e intensivas dependiendo de los recursos disponibles y de manera sostenible, buscando reducir al máximo la generación de residuos.

En el caso de Colombia, la gran diversidad de cultivos permite múltiples posibilidades en la obtención de no solo energía a partir de biomasa, sino de subproductos y materias primas de valor agregado como insumos para obtener nutracéuticos, alimentos, cosméticos, insumos agrícolas, materiales, entre otros. La Figura 6 presenta un esquema que ilustra las oportunidades de desarrollo en torno a la gestión de la biomasa para producción de productos y energía, teniendo en cuenta la capacidad de los actores que pueden procesar su biomasa, lo que aplica para cualquier actividad agrícola.

<sup>3</sup> [https://www.minenergia.gov.co/documents/10439/2/\\_Diagn%C3%B3stico\\_base\\_para\\_la\\_TEJ.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/10439/2/_Diagn%C3%B3stico_base_para_la_TEJ.pdf)

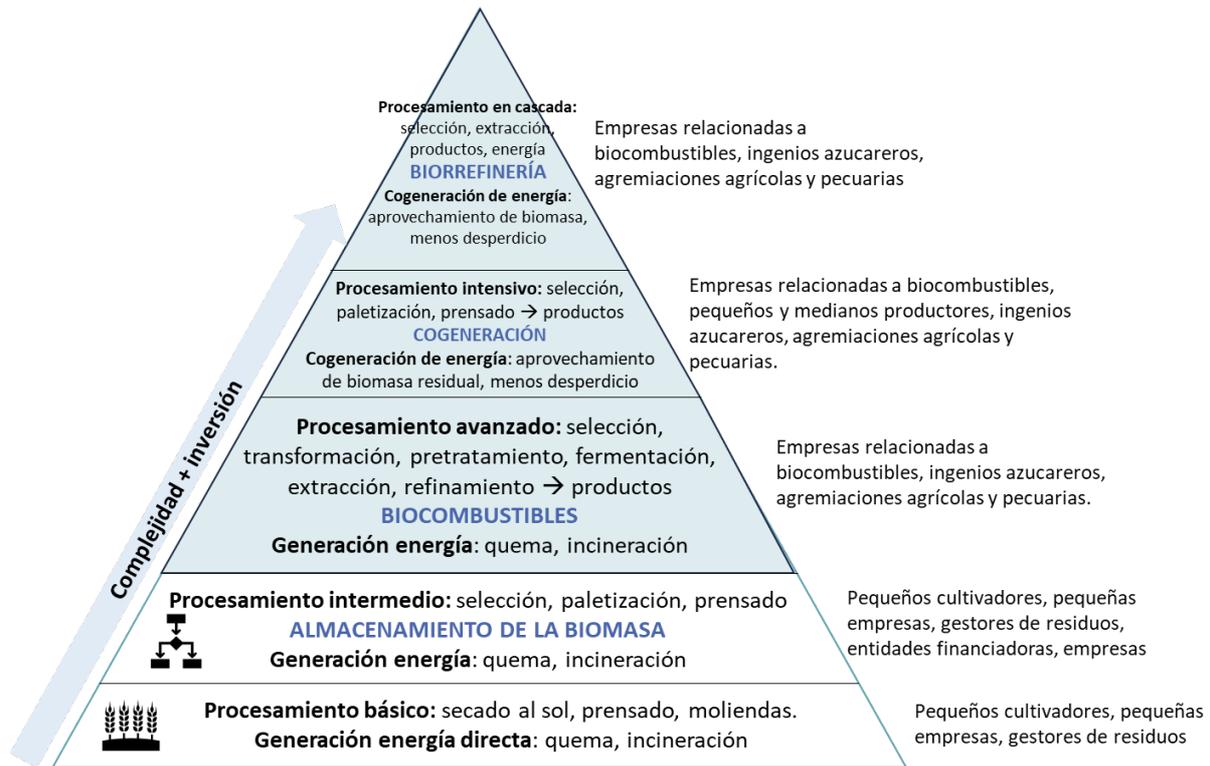


Figura 6. Niveles de procesamiento de la biomasa

Nota: elaboración propia a partir de los tres niveles superiores de la pirámide, se refieren a enfoques de valorización de biorrefinería.

En Colombia se pueden identificar los siguientes sectores en los cuales la bioenergía puede implementarse y desarrollarse de forma prometedora:

- **Agricultura:** la bioenergía a partir de residuos agrícolas permitirá el desarrollo de comunidades energéticas autosuficientes, especialmente en territorios no conectados. Además, aplicando un enfoque de biorrefinería es posible que las actividades productivas en torno a la agricultura sean más eficientes, menos contaminantes, y generen mayor valor agregado a la biomasa transformada. Conocer el inventario de biomasa en el país es un punto de partida clave para trazar la hoja de ruta de la bioenergía en Colombia, pues el potencial energético de biomasa debe ser cuantificado para dirigir esfuerzos efectivos en torno al desarrollo del sector agrícola en torno a la bioenergía, lo cual está en línea con los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU.
- **Transporte:** en Colombia hay una infraestructura importante para la producción de bioetanol y biodiesel, a partir de los cultivos de caña de azúcar y palma de aceite. Teniendo en cuenta que en Colombia hay exigencias regulatorias de mezclas de combustibles fósiles con biocombustibles, el sector transporte tiene una oportunidad de ponerse a la cabeza en el uso de bioenergéticos, incluyendo el sector aviación con el SAF.
- **Energético:** a partir de la biomasa, se puede obtener energía eléctrica a través de procesos de conversión térmica y de generación eléctrica. La bioenergía puede representar una parte importante en la generación eléctrica de Colombia debido a la disponibilidad de biomasa en todo el territorio del país. La producción de biogás, y biodiesel a partir de biomasa residual es una oportunidad de fortalecimiento

del sector. El subsector de calor derivado y calor directo, proporciona alternativas para los productores y cogeneradores a diferentes escalas, por lo que la biomasa en este sector es prometedor para la soberanía energética.

### **3.3. ENCUESTAS A ACTORES DE INTERÉS**

La metodología para la aplicación de encuestas consistió en la identificación de los actores de interés del sector bioenergético y en la creación del formato de las encuestas a partir de barreras identificadas en la Sección 3.2.1 de este informe. A continuación, se describen las dos actividades de la metodología:

#### **3.3.1. Identificación de gremios y entidades en torno al sector de bioenergía**

Teniendo en cuenta la información existente sobre el marco legal y normativo que define y reglamenta las energías renovables, que mencionan la biomasa como fuente no convencional de energía, se pudieron identificar las siguientes entidades claves, que mueven el sector bioenergético en Colombia, tanto desde el sector privado como el público. Como se mencionó en el marco legal presentado en secciones anteriores, Colombia tiene regulación que establecen el uso de biocombustibles en mezcla con combustibles tradicionales, en particular el biodiesel y el bioetanol, por tanto, los ingenios azucareros y las agremiaciones en torno al cultivo y procesamiento de la palma, tiene un rol clave en el sector de la bioenergía en el territorio nacional. En la Figura 7 se presenta un diagrama de las entidades que coexisten en el territorio nacional y las que están relacionadas con aspectos de gobernanza en torno a los bioenergéticos.

La articulación de estas entidades, que comprende fuentes de financiación, cultivadores, empresarios, agremiaciones, entidades del gobierno, y entidades adscritas que conforman el aparato regulatorio y productivo de los dos bioenergéticos más relevantes en el país. Respecto a la generación de energía a partir de biomasa, se debe mapear los actores principales de las empresas/instituciones que generan estos biocombustibles.

Adicionalmente, se identificaron empresas, personas y gremios, que participan en la gestión de residuos sólidos y biomasa residual tanto en áreas urbanas como rurales. También fueron importantes los autogeneradores a pequeña escala, teniendo en cuenta el gran potencial agrícola de Colombia y la biomasa que se genera en estas actividades económicas, así como, grupos de investigación e instituciones académicas que evalúen y promuevan nuevas tecnologías en el ámbito bioenergético.

Una vez identificados los sectores se seleccionaron 44 actores de interés en Colombia, que se clasificaron en cuatro grupos: A) generadores de materia prima y bioenergéticos; B) productores de bioenergía, actores interesados en bioenergéticos, concededores de tecnologías y formadores de profesionales; C) entidades gubernamentales y públicas interesadas; y D) entidades de financiamiento.



Figura 7. Entidades y actores en torno a la bioenergía

Nota: Figura de elaboración propia.

### 3.3.2. Creación y realización de encuestas

La creación de la matriz de riesgos y obstáculos usado en las encuestas se fundamentó en la metodología DREI "Derisking Renewable Energy Investments (Mitigación de los Riesgos de Inversión en Energía Renovable)", concebida por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), así como, como en el marco regulatorio y las barreras identificadas por empresas europeas que operan en Colombia, según la revisión de la Sección 3.2.1. A partir de estos recursos, se diseñaron las preguntas en las encuestas destinadas a caracterizar e identificar la percepción por parte de los encuestados, en cuanto a la probabilidad de que la barrera ocurra y la importancia de su impacto, en el evento que efectivamente ocurriera. La matriz de barreras identificadas, incluyendo mecanismos de mitigación se presenta en el Anexo 2. En la Tabla 4 se presenta un resumen que expresa las barreras en frases clave para comprender de mejor manera los resultados de las encuestas. En esta tabla se ha incluido el código de colores usado en las gráficas que presentan los resultados que se analizan en la Sección 4.1 de este informe.

**Tabla 4. Barreras identificadas que fueron objeto de discusión en las encuestas**

# en la plantilla de encuesta	Descripción	Tipo barrera	Porcentaje de barreras por tipo
19	Volatilidad de la moneda y riesgos cambiarios.	Económico/Financier	20
20	Incertidumbre económica por inflación y tasas de interés.	Económico/Financier	
14	Escasez de capital por sesgo político y restricciones financieras.	Económico/Financier	
15	Falta de experiencia y financiamiento en renovables.	Económico/Financier	
13	Límites crédito, gobierno corporativo y políticas de servicios públicos.	Económico/Financier	
12	Infraestructura de transmisión inadecuada v falta de líneas.	Infraestructura	8
9	Desafíos en planificación, construcción v operación de proyectos.	Infraestructura	
3	Distorsiones por subsidios al combustible fósil.	Logístico/Mercado	12
2	Limitaciones en mercado, acceso v diseño de contratos energéticos.	Logístico/Mercado	
4	Procesos burocráticos largos para proyectos renovables.	Logístico/Mercado	
22	Faltan estrategias para calidad de biocombustibles v exportación.	Político/Normativo	32
25	Ausencia de hoja de ruta para bioenergéticos nacionales.	Político/Normativo	
1	Incertidumbre en objetivos gubernamentales de energía renovable.	Político/Normativo	
5	Falta de eficiencia sin mecanismos de rendición de cuentas claros.	Político/Normativo	
16	Incertidumbre por conflictos o disturbios civiles.	Político/Normativo	
17	Incertidumbre por políticas gubernamentales restrictivas.	Político/Normativo	
17	Inestabilidad política v deficiencias de gobernanza.	Político/Normativo	
7	Resistencia social v política a energías renovables.	Político/Normativo	
6	Falta de conciencia sobre renovables en comunidades locales.	Social	4
11	Experiencia limitada en gestión de red con energía renovable.	Tecnológico/conocimiento	24
21	Falta de conocimiento en transporte v biocombustibles.	Tecnológico/conocimiento	
10	Falta de información v experiencia local en hardware.	Tecnológico/conocimiento	
23	Falta de evaluación de tecnologías avanzadas en bioenergía.	Tecnológico/conocimiento	
24	Escasez de investigación en tecnologías de bioenergía.	Tecnológico/conocimiento	
8	Incertidumbres en evaluación y suministro de recursos renovables.	Tecnológico/conocimiento	

Nota: Tabla de elaboración propia

Adicionalmente, en las encuestas se consideraron puntos de vista de los entrevistados en los temas político y regulatorio, ambiental, tecnológico, económico, y social. El objeto de esta parte de las encuestas fue recopilar valiosas experiencias de los encuestados en su campo de acción en torno a la bioenergía y sus sugerencias respecto a estrategias de mitigación, reducción de emisiones, normatividad y gobernanza, para lo cual se formularon las preguntas abiertas que se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Preguntas abiertas en las encuestas para capturar experiencia y estrategias de mitigación

#	Pregunta	Tema	Porcentaje de preguntas por tema
1	¿Conoce las metas de Colombia en términos de reducción de emisiones y sostenibilidad ambiental para la transición energética?	Político y regulatorio	18
2	¿Son claras las regulaciones y procedimientos relacionados al sector de bioenergéticos en Colombia? ¿Conoce de los beneficios tributarios y es fácil acceder a ellos?		
3	¿Considera que hay una gobernanza clara y eficiente en Colombia para promover el uso de bioenergía?		
4	¿Considera que la regulación nacional promueve la adopción de bioenergéticos en el país? ¿Por qué?		
5	¿Considera que implementar la bioenergía para satisfacer su demanda de energía beneficia al medio ambiente?	Ambiental	14
6	¿Ha cuantificado la reducción de emisiones que ha logrado, o podría lograr implementando la bioenergía en sus procesos? ¿Resulta ser más sostenible?		
7	¿Considera que los entes ambientales tienen procedimientos y lineamientos claros para proteger los ecosistemas de las actividades económicas contaminantes?		
8	¿Su organización invierte en proyectos de I+D en torno a la implementación de fuentes de bioenergía?	Tecnológico	27
9	¿Considera que las barreras tecnológicas habituales en países en vía de desarrollo han limitado el desarrollo del sector bioenergético del país? ¿Cómo se evidencian las limitantes desde su sector?		
10	¿Considera que la academia en Colombia es un puente efectivo para fortalecer el sector de bioenergéticos en el país? ¿Por qué?		
11	¿Ha tenido experiencia con el sector académico para el desarrollo de proyectos de I+D?		
12	¿Ha recibido financiación facilitada por actores de la academia, públicos, o extranjeros? ¿De qué tipo?		
13	¿Considera que Colombia tiene programas universitarios que ayudan a fortalecer el mercado de bioenergéticos en el país a través de la formación de profesionales altamente calificados?		
14	¿Ha tenido acceso a capital por parte de entidades gubernamentales o financieras para desarrollar proyectos que promuevan las bioenergías?	Económico y financiero	27
15	¿Cómo considera el nivel de riesgo de inversión en Colombia para el desarrollo e implementación de bioenergías en el territorio nacional? ¿Qué sector productivo considera que puede presentar los mayores y menores riesgos financieros?		
16	¿Ha realizado inversiones relacionadas con el sector de bioenergéticos en Colombia?, y si es afirmativo, ¿Cómo fue su experiencia financiera con esas inversiones? ¿Recuperó la inversión en el tiempo que estableció?		
17	¿Cuáles considera que son los principales factores que afectan la rentabilidad en proyectos de bioenergía en Colombia? ¿Tuvo alguna experiencia notoria?		
18	¿Cómo describiría el nivel de competencia en el mercado de bioenergéticos y energías renovables en Colombia? ¿Ha tenido colaboraciones exitosas con otras empresas del sector? ¿Qué tan sencillo es colaborar con otras empresas del sector de bioenergéticos en Colombia?		

#	Pregunta	Tema	Porcentaje de preguntas por tema
19	Al implementar fuentes de energía no renovables incluyendo la bioenergía, ¿Ha podido reducir los costos de producción en términos de consumo energético, en comparación con los costos de la energía tradicional?		
20	¿Cómo evalúa el impacto socio económico de implementar soluciones bioenergéticas en comunidades locales?	Social	14
21	¿Considera que el desarrollo del mercado de bioenergéticos ha contribuido positivamente al empleo, economía y calidad de vida en comunidades de Colombia?		
22	¿Identifica oportunidades específicas de crecimiento o mejora en el sector?		

Nota: Tabla de elaboración propia

Una vez formuladas las preguntas de las encuestas, se diseñó la [plantilla de encuesta](#) y se envió a las 44 entidades de interés identificadas en torno al desarrollo e implementación de proyectos de bioenergía (stakeholders), por medio de una carta oficio emitida por la UPME donde se le invitada a la entidad a responder la encuesta bajo confidencialidad.

Las respuestas de las encuestas se sometieron a un análisis estadístico que se presenta en la Sección 4.1 de este informe, donde es importante destacar que la información se usó con carácter confidencial, sin exponer los nombres de los encuestados ni relacionar respuestas explícitas con el nombre de la entidad. Por esta razón, los datos y respuestas específicas de los encuestados se mantienen bajo confidencialidad en este documento.

### 3.4. METAS DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y BIOENERGÍA

#### 3.4.1. Contexto actual de Colombia y las acciones nacionalmente apropiadas de mitigación

Colombia es un país que no ha sido ajeno a los efectos del cambio climático. En el país los fenómenos del niño y de la niña, son eventos climatológicos que muestran la vulnerabilidad de las infraestructuras energéticas y civiles, que afectan en diferentes formas el suministro de energía, que se basa en un 70% de las hidroeléctricas.

Las actividades agrícolas del país, incluyendo la transformación de bosques, son las que generan la mayor parte de las emisiones de GEI del país, por tanto, este sector se debe intervenir en la hoja de ruta, como clave en la implementación de bioenergía. En este sector, se encuentra un potencial de generación energética importante que al ser aprovechado reduciría la dependencia de combustibles fósiles y la generación de residuos, todo ello contemplado en la economía circular.

El uso de infraestructura existente para la reconversión a bioenergía, presenta un panorama interesante para el sector energético de Colombia, siendo el primer eslabón de análisis, la logística en torno a la adecuación de la biomasa, para que se garantice su disponibilidad en las plantas de procesamiento, independiente de su tamaño y capacidad. Por tanto, en la hoja de ruta de bioenergía es importante contemplar estrategias que permitan la transformación de la biomasa, para que su transporte y uso final en aplicaciones energéticas sea garantizado sin perder sus propiedades térmicas, y aumentando su densidad para optimizar procesos, que

permitan manejar la biomasa y disminuir al máximo la generación de residuos que generan emisiones de GEI y afectaciones al medio ambiente.

Colombia se ha alineado a los lineamientos de reducción de emisiones de efecto invernadero. En la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Plan de Acción de Bali, 2007) se hizo un llamado a los países en vías de desarrollo para que implementen las Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación (NAMAs, en inglés), las cuales, son políticas, regulaciones, programas u otro tipo de acciones que reducen las emisiones de GEI de sus niveles tendenciales y contribuyen a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible. Estas acciones deben ser medibles, notificables y verificables, dentro del contexto del desarrollo sostenible.

Las NAMAs deben ser apoyadas y facilitadas mediante la transferencia de tecnologías, financiamiento y construcción de capacidades. Son compromisos voluntarios que se ratificaron en los Acuerdos de Cancún (2010), indicando que las NAMAs deben desviar las emisiones de GEI de los escenarios tendenciales o “business as usual” de los países en vías de desarrollo. A continuación, se analizan algunos de los compromisos de reducción de emisiones del país según la normatividad vigente y mencionada en el marco legal actual.

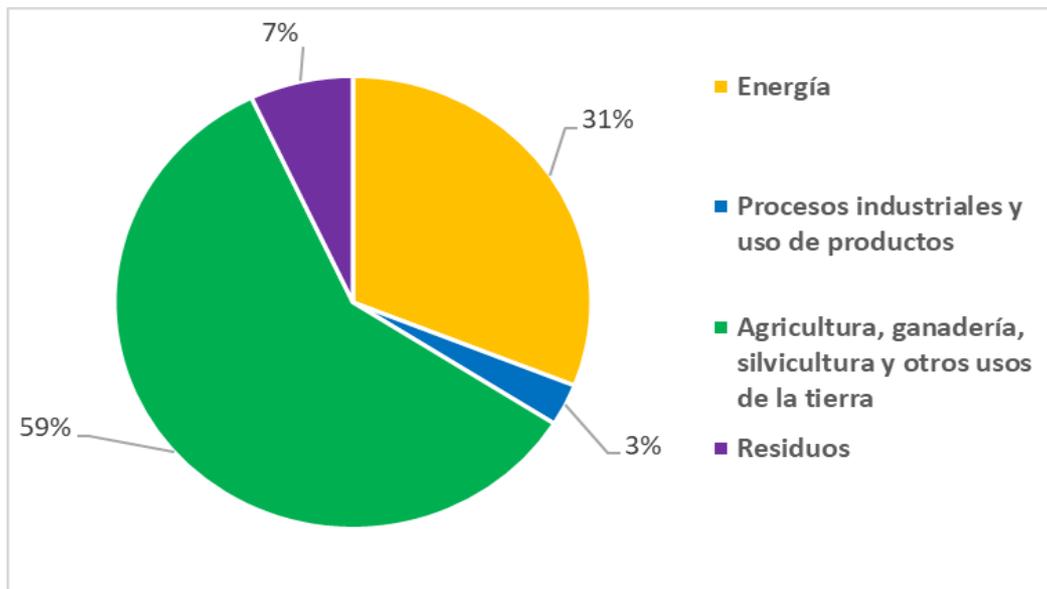
#### **3.4.2. Compromiso de Colombia en reducción de emisiones y residuos**

Un aspecto importante de la sostenibilidad y cambio climático, es el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), para identificar los sectores que deben ser intervenidos en las políticas públicas para reducir el impacto ambiental de sus actividades, y generar estrategias viables para mejorar los índices de emisiones, las cuales se calculan como dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-eq). El reporte más reciente y oficial del inventario de emisiones de Colombia se publicó para el año 2018, y se presenta en la Figura 8. Para el año 2018, se calculó que el total de emisiones en el país fue de 302974 Gg CO<sub>2</sub>-eq.

El sector que más emisiones de GEI genera en Colombia es el relacionado con actividades agrícolas, ganadería y otros usos de la tierra (59% de las emisiones), relacionado con las actividades de sustitución de bosques por tierras de cultivo, fermentación entérica, gestión del estiércol, y el cultivo de arroz (829 Gg CO<sub>2</sub>-eq). Además, la silvicultura y otros usos de la tierra como pastizales, tierras de cultivo y quema de biomasa, generan la mayor contribución a las emisiones de GEI. El siguiente sector que más genera emisiones de GEI es el de energía (31% de las emisiones). En este sector, el mayor aporte en las emisiones fue de las actividades relacionadas al transporte (32827 Gg CO<sub>2</sub> eq), seguido de la industria de la energía (24532 Gg CO<sub>2</sub> eq) y la quema de combustible en industrias (13152 Gg CO<sub>2</sub> eq), y en menor medida comprende las emisiones fugitivas, la quema de combustibles en actividades residenciales y comerciales, y finalmente la quema de combustibles en agricultura. En menor medida, el sector de industria y gestión de residuos generan en conjunto el 10% de las emisiones, siendo la eliminación de residuos sólidos y los procesos industriales los que más contribuyen al inventario de emisiones en los mencionados sectores.

Este panorama muestra que no hay una gestión efectiva en el mantenimiento de los ecosistemas que genera una afectación importante en el desempeño medioambiental de Colombia. Por otro lado, las actividades agrícolas deben ser mejoradas para reducir la generación de emisiones de GEI, así como estimular la transición a energías renovables en el sector de transporte adoptando vehículos y sistemas masivos de

transporte basados en electricidad; también es necesario que la industria manufacturera adopte estrategias de mitigación de generación de GEI, captura de carbono, y economía circular. Además, las tecnologías de eliminación de residuos sólidos y tratamientos de aguas deben modernizarse para reducir sus emisiones.



**Figura 8. Inventario de emisiones GEI en Colombia por sector para el año 2018**

Nota: Figura adaptada de “Tercer informe bienal de actualización de cambio climático de Colombia”, BUR3, Gobierno Nacional, IDEAM: IDEAM, Fundación Natura, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. 2021. Tercer Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). IDEAM, Fundación Natura, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia.

Las metas de mitigación en Colombia pueden considerarse ambiciosas. El escenario de generación de emisiones totales de referencia para el año 2030 es de 345.800 Gg de CO<sub>2</sub> eq, y las metas de mitigación del país fueron trazadas a una emisión máxima de 165.440 Gg de CO<sub>2</sub> eq en 2030, lo cual representa una disminución del 51% de las emisiones respecto a la proyección del escenario de referencia. Como medida adicional, se establecerán impuestos al carbono para el periodo 2020-2030, a más tardar al año 2023, y finalmente, la reducción de las emisiones de carbono negro del 40% respecto al nivel de 2014.

El sector que más emisiones de GEI genera en Colombia es el relacionado con actividades AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra) con un 59% de las emisiones. Estas emisiones están específicamente relacionadas con las actividades de sustitución de bosques por tierras de cultivo, fermentación entérica, gestión del estiércol, y el cultivo de arroz (829 Gg CO<sub>2</sub>-eq). Según las proyecciones del año 2020, el sector AFOLU tendría un aporte del 58% del total de emisiones, estando en concordancia con lo que se calculó para el año 2018. Las estrategias de mitigación para este sector son la implementación de NAMAs en diferentes cadenas productivas, como la ganadería bovina, producción de café, panela, arroz, entre otros, que incluyen estrategias como la gestión de aguas residuales, y la eficiencia energética. Aun así, la restauración ecológica masiva es una iniciativa que busca restablecer los ecosistemas boscosos dañados o destruidos, definidos en el Plan Nacional de Restauración, en el que se espera mitigar 16.940 Gg CO<sub>2</sub> eq. La sustitución de fogones de leña por estufas eficientes, ayuda a prevenir la tala de bosques, y resultaría en una disminución de 2.290 Gg CO<sub>2</sub> eq en emisiones para el año 2030.

Por otro lado, una meta intersectorial del país es la reducción de la deforestación a través de la Estrategia Integral de Control a La Deforestación y Gestión de Bosques, el programa REDD+, las acciones mencionadas en CONALDEF y documento CONPES, incluyendo medidas de PIGCCS sectoriales, donde se articula con una meta de incendios forestales. Para el año 2030, se trazó como meta la disminución de la tasa de deforestación a 50.000 ha/año, lo que representaría un escenario de mitigación de 59.180 Gg CO<sub>2</sub> eq.

El siguiente sector que más genera emisiones de GEI es el de energía (31% de las emisiones), que para el año 2020 se proyectó como el 32% de las emisiones totales, estando en línea con las cifras presentadas en el informe de contribución de la demanda para Colombia. La meta integrada para el sector energético es de reducir potencialmente 11.200 Gg CO<sub>2</sub> eq para el año 2030. A modo de comparación, en el año 2018, se reportaron emisiones de 93.921 Gg CO<sub>2</sub> eq para el sector energía.

Otros Ministerios como el de Transporte, Comercio y el de Vivienda tienen metas que incluyen la gestión integral de residuos sólidos, la gestión de aguas residuales, la intervención del sector cemento y ladrilleras, movilidad eléctrica y estímulo del transporte fluvial, la implementación de NAMAs en sectores como la refrigeración, transporte activo y gestión de la demanda, y desarrollo orientado al transporte, entre otros.

Teniendo en cuenta las metas del país en torno a la mitigación de emisiones de GEI, se puede evidenciar que hay una consciencia a nivel político sobre los sectores que más generan emisiones, como el AFOLU y energía, desplegando una serie de programas, estrategias, presupuestos y acciones, todos ellos orientados a promover la transición energética, la transferencia tecnológica, y las entidades territoriales para lograr una reconversión a energías renovables en diferentes sectores económicos del país. Sin embargo, el sector de mayor atención es el AFOLU, especialmente los aspectos relacionados a la deforestación, pues es en estas actividades que se encuentra la mayor fuente de emisiones del país, seguido de la agricultura y la ganadería, pues estas actividades promueven la deforestación de los bosques.

La correcta gestión de residuos también es un aspecto clave en la reducción de emisiones y se contempla dentro de los escenarios de mitigación de GEI. Las metas al 2030 de reciclaje fueron trazadas en un modesto reciclaje de los residuos de 15%, siendo la cultura ciudadana, clave para el manejo responsable de los residuos sólidos urbanos, incluyendo los residuos industriales, que además de ser una fuente de polución, pueden generar efectos muy nocivos en el medio ambiente por la liberación de sustancias tóxicas a los ecosistemas.

Es en este contexto que la bioenergía y el concepto de biorrefinería juegan un papel fundamental para la gestión adecuada de la biomasa residual y los residuos urbanos. La adopción de tecnologías eficientes para el manejo de residuos (como la pirólisis, cogeneración, carbonización, peletización, entre otras), puede contribuir a fortalecer los sectores productivos que generan un volumen importante de residuos, de los cuales, la biomasa agrícola y los cultivos energéticos representan una solución integral que puede aumentar la competitividad de Colombia y disminuir el impacto ambiental de las actividades económicas. Sin embargo, el apoyo económico para incentivar la reconversión a bioenergía, aún no parece ser claro y suficiente en el contexto tributario y legal en el país, a pesar de los esfuerzos gubernamentales por estimular las energías renovables convencionales y no convencionales.

Por otro lado, el panorama de generación de emisiones en Colombia, no es muy alentador en comparación con el de otros países. De acuerdo con el World Economic Forum en su documento “Fostering Effective Energy Transition, 2023” Colombia ocupa el puesto 39 entre 120 países con un “Energy Transition Index (ETI)” de 60.5, por encima del promedio mundial de 56.3, lo que deja al país en el primer cuartil de los países más emisores a nivel mundial (Ver detalles en la Figura 9). También se observa que aunque el ETI de Colombia ha aumentado en los últimos años, todavía sigue en un valor muy cercano al que tenía en 2014. De acuerdo con el mismo informe, a nivel mundial gran parte del enfoque se ha centrado, comprensiblemente, en el suministro de energía. Sin embargo, según la ruta hacia la neutralidad de emisiones para 2050 de la AIE, para cumplir con los objetivos de emisiones del Acuerdo de París para 2050, el mundo deberá consumir un 8% menos de energía que hoy. Al mismo tiempo, las economías del mundo deberán crecer de manera sostenible para proporcionar a 2 mil millones más de personas. Esto significa que el consumo de energía como parte de la producción económica, así como la intensidad de carbono de la energía que consumen las personas, deberán disminuir; es decir, las personas deberán ser más inteligentes y eficientes en su uso de la energía

Colombia, en pleno desarrollo crece económicamente y el avance de los sectores industrial y agrícola son notorios generando mayores consumos energéticos y mayor cantidad de emisiones de GEI. Es así como la sostenibilidad de las cadenas productivas debe ser prioridad del Gobierno Nacional. Se deberían desplegar incentivos económicos y mecanismos efectivos para que los sectores económicos crezcan en torno a la economía circular, negocios verdes y sostenibilidad ambiental, adoptando tecnologías eficientes y de vanguardia para no exceder las emisiones de los escenarios proyectados de emisiones de GEI, lo cual, se define en las NAMAs.

Respecto a las metas de reducción de emisiones de la Unión Europea, el marco de clima y energía para el 2030, definió la adopción de un conjunto de propuestas para que las políticas climáticas, energéticas, de transporte y fiscales de la UE permitan la reducción de las emisiones de GEI en al menos 55% para el 2030, respecto a los niveles de 1990. Para ello, la UE ha adoptado normas integradas para garantizar la planeación, seguimiento y la realización de informes sobre el progreso hacia sus objetivos climáticos para 2030 y sus compromisos en el marco del Acuerdo de París. Las metas de reducción de emisiones para Colombia son similares a las trazadas por la UE, en cuanto a porcentaje de mitigación, lo cual sugiere que son ambiciosas, además de estar basadas en escenarios proyectados y no previos, lo que podría dificultar el seguimiento adecuado de las estrategias de mitigación, ya que dependen de los inventarios que se realicen y de escenarios simulados que pueden no describir la realidad de las emisiones en el territorio nacional y subestimar o sobreestimar la capacidad del país en torno a las acciones y presupuestos en torno a la mitigación de las emisiones de GEI.

La Unión Europea busca convertirse en el primer continente climáticamente neutro para el año 2050, basándose en la mejora de la legislación y el proceso de gobernanza, e incluyendo consultas a ciudadanos y partes interesadas. La evaluación de los impactos ambientales es fundamental para el desarrollo de las políticas y normatividad en función del contexto y las capacidades de sus países.

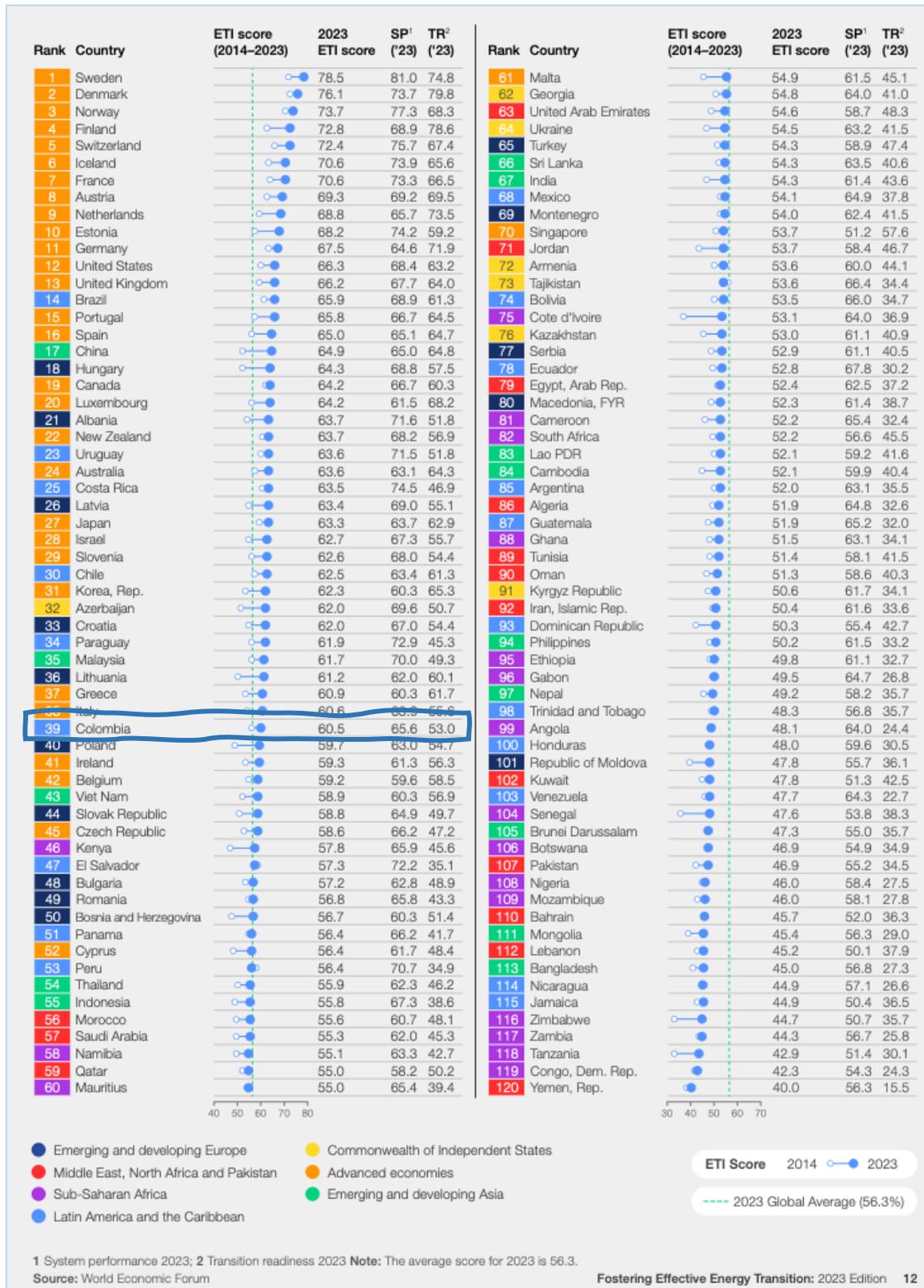


Figura 9. Índice de Transición Energética (ETI) Mundial

Figura tomada del World Economic Forum en su documento "Fostering Effective Energy Transition, 2023"

### 3.4.3. Horizonte 2023 a 2050: indicadores y metas ambientales

Según el DPN (Visión Colombia 2025, PND Gobierno Nacional, 2022) para el año 2050, Colombia espera transformarse en una sociedad incluyente y con bienestar, impulsando una economía productiva y fuerte ante las crisis, promoviendo la equidad e igualdad de oportunidades en cada uno de los territorios nacionales.

Las estrategias para Colombia se han determinado en cuatro puntos de llegada para el 2050, y se mencionan a continuación:

- Neutralidad de carbono y resiliencia climática: la República de Colombia se comprometió en la COP 25 de 2021 a alcanzar la carbono-neutralidad y la resiliencia climática al 2050, estando estas dos metas de manera integral. Este año se ha ratificado en la Ley 2169 de Acción Climática. La neutralidad se logrará cuando las emisiones que genera el país debidas a sus actividades productivas sean proporcionales a la captura de carbono que hace, de esta manera contrarrestando. Para ello un portafolio de siete proyectos se definieron para lograr la meta propuesta: i) Desarrollo basado en la resiliencia climática, ii) Transformación productiva hacia la bioeconomía, iii) Turismo de naturaleza, iv) Transformación del sector energético, v) Futuro de la movilidad, vi) Ciudades circulares con sectores productivos sostenibles, vii) Transición de la fuerza laboral y equidad social.
- Transición productiva: el desarrollo económico se logra aumentando la productividad, lo cual, mejora los estándares de vida. Para el año 2050, Colombia se propone lograr una transición productiva hacia un modelo de producción que integre el crecimiento económico sostenible ambiental y económicamente, basado en incrementar la productividad. Lo anterior se logra mediante el aprovechamiento sostenible del capital natural, del capital social, a partir de la generación y uso de conocimiento, y un mejor balance entre factores de producción. La eficiencia y sofisticación de mercados estratégicos es un objetivo propuesto para estos logros.
- Consolidación de la clase media: la meta de Colombia en este aspecto es consolidar una clase media de 55.4% de la población del país, que tenga acceso a la sanidad, educación de calidad, seguridad en sus territorios, y una red de infraestructuras y viviendas equitativas.
- Desarrollo territorial para la equidad: Colombia consolidará un modelo de desarrollo territorial que garantice la equidad y la igualdad de oportunidades para todos sus habitantes. La seguridad se garantizará como condición necesaria para el desarrollo y el cierre de brechas socioeconómicas a nivel territorial.

Los puntos de llegada mencionados anteriormente, trazan un panorama a futuro basado en el desarrollo sostenible y la igualdad, siendo la neutralidad en emisiones de carbono un objetivo que requiere una transformación profunda del modelo productivo y social del país, con acciones transversales a todo el aparato social, caso similar a las metas de la UE. Sin embargo, todos los esfuerzos orientados a los puntos de llegada requieren de una efectiva gobernanza para que desde la planeación hasta el seguimiento de las metas y acciones se logre una articulación que incluya a la ciudadanía y partes interesadas.

### 3.4.4. Metas de país relacionadas con el desarrollo sostenible y bioenergía

En el documento actualizado de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC) del año 2020, se establecen indicadores y metas en torno a tres componentes: i) mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), ii) adaptación al cambio climático, y iii) medios de implementación como componente instrumental de las políticas y acciones para el desarrollo bajo en carbono, adaptado y resiliente al clima. Las medidas de mitigación de GEI se resumen a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6. Resumen metas de mitigación de GEI para Colombia relacionadas con bioenergía

Ministerio Líder	Medida	Meta*	Año
Ministerio de Minas y Energía	Eficiencia Energética Emisiones Fugitivas Gestión de la demanda Generación de electricidad	Integrada para todo el sector de 11,2 Mt CO2 eq.	2030
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Gestión integral de residuos sólidos: i. gestión y promoción de sistemas de tratamiento mecánico biológico (MTB) ii. aprovechamiento de materiales reciclables iii. sistemas de captación, conducción y quema de biogás en rellenos sanitarios iv. iv) aprovechamiento de biogás en rellenos sanitarios (generación de energía eléctrica)	MTB: 5% Reciclaje: 15% Quema de biogás: 26% (Relleno Sanitario Doña Juana)  1.31 Mt CO2 eq	2030
	Gestión de las aguas residuales domésticas	Entrada en funcionamientos de al menos 6 PTAR  0,02 Mt CO2 eq	
Ministerio Agricultura y Desarrollo Rural	Desarrollo y consolidación de la cadena productiva de las plantaciones forestales con fines comerciales	Plantación de 27.282 hectáreas (300.000 hectáreas 2015- 2030)  10.37 Mt CO2 eq	2030
	Estrategias de reducción de emisiones de GEI en el ciclo de vida de la producción de cacao	80.000 hectáreas en renovación y rehabilitación 150.000 hectáreas en Sistemas Agroforestales con maderables  0.16 Mt CO2 eq	
	Adopción masiva de tecnología (AMTEC 2.0) para la producción de arroz	255.000 hectáreas arroz riego 207.046 hectáreas arroz seco  0,08 Mt CO2 eq (sólo por reducción de emisiones de N2O por menor consumo de fertilizantes)	
	NAMA Café: Estrategias para la mitigación de GEI generados en las etapas de producción, cosecha y poscosecha del café de Colombia a nivel de finca	Área sembrada café (ha): 936.477 (alrededor de 20.000 Ha de Café a nivel nacional que se encuentran actualmente a libre exposición y que potencialmente podrían pasar a un sistema de cultivo bajo sombra (SAF)) Producción tradicional (t): 625.482 Producción Becosub (Beneficio Ecológico del Café y sus subproductos) (t): 205.673 Producción Ecomill (t): 10.825 Reducción de aprox. 4.198 t de Urea por pérdidas por volatilización.	

Ministerio Líder	Medida	Meta*	Año
		0,28 Mt CO2 eq (AFOLU) 0,005 Mt CO2 eq en agregado con la NAMA Panela (Aguas residuales) 0,08 Mt CO2 eq en agregado con la NAMA Panela (Eficiencia energética)	
	NAMA Panela: Desarrollar una estrategia central de planeación, gestión y articulación institucional y financiera para el desarrollo bajo en emisiones y la contribución al desarrollo sostenible de la producción de panela en el país	Reconversión tecnológica de 1.500 trapiches con 800 hectáreas de restauración como compensación a la deforestación histórica. 0,02 Mt CO2 eq (AFOLU) 0,005 Mt CO2 eq en agregado con la NAMA Café (Aguas residuales) 0,08 Mt CO2 eq en agregado con la NAMA Café (Eficiencia energética)	
Ministerio de Comercio, Industria y Turismo	Promoción de proyectos de gestión de la energía y eficiencia energética en el sector de industria: Identificación, estructuración e implementación de proyectos sobre buenas prácticas operativas e implementación de mejoras en procesos energéticos y uso de energéticos de menor factor de emisión.	Hasta 15% en la reducción de energía y/o emisiones en producción industrial, en el módulo correspondiente de demanda energía (1 A 2).  1.67 Mt CO2 eq	
	Gestión para la implementación de tecnologías de abatimiento de emisiones de N2O en la producción de materias primas de fertilizantes: Incorporación de tecnologías de abatimiento, mediante el desarrollo de estrategias conjuntas para la transferencia de tecnologías, mecanismos de financiamiento y sostenimiento de la reducción de las emisiones, e incorporación de un sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV).	Reducción del factor de emisión de óxidos nitrosos hasta en un 80% por unidad de producto en plantas de producción del sector químico y fertilizantes.  0.60 Mt CO2 eq	
Ministerio de Transporte	Movilidad Eléctrica (MoVE): Creación de un entorno normativo y financiero que permita acelerar la transición hacia la movilidad eléctrica, con el fin de establecer estándares regulatorios y técnicos para la comercialización y operación de vehículos eléctricos.	600,000 vehículos eléctricos de las categorías: taxi, vehículos de pasajeros, vehículos ligeros, camiones ligeros, vehículos oficiales  4.04 Mt CO2 eq	
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Sustitución de fogones tradicionales de leña por estufas eficientes: disminución del uso de leña en hogares rurales mediante la implementación de estufas eficientes que utilizan una menor cantidad de este combustible para la misma demanda de energía, para prevenir la degradación de bosques.	1.000.000 de estufas eficientes de cocción por leña (2021- 2030)  2.29 Mt CO2 eq	
Transversal (Ministerio de Hacienda y Ministerio de Ambiente)	Mecanismo de precios al carbono: Asignación de un valor a la combustión de la tonelada de CO2, producto de la imposición de un impuesto con el que se gravan los combustibles líquidos.	\$17.211 (COP 2020) por tonelada de CO2 eq  0.73 Mt CO2 eq	NA

Nota: Tabla de elaboración propia

\* las cifras de CO2 eq, representan el potencial en el escenario de mitigación según modelado en LEAP para la actualización 2020 (VITO, Universidad de Los Andes, CIAT, Universidad de Wageningen, SEI, ESMIA, 2020).

Este panorama presenta ambiciosas metas como compromiso del país para descarbonizar la economía e implementar formas de energía no convencionales, haciendo mención importante en el sector agrícola con iniciativas como NAMA, para cultivos de interés nacional como café, caña panelera, y otras estrategias en

torno a cultivos importantes. Sin embargo, no se menciona el cultivo de palma de aceite, a pesar de que es uno de los principales generadores de bioenergéticos en el territorio nacional.

### 3.5. GOBERNANZA ACTUAL EN COLOMBIA

Para identificar la gobernanza actual en el sector de bioenergético de Colombia, es importante conocer una definición de gobernanza, la cual según Jiménez y Calderón (2022) es un concepto analítico de utilidad para abordar los fenómenos de interacción entre los actores de interés en un sector, en torno a las decisiones estatales, la normatividad o las políticas públicas. La gobernanza se caracteriza por el reconocimiento por parte del gobierno, de la necesidad de considerar y otorgar mayor importancia a la participación de actores no gubernamentales, en la toma de decisiones para solucionar problemas que afectan a la sociedad, así como, la importancia de las relaciones que pueden gestarse entre ellos.

En la Figura 10 se presenta un esquema de gobernanza prescriptiva o normativa basada en la atención de las necesidades y los propósitos de la sociedad, desde el trabajo colaborativo entre un gobierno que reconoce otros actores relevantes, incluyendo a la sociedad y, desde lo privado, a empresas y organizaciones no gubernamentales, quienes a partir de estrategias sumarán recursos y capacidades para solucionar los problemas de la comunidad (Jiménez García & Calderón Valencia, 2022). La gobernanza se ve como un proceso que no se centra en un solo sujeto, el gobierno, sino que reconoce la existencia de diversos actores en una realidad cambiante.

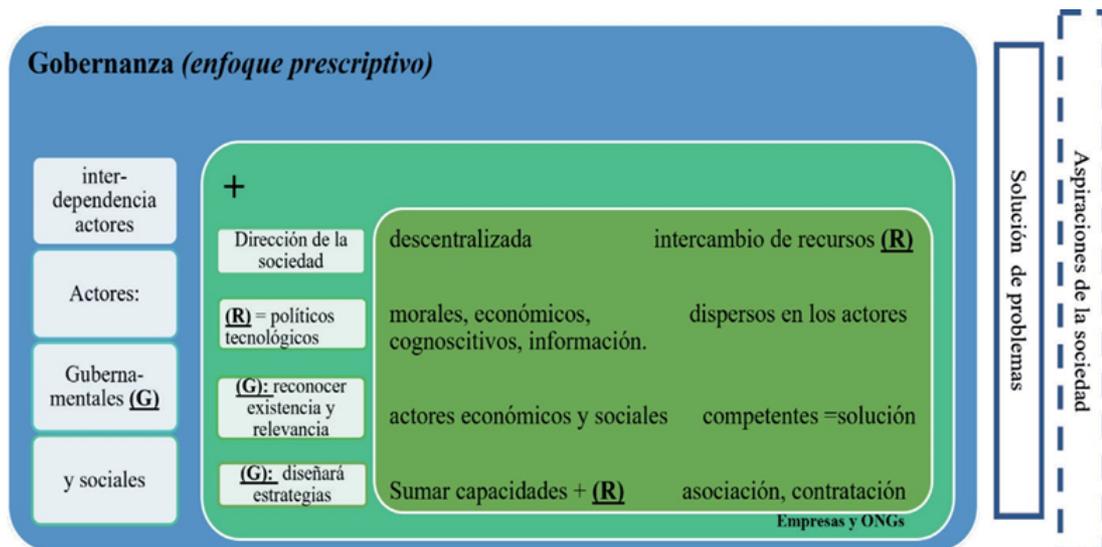


Figura 10. Gobernanza con enfoque prescriptivo

Nota: Figura tomada de la publicación de *Gobernanza y energías renovable en Colombia* de (Jiménez García & Calderón Valencia, 2022), la cual fue adaptada de la publicación *Globalización y gobernanza: las transformaciones del Estado y sus implicaciones para el derecho público* de (Serna de la Garza, 2010)

Según Serna de la Garza (2010) la gobernanza con enfoque prescriptivo destaca la interdependencia o asociación entre actores gubernamentales y sociales como la condición sin la cual no es posible que haya dirección de la sociedad; implica una idea descentralizada de la dirección social, y en la práctica exige la puesta en común o el intercambio de varios recursos (informativos, cognoscitivos, económicos, tecnológicos, morales, políticos) que están dispersos en manos de diferentes actores, para la resolución de los problemas

de la comunidad. Finalmente, este significado de gobernanza requiere que el gobierno reconozca la existencia y relevancia de actores económicos y sociales que son competentes en la solución de varios problemas y aspiraciones de la vida social, por lo que debe diseñar estrategias para sumar las capacidades y recursos de las empresas privadas y de las organizaciones no gubernamentales, a través de diversas formas de asociación y contratación (Serna de la Garza, 2010).

De acuerdo al concepto de gobernanza explicado previamente y al desarrollo de la sección de relevamiento de este estudio, se pudieron identificar los componentes que participarán en el esquema de gobernanza del sector bioenergético de Colombia. Entre los componentes identificados se encuentran: i) políticas públicas y normativas actuales con incidencia en bioenergéticos (leyes, CONPES, PIGCCS, incentivos); ii) actores nacionales y regionales y no gubernamentales (empresa privada, sector financiero, academia, sociedad) y iii) metas de país relacionadas con el desarrollo sostenible y bioenergía. Sin embargo, no se identificaron mecanismos y estrategias claras de interacción entre los diferentes actores gubernamentales y no gubernamentales y los otros componentes del sector bioenergético, que permitan dilucidar una gobernanza clara en este sector, que conlleve a la toma de decisiones colectivas en el ámbito bioenergético. En este punto, resulta conveniente resaltar que el desarrollo de energías renovables alternativas (entre las que se citan energía solar, energía eólica y bioenergía) se ha visto como un tema complejo, precisamente por lo novedoso de su llegada al país, por la costumbre arraigada a los combustibles fósiles y por el poco interés en el crecimiento de estas energías alternativas en el territorio colombiano (Jiménez García & Calderón Valencia, 2022).

Con el desarrollo del relevamiento de este estudio se pudo evidenciar el interés del Estado colombiano por impulsar el sector bioenergético del país, así como, el interés de establecer un esquema de gobernanza para el cual ya se comenzaron a forjar los pilares para su establecimiento. En el Plan Energético Nacional 2020-2050 elaborado por la UPME, se destaca que el mayor reto de la política energética es construir una gobernanza democrática y eficaz del sector.

## 4. RESULTADOS DE ENCUESTAS Y ESTADO DEL ARTE DE LA GOBERNANZA EN BIOENERGÍA

En esta sección se presenta el análisis las respuestas de las encuestas emitidas por los actores de interés y el análisis de la gobernanza del sector bioenergético que se describen a continuación:

### 4.1. ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS A ACTORES DE INTERÉS

De los 44 stakeholders contactados se recibieron 26 respuestas (59%). La Figura 11 muestra la cantidad y el porcentaje de entidades que respondieron a la encuesta por grupo.

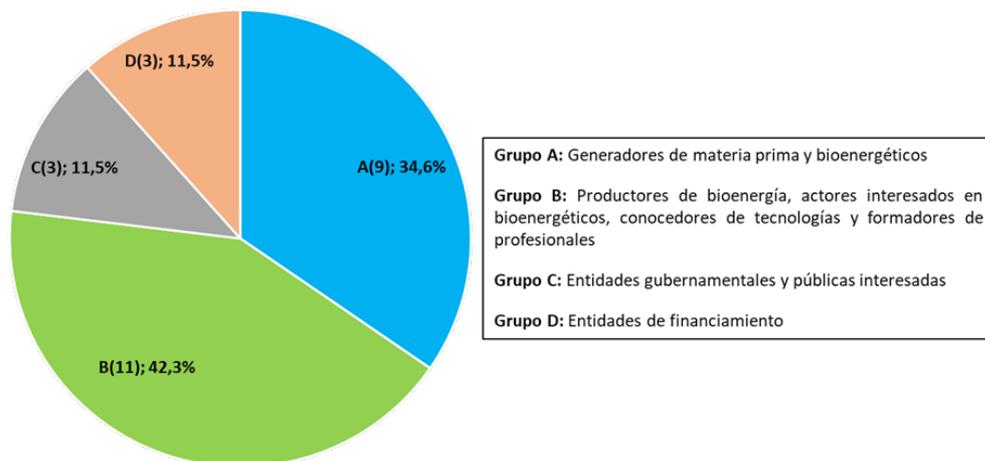


Figura 11. Categorización de los encuestados

Nota: Figura de elaboración propia

Las respuestas de las encuestas se sometieron a un análisis estadístico de impacto y probabilidad de ocurrencia para las preguntas de selección múltiple, y las respuestas de preguntas abiertas se analizaron con software Python. Es importante destacar que, las respuestas se usaron con carácter confidencial, sin exponer los nombres de los encuestados ni relacionar respuestas explícitas con el nombre de la entidad. Por esta razón, los datos y respuestas específicas de los encuestados se mantendrán bajo confidencialidad para el presente informe. Los resultados de los análisis se presentan en la siguiente sección.

#### 4.1.1. Análisis de percepción de la probabilidad e impacto de barreras

En la Figura 12 se presenta el resumen de los resultados de las encuestas para todos los encuestados. En general se observa que los promedios generales tanto como los de cada barrera obtienen una calificación promedio por encima de 3, por lo que de acuerdo con la percepción de los encuestados, las barreras pueden presentarse debido a factores que la estrategia de mitigación no contempla. Por parte del impacto si la barrera se presenta, el promedio general de todos los encuestados da cuenta de una percepción según la

cual si la barrera ocurre, representa impactos importantes que requieren de cambios y acciones por parte de los stakeholders, pudiendo afectar las inversiones directas. A la luz de estos resultados queda claro que es crucial para los responsables de la gestión y toma de decisiones considerar estos hallazgos al diseñar estrategias de mitigación y planificar acciones para abordar las barreras identificadas.

Una organización similar de los resultados por grupos (presentada en el Anexo 3) revela una perspectiva más negativa que el promedio general para el grupo D, compuesto por entidades de financiamiento. En este grupo, se resalta una preocupación particular por el tema Económico/Financiero, que obtiene promedios en la categoría “alarmante” en relación con la barrera de las limitaciones en la calidad crediticia, el gobierno corporativo, la gestión y el historial operativo, así como las perspectivas de las empresas de servicios públicos (compradoras de electricidad) y las políticas desfavorables en los acuerdos de recuperación de costos. Dado que este tema es de la experticia para los encuestados de este grupo, resulta crucial considerar su posición de alerta para fortalecer las estrategias de mitigación. En este grupo D, también destacan otras barreras respecto de su impacto, que están relacionadas con incertidumbres, estas son: Ausencia de hoja de ruta para bioenergéticos nacionales, incertidumbres en evaluación y suministro de recursos renovables, incertidumbre por políticas gubernamentales restrictivas e Incertidumbre por conflictos o disturbios civiles.

Por otra parte, con una visión promedio más optimista que el promedio general se destaca el grupo B conformado por productores de bioenergía, actores interesados en bioenergéticos, concededores de tecnologías y formadores de profesionales. En este grupo se obtuvo el mayor número de respuestas, por lo que no sorprende que allí se encuentren las mayores desviaciones estándar. Respecto de la percepción del grupo sobre la probabilidad de que las barreras ocurran, no se encuentran preocupaciones que resalten, pero en cuanto al impacto si la barrera ocurre, llama la atención que el tema de la especialidad de este grupo, que es el Tecnológico/Conocimiento no destaca por puntajes altos en las barreras relacionadas. En lo que respecta al impacto, en este grupo destacan las mismas preocupaciones de incertidumbre que se evidenciaron en el grupo D, que puntúan muy cercano al nivel de “alarmante”.

Para el grupo A, conformado por generadores de materia prima y bioenergéticos es interesante que resalta tanto para la probabilidad como para el impacto las barreras en el tema Tecnológico/Conocimiento relacionadas con la experiencia limitada en gestión de red con energía renovable y la falta de conocimiento en transporte y biocombustibles. Otros temas de preocupación en este grupo son el Económico/Financiero y el Político/Normativo, destacándose en este último las barreras relacionadas con las incertidumbres que se destacaron en los grupos D y B.

Finalmente, para el grupo C conformado por entidades gubernamentales y públicas interesadas, lo que más destaca es una preocupación por la probabilidad de que ocurra la barrera relacionada con la falta de información y experiencia para la compra y fabricación local de hardware. Esta barrera incluye falta de información del comprador sobre la calidad, confiabilidad y costo del hardware; falta de presencia industrial local y experiencia con hardware, incluida mano de obra local calificada y experimentada.

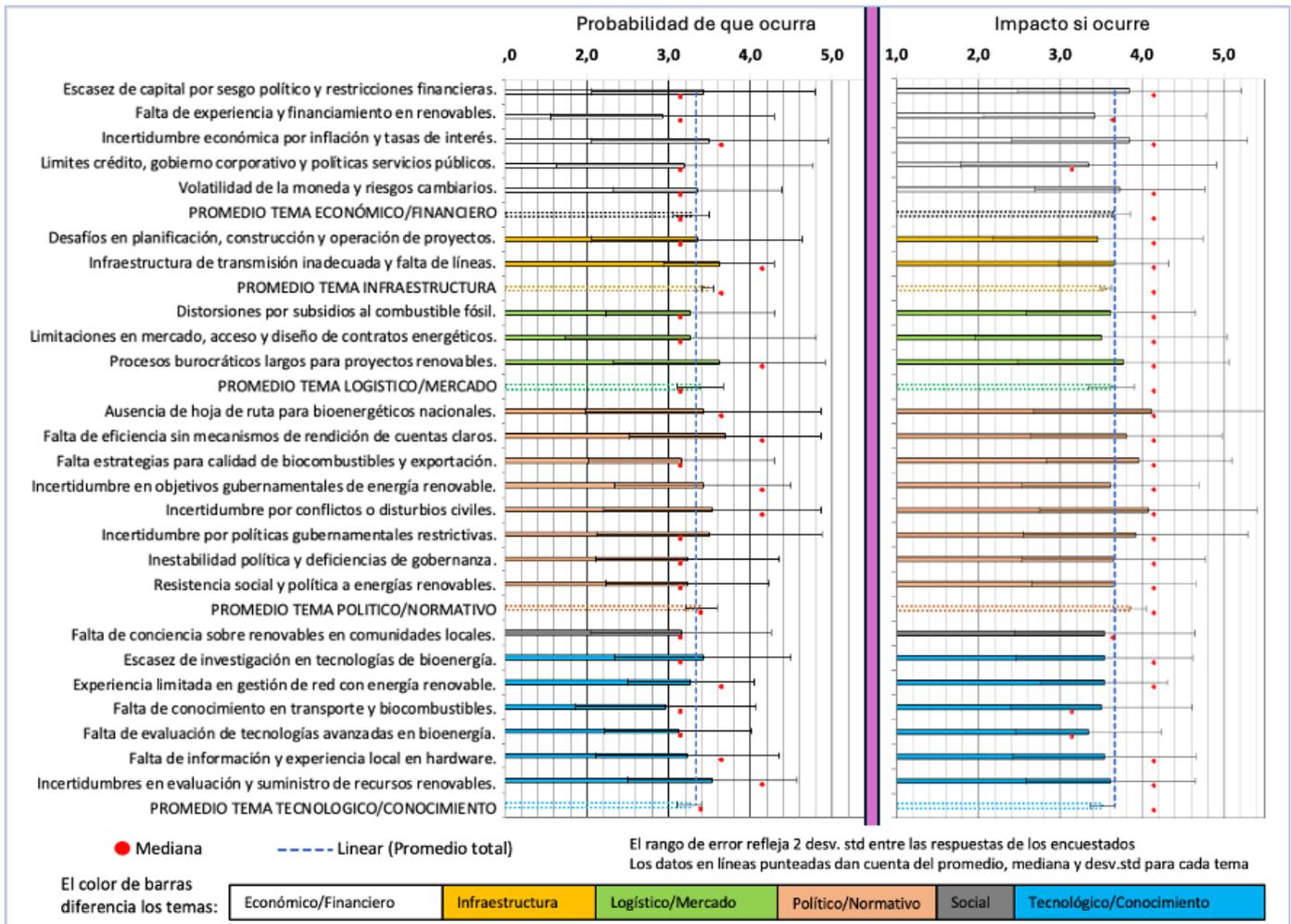


Figura 12. Resultados de las encuestas considerando las respuestas de todos los grupos

Nota: Figura de elaboración propia

Tamaño de muestra n=26. Los valores de probabilidad fueron asignados de acuerdo al siguiente criterio: 1-Improbable (El mecanismo de mitigación es muy efectivo, cumpliendo con su objetivo), 2-Poco probable (El mecanismo de mitigación es efectivo, sujeto de pequeñas mejoras), 3-Probable (La barrera puede presentarse, debido a factores que la estrategia de mitigación no contempla), 4- Muy probable (La barrera se presenta debido a falencias en la estrategia de mitigación que deben reformularse o replantearse), 5-Inevitable (A pesar del mecanismo de mitigación, la barrera inevitablemente se presenta, dejando en evidencia la nula efectividad del mecanismo de eliminación). Los valores de impacto fueron asignados de acuerdo con el siguiente criterio: 1- Mínimo impacto (Su aparición no representa impactos relevantes en el sector de bioenergía), 2- Bajo impacto (Su aparición representa impactos que pueden ser fácilmente mitigados por los stakeholders), 3- Impacto moderado (Su aparición representa impactos moderados que requieren de cambios y acciones pertinentes de los stakeholders), 4-Impacto alto (Su aparición representa impactos importantes que requieren de cambios, inversiones, acciones por parte de los stakeholders, pudiendo afectar las inversiones directas), 5- Impacto alarmante (Su aparición representa fuertes impactos relacionados con la bioenergía, que requieren de acciones inmediatas por parte de los stakeholders, resultando en anular o revocar inversión en el sector de bioenergía). Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 7 se muestra un comparativo de los resultados generales y por grupos. Allí se anotaron los promedios totales, se destacaron los temas con promedio por encima del promedio del grupo y las barreras que sobresalen por obtener el puntaje de 5 después de sumar la desviación estándar. Todo esto se hizo tanto con los resultados de probabilidad como con los de impacto. Con la información recopilada de esta manera se elaboró una propuesta para priorizar las acciones de mitigación de las barreras que, según la opinión de los encuestados, son las más importantes. Los resultados se presentan en la Figura 12.

Tabla 7. Análisis de probabilidad e impacto de las barreras: respuestas totales y por grupo

TODOS (100%)						
Probabilidad			Impacto			
Probabilidad promedio para todas las barreras	Temas que en promedio están por encima del promedio total	Barreras que alcanzan puntajes de 5 (inevitable) sumando la desviación estándar	Probabilidad promedio para todas las barreras	Temas que en promedio están por encima del promedio total	Barreras que alcanzan puntajes de 5 (alarmante) sumando la desviación estándar	
Entre probable y muy probable (3.3)		Incertidumbre económica por inflación y tasas de interés.	Cercano a impacto alto (3.7)		Escasez de capital por sesgo político y restricciones financieras.	
	Infraestructura				Incertidumbre económica por inflación y tasas de interés.	
	Logístico/Mercado	Procesos burocráticos largos para proyectos renovables.			Limitaciones en mercado, acceso y diseño de contratos energéticos.	
	Político/Normativo	Ausencia de hoja de ruta para bioenergéticos nacionales.			Procesos burocráticos largos para proyectos renovables.	
		Falta de eficiencia sin mecanismos de rendición de cuentas claros.			Político/Normativo	Ausencia de hoja de ruta para bioenergéticos nacionales.
		Incertidumbre por conflictos o disturbios civiles.				Falta de eficiencia sin mecanismos de rendición de cuentas claros.
	Incertidumbre por políticas gubernamentales restrictivas.			Falta estrategias para calidad de biocombustibles y exportación.		
				Incertidumbre por conflictos o disturbios civiles.		
				Incertidumbre por políticas gubernamentales restrictivas.		
GRUPO A: Generadores de materia prima y bioenergéticos (34.6%)						
Probabilidad			Impacto			
Probabilidad promedio para todas las barreras	Temas que en promedio están por encima del promedio grupal	Barreras que alcanzan puntajes de 5 (inevitable) sumando la desviación estándar	Probabilidad promedio para todas las barreras	Temas que en promedio están por encima del promedio grupal	Barreras que alcanzan puntajes de 5 (alarmante) sumando la desviación estándar	
Entre probable y muy probable (3.6)	Económico/Financiero	Escasez de capital por sesgo político y restricciones financieras.	Cercano a impacto alto (3.7)		Escasez de capital por sesgo político y restricciones financieras.	
		Incertidumbre económica por inflación y tasas de interés.			Incertidumbre económica por inflación y tasas de interés.	
		Límites crédito, gobierno corporativo y políticas servicios públicos.			Volatilidad de la moneda y riesgos cambiarios.	
	Infraestructura	Desafíos en planificación, construcción y operación de proyectos.			Distorsiones por subsidios al combustible fósil.	
	Logístico/Mercado	Limitaciones en mercado, acceso y diseño de contratos energéticos.			Limitaciones en mercado, acceso y diseño de contratos energéticos.	
		Procesos burocráticos largos para proyectos renovables.			Procesos burocráticos largos para proyectos renovables.	
		Ausencia de hoja de ruta para bioenergéticos nacionales.			Político/Normativo	Ausencia de hoja de ruta para bioenergéticos nacionales.
	Falta de eficiencia sin mecanismos de rendición de cuentas claros.			Falta de eficiencia sin mecanismos de rendición de cuentas claros.		
	Incertidumbre por conflictos o disturbios civiles.			Falta estrategias para calidad de biocombustibles y exportación.		
	Inestabilidad política y deficiencias de gobernanza.			Incertidumbre por conflictos o disturbios civiles.		
				Incertidumbre por políticas gubernamentales restrictivas.		
GRUPO B: Productores de bioenergía, actores interesados en bioenergéticos, concededores de tecnologías y formadores de profesionales (42,3%)						
Probabilidad			Impacto			
Probabilidad promedio para todas las barreras	Temas que en promedio están por encima del promedio grupal	Barreras que alcanzan puntajes de 5 (inevitable) sumando la desviación estándar	Probabilidad promedio para todas las barreras	Temas que en promedio están por encima del promedio grupal	Barreras que alcanzan puntajes de 5 (alarmante) sumando la desviación estándar	
Probable (3.1)	Logístico/Mercado	Procesos burocráticos largos para proyectos renovables.	Entre impacto moderado e impacto alto (3.5)		Escasez de capital por sesgo político y restricciones financieras.	
	Político/Normativo				Incertidumbre económica por inflación y tasas de interés.	
					Procesos burocráticos largos para proyectos renovables.	
			Infraestructura			
			Político/Normativo		Ausencia de hoja de ruta para bioenergéticos nacionales.	
					Incertidumbre por conflictos o disturbios civiles.	
					Incertidumbre por políticas gubernamentales restrictivas.	

Nota: Tabla de elaboración propia con el análisis de los resultados de las encuestas

Continuación de la tabla 7

<b>GRUPO C: Entidades gubernamentales y públicas interesadas (11.5%)</b>						
Probabilidad promedio para todas las barreras	Temas que en promedio están por encima del promedio grupal	Barreras que alcanzan puntajes de 5 (inevitable) sumando la desviación estándar	Probabilidad promedio para todas las barreras	Temas que en promedio están por encima del promedio grupal	Barreras que alcanzan puntajes de 5 (alarmante) sumando la desviación estándar	
<b>Probable (3.3)</b>	Político/Normativo	Incertidumbre económica por inflación y tasas de interés.	<b>Entre impacto moderado e impacto alto (3.5)</b>		Falta de experiencia y financiamiento en renovables.	
	Tecnológico/Conocimiento	Ausencia de hoja de ruta para bioenergéticos nacionales.			Incertidumbre económica por inflación y tasas de interés.	
		Falta de información y experiencia local en hardware.		Logístico/Mercado	Limitaciones en mercado, acceso y diseño de contratos energéticos.	
				Político/Normativo	Procesos burocráticos largos para proyectos renovables.	
				Político/Normativo	Ausencia de hoja de ruta para bioenergéticos nacionales.	
				Político/Normativo	Falta estrategias para calidad de biocombustibles y exportación.	
				Político/Normativo	Resistencia social y política a energías renovables.	
				Político/Normativo	Incertidumbre por conflictos o disturbios civiles.	
<b>GRUPO D: Entidades de financiamiento (11.5%)</b>						
Probabilidad promedio para todas las barreras	Temas que en promedio están por encima del promedio grupal	Barreras que alcanzan puntajes de 5 (inevitable) sumando la desviación estándar	Probabilidad promedio para todas las barreras	Temas que en promedio están por encima del promedio grupal	Barreras que alcanzan puntajes de 5 (alarmante) sumando la desviación estándar	
<b>Entre probable y muy probable (3.5)</b>	Económico/Financiero	Limites crédito, gobierno corporativo y políticas servicios públicos.	<b>Entre impacto alto y alarmante (4.4)</b>	Económico/Financiero	Escasez de capital por sesgo político y restricciones financieras.	
	Infraestructura	Desafíos en planificación, construcción y operación de proyectos.				Falta de experiencia y financiamiento en renovables.
		Limitaciones en mercado, acceso y diseño de contratos energéticos.				Incertidumbre económica por inflación y tasas de interés.
		Ausencia de hoja de ruta para bioenergéticos nacionales.				Limites crédito, gobierno corporativo y políticas servicios públicos.
	Político/Normativo			Falta de eficiencia sin mecanismos de rendición de cuentas claros.		Volatilidad de la moneda y riesgos cambiarios.
				Incertidumbre por conflictos o disturbios civiles.	Infraestructura	Infraestructura de transmisión inadecuada y falta de líneas.
				Resistencia social y política a energías renovables.	Logístico/Mercado	Procesos burocráticos largos para proyectos renovables.
					Político/Normativo	Ausencia de hoja de ruta para bioenergéticos nacionales.
						Falta de eficiencia sin mecanismos de rendición de cuentas claros.
						Falta estrategias para calidad de biocombustibles y exportación.
				Político/Normativo	Incertidumbre por conflictos o disturbios civiles.	
				Político/Normativo	Incertidumbre por políticas gubernamentales restrictivas.	
				Político/Normativo	Resistencia social y política a energías renovables.	
				Político/Normativo	Incertidumbres en evaluación y suministro de recursos renovables.	

Nota: Tabla de elaboración propia con el análisis de los resultados de las encuestas

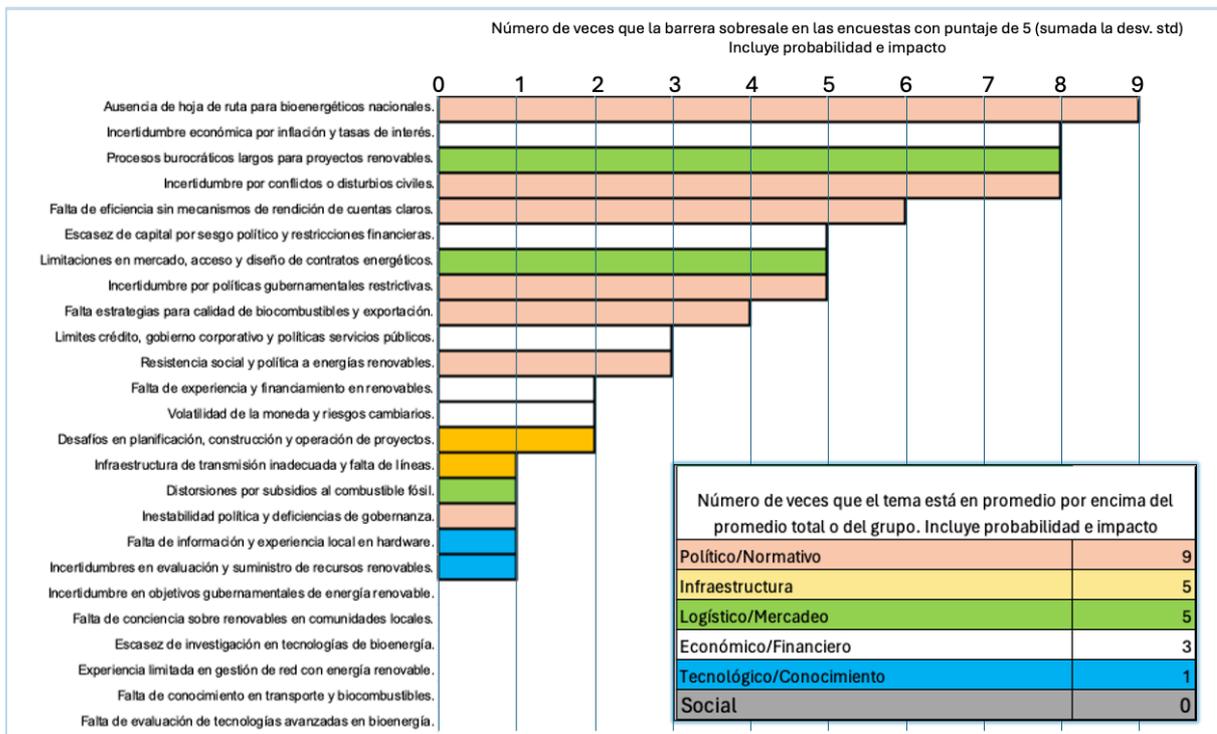


Figura 13. Priorización de las barreras de acuerdo con los resultados de las encuestas

Nota: Figura de elaboración propia

Se observa entonces que las barreras a priorizar serían las siguientes en opinión de los encuestados: ausencia de hoja de ruta para bioenergéticos nacionales, incertidumbre económica por inflación y tasas de interés, procesos burocráticos largos para proyectos renovables, incertidumbre por conflictos o disturbios civiles, ineficiencia gubernamental sin mecanismos de rendición de cuentas claros, escasez de capital por sesgo político y restricciones financieras. Por otra parte, los temas más importantes son el Político/Normativo, la Infraestructura y Logístico/Mercadeo.

En cuanto a las respuestas a las preguntas abiertas, basadas en la experiencia de los encuestados interesados en el desarrollo de la bioenergía en Colombia, se encuentra una explicación detallada en el Anexo 4. En resumen, se observó énfasis en barreras específicas en algunos de los grupos encuestados. A continuación, se enumeran en orden:

- Grupo A: falta de incentivos para importar tecnología, poco apoyo a iniciativas locales, falta de primas o estímulos para productos que usan insumos renovables.
- Grupo B: falta de conocimiento y capacitación, falta de mecanismos que incentiven a los productores (biorrefinería), incertidumbre con el suministro de materias primas, demoras y cambios en la legislación, falta de gobernanza, restricciones.
- Grupo D: bajo compromiso de actores a nivel regional, resistencia del sector hidrocarburos, falta de instrumentos que permitan la articulación de capacidades diversas.

De la información suministrada por los encuestados, y a partir de su experiencia ejecutando proyectos en energías renovables, se mencionaron varios desafíos que sortearon durante la planeación y ejecución de los proyectos, aun así, manifiestan interés para continuar trabajando en la implementación de soluciones bioenergéticas en sus negocios. Algunos de los desafíos críticos se mencionan a continuación:

- Falta de profesionales y empresas especializadas en torno a tecnologías y proyectos de bioenergía
- Respuesta lenta de ministerios y entidades gubernamentales
- Falta de modelos de negocio específicos para la biomasa y energía
- Altos costos productivos y logísticos, problemas en las infraestructura vial del país
- Densificación de la biomasa
- Falta de un marco regulatorio para prefactibilidad de proyectos
- Organismos evaluadores (certificación RETIE)

Para sortear estas barreras fue necesaria una movilización de esfuerzos en las organizaciones por lo que algunas de las sugerencias que plantean los encuestados es la liberalización del mercado energético, premios en función de la reducción de huella de carbono, y diálogo concertado para establecer metas. La falta de un mercado de carbono, normatividad específica, y la poca articulación de los diferentes actores gubernamentales en torno a energías renovables es un aspecto crítico que ha estancado la diversificación de la matriz energética del país. Por otro lado, las políticas cambiantes desorientan la ejecución de los proyectos, generando incertidumbre en el sector y aumento del costo de capital de riesgo.

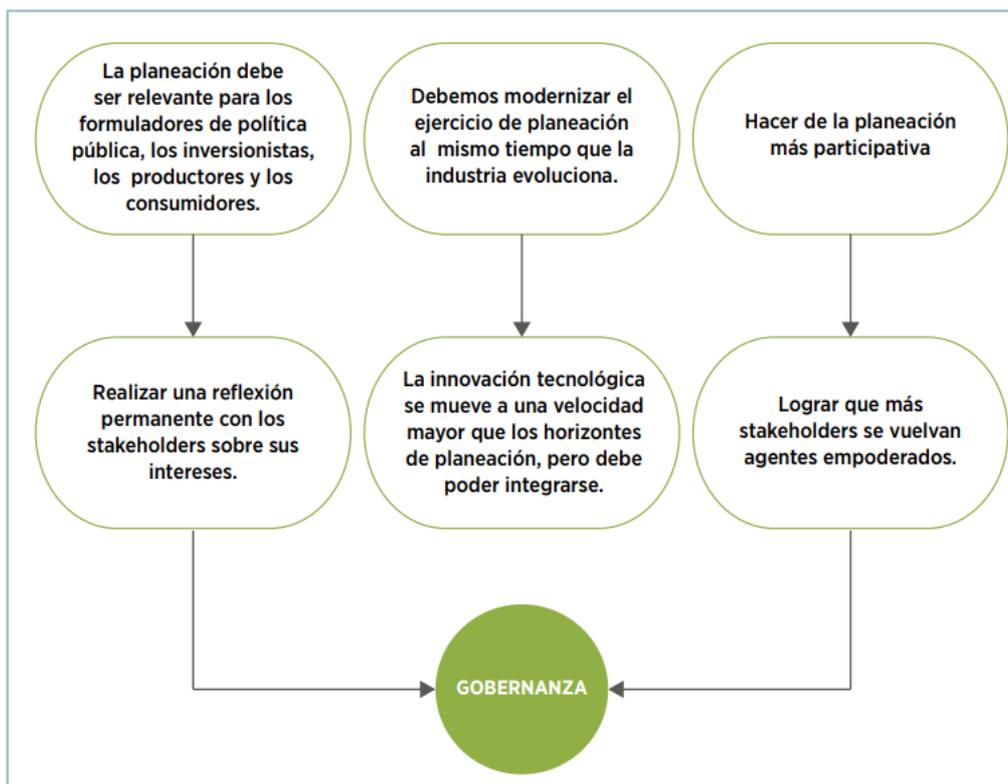
Por otro lado, el manifiesto de una gobernanza poco clara y una desarticulación de las normativas del sector bioenergético, con la realidad del país es una constante entre los encuestados. La competitividad del sector se logra garantizando un mercado libre, pero con las condiciones adecuadas para su desarrollo, incluyendo la infraestructura eléctrica, la infraestructura de vías y conectividad territorial, la disponibilidad de tecnología eficiente, el capital, y la formación profesional de alta calidad y que responda a la realidad del país. Sin embargo, ya Colombia se ha alineado política y legalmente, a estrategias de mitigación para el cambio climático, lo cual añade compromisos, directrices y acciones enfocadas a mejorar el desempeño ambiental del país, sin embargo, no es clara la ruta de ejecución de las acciones de mitigación a pesar de existir documentos con los planes de gestión para todos los sectores del país.

Para entender el contexto en el que la gobernanza se debe articular y fortalecer, es importante describir los compromisos de Colombia con los Acuerdos de París y sus respectivas ratificaciones, que marcan las metas e instrumentos de gestión en torno al cambio climático.

#### **4.2. ESQUEMAS DE GOBERNANZA ALINEADOS CON EL PLAN NACIONAL DE BIOENERGIA**

Colombia no posee un esquema claro de gobernanza a nivel nacional, pero con este estudio se ha evidenciado que el Estado tiene interés y se ha enfocado en impulsar el sector bioenergético, y se están forjando los pilares para el establecimiento de un esquema de gobernanza robusto. Además, en el análisis de las encuestas se identificó por parte del sector privado la necesidad de un modelo efectivo de gobernanza en el sector bioenergético. En este sentido, es importante identificar lineamientos de planes de gobernanza relacionados al sector, de forma directa en indirecta en áreas específicas, como las que se mencionan a continuación:

- IRENA en su reporte sobre Escenarios para la transición energética: Experiencia y buenas prácticas en América Latina y el Caribe (2022), menciona que Colombia, a cargo UPME, desarrolló un proceso participativo que aportó a la gobernanza durante el ejercicio de planificación del Plan Energético Nacional 2020-2050 y en su implementación. Esta actividad forma parte de las buenas prácticas en planificación y desarrollo de escenarios planteados por IRENA, y consistió en el desarrollo de talleres participativos de las comunidades rurales en Colombia, así como, entrevistas a expertos y el mecanismo de consulta pública. En la siguiente Figura 14 se muestra cómo la UPME planea fortalecer la gobernanza en el proceso de planificación, que será continuo para actualizar el Plan Energético Nacional. La UPME considera que una planificación más participativa promueve que los actores se vuelvan agentes empoderados y que los productos sean relevantes para un conjunto más grande de la población. El involucramiento de los actores ayuda a dar continuidad a la visión y líneas de acción del PEN, más allá de los cambios de gobierno. En el futuro, la descentralización y digitalización fortalecerá la participación de los agentes antes mencionados.



**Figura 14. Fortalecimiento de la gobernanza durante el PEN 2020-2050**

Nota: Figura tomada de *Escenarios para la transición energética: Experiencia y buenas prácticas en América Latina y el Caribe*, IRENA (2022)<sup>4</sup>.

- El Ministerio de Minas y Energía, de acuerdo a la Resolución 4-0807 de 2018 planteó los lineamientos de gobernanza para el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector minero-energético (PIGCC), que se resumen en la siguiente Tabla 8.

<sup>4</sup> [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jul/IRENA\\_Long\\_term\\_scenarios\\_LAC\\_SP\\_2022.pdf?rev=cd0097e4f742445c9055bdf83cceb89](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jul/IRENA_Long_term_scenarios_LAC_SP_2022.pdf?rev=cd0097e4f742445c9055bdf83cceb89)

**Tabla 8. Lineamientos de gobernanza para el PIGCC**

Línea estratégica	Acciones
Monitoreo, Reporte y Verificación – MRV	Registro Nacional de Reducción de Emisiones de Gases Efecto Invernadero (RENARE) Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) Indicadores de política Desarrollar la herramienta
Operatividad	Actualización y Vigilancia tecnológica Coordinación
Gestión del Conocimiento	Investigación e información para todos los actores actuales y potenciales del sector Estrategia de comunicación, sensibilización y posicionamiento del PIGCCM-E Planeación Formación y capacitación
Gestión financiera	Financiación estructura del PIGCCM-E Financiación para la Implementación de las acciones del PIGCCM-E Instrumentos económicos
Cooperación para el desarrollo resiliente y bajo carbono	Movilidad de cero y bajas emisiones Compensaciones

Nota: Tabla tomada del Plan Energético Nacional 202-2050, UPME (2020)<sup>5</sup>

- El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, presenta en el Plan Nacional de Negocios Verdes 2022-2030 (PNNV), un esquema de gobernanza el cual se puede observar en la Figura 15. La implementación del Plan Nacional de Negocios Verdes y los Programas Regionales al 2030 se sustenta bajo una gobernanza, donde interactúan entidades del orden nacional y regional, cooperación internacional, facilitando la articulación de diversos actores públicos, privados, ONG, academia, actores del SNI y la sociedad civil, para garantizar un efectivo acompañamiento e impacto de los negocios verdes en todo el territorio nacional. Por otra parte, Minambiente también presenta un esquema de gobernanza para la economía circular (ENEC), como se puede observar en la Figura 16.
- El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, presenta en su Plan integral de gestión del cambio climático (PIGCCS) del sector agropecuario, la estrategia de implementación del PIGCCS en un marco de ejecución de las medidas propuestas para mitigar la generación de GEI y reducir su vulnerabilidad frente al cambio climático, a la par que aumenta su productividad, aporta a la seguridad alimentaria, contribuye al bienestar de la población rural y mantiene la base natural que lo sustenta. En la Figura 17 se sintetiza los actores institucionales y no institucionales en cada uno de los niveles de implementación propuestos en la estrategia del PIGCCS agropecuario.

<sup>5</sup> [https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN\\_2020\\_2050/Plan\\_Energetico\\_Nacional\\_2020\\_2050.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Plan_Energetico_Nacional_2020_2050.pdf)



Figura 15. Esquema de gobernanza para la implementación del PNNV 2022-2030

Nota: Figura tomada del Plan Nacional de Negocios Verdes 2022-2030, Minambiente<sup>6</sup>

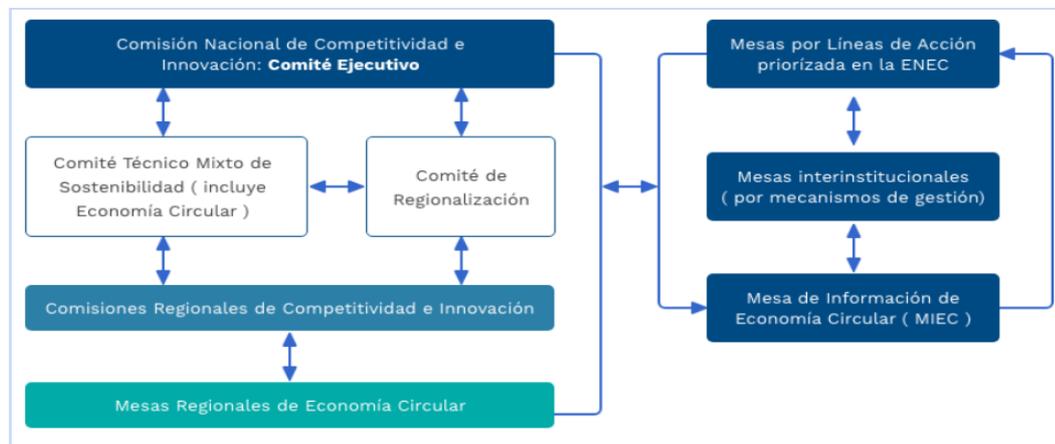


Figura 16. Esquema de gobernanza para la economía circular (ENEC) en Colombia

Nota: Figura tomada de la página web de Minambiente<sup>7</sup>

<sup>6</sup> <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/11/Actualizacion-Plan-Nacional-Negocios-verdes-2022-2030-VF2-2.pdf>

<sup>7</sup> <https://economiecircular.minambiente.gov.co/index.php/esquema-de-gobernanza-enec/>

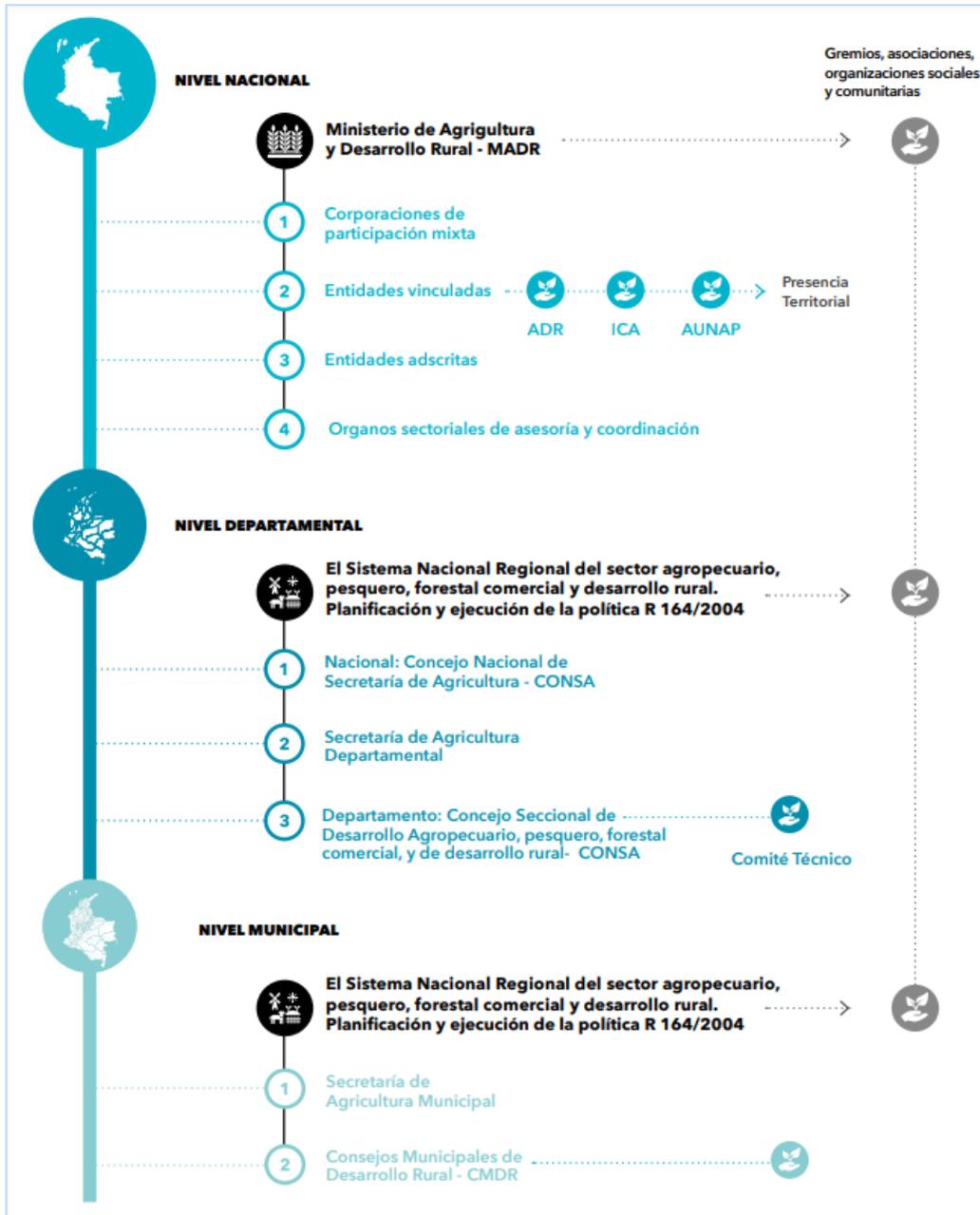


Figura 17. Actores institucionales y no institucionales en cada la estrategia del PIGCCS agropecuario

Nota: Figura tomada del Plan integral de gestión del cambio climático (PIGCCS) del sector agropecuario<sup>8</sup> (pág. 247)

<sup>8</sup> <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Proyectos%20Normativos/Proyecto%20Normativo%20Cambio%20clim%C3%A1tico%20del%20sector%20agropecuario.pdf>

Según lo expuesto anteriormente y toda la información de estado de arte que se incluye en este informe (consulte icas 5 y 6), actualmente no existe un esquema definido de gobernanza a nivel nacional en relación con el sector de bioenergía en Colombia. Aunque existe un marco legal y regulatorio que promueve el uso de bioenergéticos, los resultados de las encuestas, realizadas a actores clave en el ámbito de la bioenergía, indican que este marco es confuso y no se ajusta a la realidad del sector.

## 5. IMPACTO: RECOMENDACIONES

En esta sección se incluyen las recomendaciones en el sector bioenergético para: i) el planteamiento del esquema de gobernanza fundamentada en la coordinación intersectorial, con objetivos, metas y responsabilidades claras; ii) mejorar del marco regulatorio actual fomentando la bioenergía y disminuyendo las emisiones; iii) estructurar adecuadamente el plan de fomento de la bioenergía; y iv) superar las barreras identificadas en este estudio.

### 5.1. RECOMENDACIONES PARA FORTALECER Y DISEÑAR ESQUEMAS DE GOBERNANZA

De las encuestas se evidenció el interés de actores claves en el ámbito de la bioenergía para establecer una gobernanza clara en torno sector, así como, la identificación de pilares importantes que forman parte de la gobernanza. De la revisión del estado del arte de la gobernanza en bioenergía en Colombia se estableció que pilares fundamentales para conseguirla son:

- i. La emisión de políticas públicas y normativas (leyes, CONPES, PIGCCS, incentivos) con incidencia específica en las necesidades del sector de bioenergéticos
- ii. La participación de actores nacionales y regionales gubernamentales (poder ejecutivo, poder legislativo, ministerios y entidades adscritas al gobierno) y no gubernamentales (empresa privada, sector financiero, academia, sociedad)
- iii. Metas de país relacionadas con el desarrollo sostenible y bioenergía que le apunten a la descarbonización y cumplimiento de NDC

Basándonos en los pilares identificados anteriormente y partiendo del concepto de gobernanza, que reconoce la importancia de la participación de actores no gubernamentales en la toma de decisiones para abordar problemas sociales, se recomienda adoptar el esquema propuesto en la Figura 18 el cual incluye:

- El objetivo principal del sector que es Promover la transición hacia un modelo energético sostenible y diversificado, basado en el aprovechamiento eficiente y responsable de los recursos bioenergéticos disponibles en Colombia, con el fin de garantizar la seguridad energética, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y fomentar el desarrollo económico y social del país.
- Los actores de interés en el ámbito energético que se articulan de forma cíclica, y que están representados por el Gobierno que implica la instancia nacional y regional formada por los ministerios de interés, el sector privado conformado por la industria, agremiaciones y banca, y el tercer actor la sociedad donde se agrupan la academia, la comunidad y organizaciones no gubernamentales. En la Tabla 9 se presentan entidades adscritas o áreas asociadas a los actores del sector bioenergético, así como, las funciones de cada uno.
- Marco regulatorio formado por una línea legal que va desde la Constitución Política, la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC), Plan Nacional de Desarrollo de 2022, hasta los CONPES, PIGCCs y NAMAs, que acogen el marco normativo que incluye leyes (ley 1715 de 2014, ley 2099 2021, entre otras), decretos y resoluciones para regular el sector bioenergético.
- Incentivos tributarios para promover el sector bioenergético.

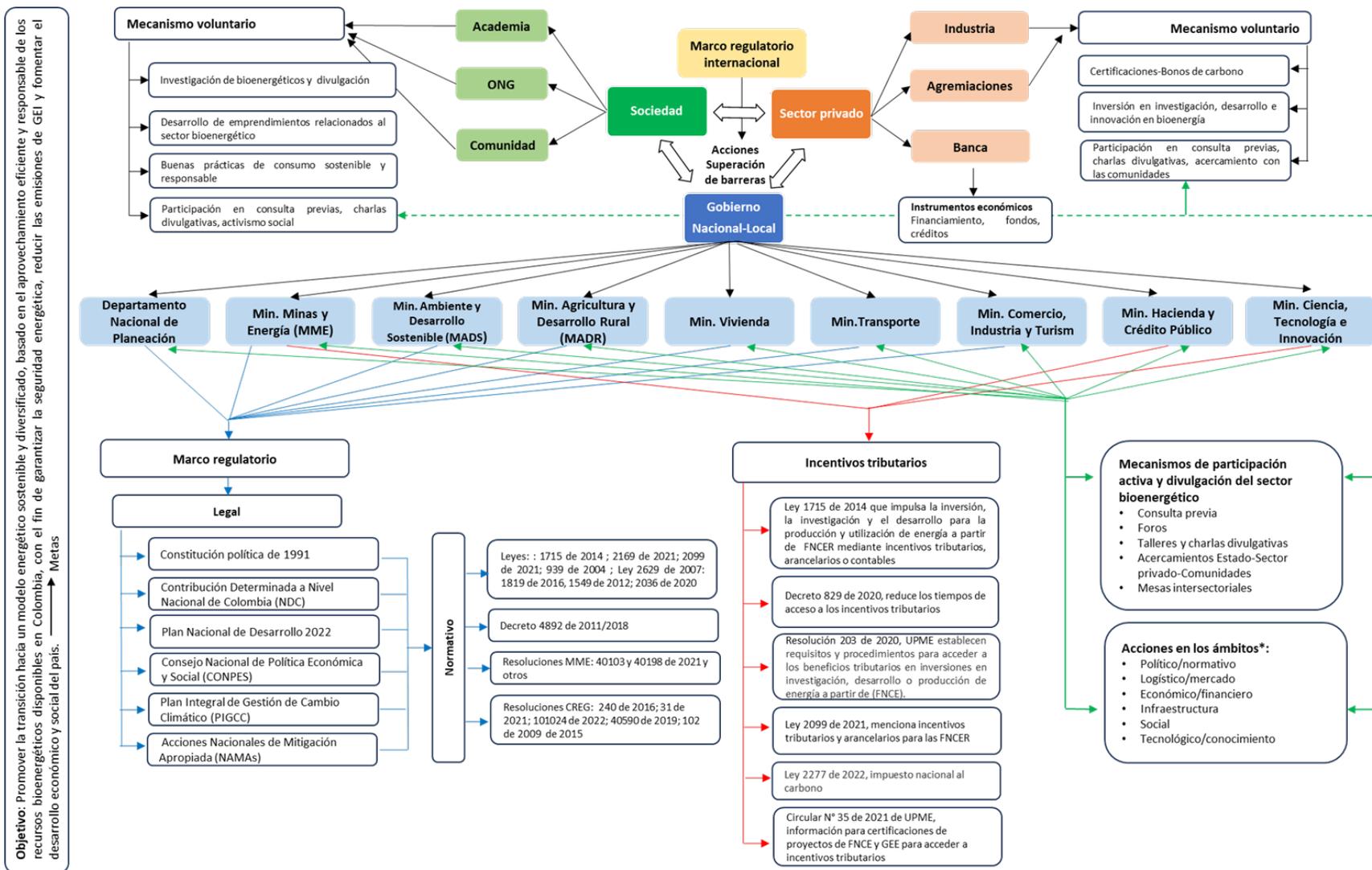


Figura 18. Esquema propuesto de gobernanza para el sector bioenergético en Colombia

\*Notas: Incluye actores, marco regulatorio, instrumento normativo y acciones. Para mayores detalles de las acciones consultar la Tabla 12 en la Sección 5.4. Figura de elaboración propia

- Mecanismos de participación activa y divulgación del sector bioenergético, en el cual se sugieren consultas previas, foros, talleres y charlas divulgativas que permitan un acercamiento entre el Estado, el sector privado y la sociedad que faciliten la articulación entre los actores. Se sugiere que estos mecanismos se apliquen de forma continua acorde al dinamismo del sector.
- Acciones para implementar en los ámbitos político/normativo, logístico/mercado, económico/financiero, infraestructura, social y tecnológico/conocimiento, identificadas con el análisis de las barreras y que se pueden ver con mayores detalles en Tabla 12 en la Sección 5.4.
- Mecanismos voluntarios propuestos para el sector privado y la sociedad.

**Tabla 9. Funciones de los actores del sector bioenergético en Colombia**

Actor	Entidades adscritas o áreas con responsabilidades en sector bioenergético	Funciones en torno al sector de bioenergía
Departamento de Planeación Nacional (DPN):  Subdirección General de Prospectiva y Desarrollo Nacional:	Dirección de Infraestructura y Energía Sostenible (DIES)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adelantar acciones requeridas para el desarrollo del sector de energético, en coordinación con los organismos y entidades pertinentes.</li> <li>- Orientar, participar y promover la formulación, seguimiento, control y evaluación a la ejecución de políticas, planes, programas, estudios y proyectos de inversión, conjuntamente con los organismos y entidades relacionadas en el sector energético</li> </ul>
	Dirección de Ambiente y Desarrollo Sostenible (DADS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Considerar políticas ambientales y de gestión del riesgo de desastre en la planeación del desarrollo.</li> <li>- Adelantar acciones relacionadas con la prevención y control de la degradación ambiental y el cambio climático.</li> </ul>
Ministerio de Minas y Energía	Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificar el desarrollo y aprovechamiento de los recursos energéticos en forma integral, indicativa, permanente y coordinada con los agentes del sector.</li> <li>- Fortalecer la planeación y la investigación con estándares científicos, integrando los componentes, social, ambiental, de cambio climático, territorial, étnico, de género, diferencial desde una mirada interseccional para la Transición Energética Justa.</li> <li>- Consolidar la modernización de la entidad para fortalecer la planeación energética del país y el rol como el CIO del sector.</li> <li>- Propiciar posturas técnicas disruptivas y transformadoras, desde la planificación energética integral, para propender por cambios en materia económica, social y fiscal del país.</li> </ul>
	Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regular el ejercicio de las actividades del sector energético para asegurar la disponibilidad de una oferta energética eficiente y propiciar la competencia en el sector</li> <li>- Expedir regulaciones específicas para la autogeneración y cogeneración de electricidad y el uso eficiente de energía y gas combustible por parte de los consumidores</li> </ul>
	Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE)	Financiar, gestionar, ejecutar, planes, programas y proyectos alineados con el propósito de mejorar la eficiencia energética y el uso de Fuentes No Convencionales de Energía en el país.
	Dirección del Cambio Climático y Gestión del Riesgo	Suministrar los elementos técnicos requeridos para la elaboración de políticas públicas, planes, proyectos y programas de cambio climático, con un enfoque bajo en carbono.

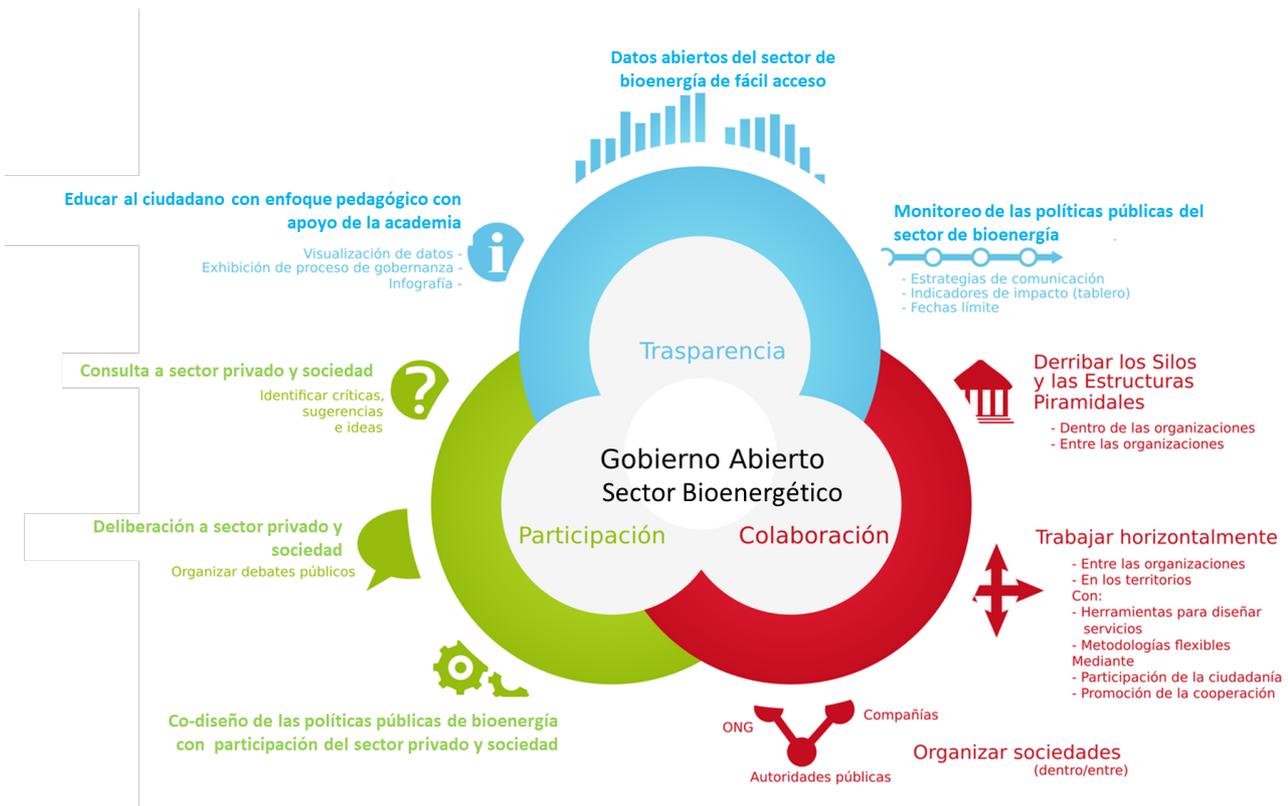
Actor	Entidades adscritas o áreas con responsabilidades en sector bioenergético	Funciones en torno al sector de bioenergía
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Oficina de Negocios Verdes Sostenibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover negocios verdes que tengan impactos ambientales positivos y además incorporen buenas prácticas ambientales, sociales y económicas con enfoque de ciclo de vida, contribuyendo a la conservación del ambiente como capital natural que soporta el desarrollo del territorio.</li> <li>- Desarrollar estudios e instrumentos económicos y financieros que propicien cambios de comportamiento de los actores que hacen uso de los recursos naturales y que sirvan para financiar la gestión ambiental.</li> <li>- Desarrollar lineamientos de política e instrumentos para dinamizar la generación de una oferta de bienes y servicios a partir del uso sostenible de los recursos naturales que sean funcionales a la generación de oportunidades económicas del país.</li> </ul>
	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Otorgar o negar las licencias, permisos y trámites ambientales de competencia del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de conformidad con la ley y los reglamentos.</li> <li>- Velar porque se surtan los mecanismos de participación ciudadana de que trata la ley relativos a licencias, permisos y trámites ambientales.</li> <li>- Realizar el seguimiento de las licencias, permisos y trámites ambientales.</li> </ul>
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Dirección de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria	Diseñar e implementar estrategias e instrumentos que se orienten a la gestión de riesgos climáticos a través de acciones de identificación, prevención, adopción medidas de mitigación y adaptación en los sistemas productivos en coordinación con las Direcciones de Cadenas Productivas y de Financiamiento y Riesgos Agropecuarios.
	Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales	Diseñar y evaluar las políticas, planes, programas y proyectos para el fortalecimiento de las cadenas agrícolas y forestales, en los temas relacionados con la producción, la asistencia técnica, la comercialización, la asociatividad, las alianzas productivas, la formalización empresarial, laboral y la infraestructura productiva, la inserción en los mercados internacionales y la generación de valor agregado en los productos agropecuarios.
Ministerio de Vivienda	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico-CRA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover la competencia entre quienes presten los servicios de agua potable y saneamiento básico o regular los monopolios en la prestación de tales servicios.</li> <li>- Incrementar el tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos y aguas residuales domésticas urbanas</li> <li>- Incentivar el tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos</li> <li>- Articular las políticas de agua y saneamiento básico con las políticas ambientales, de calidad del agua, gestión del riesgo, cambio climático y Saneamiento de vertimientos.</li> </ul>
Ministerio de Transporte	Dirección de transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formular y adoptar las políticas, planes, programas, proyectos y regulación económica en materia de transporte, incluyendo la implementación de biocombustible este sector para mitigación de GEI</li> <li>- Formular la Estrategia Nacional de Transporte Sostenible (ENTS), que busca definir las acciones que permitan lograr la transición del transporte hacia el uso de energéticos de FNCE</li> <li>- Velar por el cumplimiento de la reglamentación del uso de los biocombustibles en el sector automotor, la cual indica que debe haber una mezcla obligatoria de 10% de biocombustibles</li> </ul>
Ministerio de Comercio, Industria y Turismo		Formular, adoptar, dirigir y coordinar las políticas generales en materia de desarrollo económico del país, relacionadas con la competitividad, integración y desarrollo de los sectores productivos de la industria, la micro, pequeña y mediana empresa, el comercio exterior de bienes, servicios y tecnología, la promoción de la inversión extranjera, el comercio interno
Ministerio de Hacienda y Crédito Público	Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN)	Participar en la formulación, promover y administrar los incentivos tributarios del sector energético

Actor	Entidades adscritas o áreas con responsabilidades en sector bioenergético	Funciones en torno al sector de bioenergía
Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación		Diseñar, formular, coordinar, promover la implementación y evaluar la política pública, los planes, programas y estrategias que se encaminan a fomentar, fortalecer y desarrollar la ciencia, la tecnología y la innovación, para consolidar una sociedad basada en el conocimiento
Sector privado	Industria	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtener certificaciones</li> <li>- Participar en bonos de carbono</li> <li>- Hacer inversión en investigación, desarrollo e innovación en bioenergía</li> <li>- Participar en consulta previas, charlas divulgativas, acercamiento con las comunidades dentro del sector energéticos</li> </ul>
	Agremiaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hacer inversión en investigación, desarrollo e innovación en bioenergía</li> <li>- Participar en consulta previas, charlas divulgativas, acercamiento con las comunidades dentro del sector energéticos</li> </ul>
	Banca	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover y otorgar Financiamiento, fondos y créditos para impulsar el sector energético</li> </ul>
Sociedad	Academia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover y desarrollar Investigación de bioenergéticos, así como, divulgar los resultados de los estudios ejecutados</li> <li>- Participar en charlas divulgativas para promover las ventajas y atributos de la bioenergía</li> </ul>
	ONG y Comunidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Participar en consulta previas, charlas divulgativas, y activismo social</li> <li>- Desarrollo de emprendimientos relacionados al sector bioenergético</li> <li>- Buenas prácticas de consumo sostenible y responsable</li> </ul>

Para que el esquema de gobernanza sea efectivo es importante una coordinación estratégica sólida entre los sectores intersectoriales participantes, que permita promover una transición energética eficiente y sostenible. Para esta coordinación se sugiere la integración de políticas energéticas, climáticas, de transporte, medioambientales y agropecuarias para alcanzar objetivos comunes, como la reducción de emisiones, la diversificación de fuentes de energía y la mejora de la eficiencia energética. Además, se resalta la necesidad de impulsar la innovación, la inversión y la cooperación internacional para abordar los desafíos energéticos de manera efectiva.

En la Figura 19 se presenta un ejemplo de un esquema de gobierno abierto propuesto por Armel Le Coz y Cyril Lag y adaptado para el sector bioenergético, el cual propone tener como pilares la transparencia, participación y colaboración para lograr la coordinación de los sectores intersectoriales participantes en el ámbito bioenergético, promovidos desde el Estado. Para cada pilar se propone:

- **Transparencia:** tener disponibilidad de datos abiertos del sector bioenergético de fácil acceso y entendimiento; educar al ciudadano con apoyo de la academia y la industria teniendo un enfoque pedagógico para facilitar el entendimiento de la información y la participación en la toma de decisiones; monitorear las políticas públicas del sector.
- **Participación:** consultar y deliberar con el sector privado y la sociedad para co-diseñar políticas públicas en el sector energético.
- **Colaboración:** derribar las estructuras piramidales en las organizaciones para facilitar la participación; promover el trabajo horizontal dentro del sector y organizar la sociedad desde empresas, autoridades públicas y ONG.



**Figura 19. Coordinación intersectorial en el ámbito bioenergético**

Nota: Figura adaptada del esquema de Gobierno Abierto de De Armel Le Coz y Cyril Lage - <http://democratieuverte.org/>  
 Archivo fuente: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Open\\_government\\_-\\_spanish.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Open_government_-_spanish.svg), CC BY 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=41538790>

Con el esquema de gobernanza propuesto en la Figura 18, se condensa la mayor cantidad de información encontrada en el sector bioenergético para los actores participantes en el desarrollo de este sector, resaltando los esfuerzos que está haciendo el Gobierno por definir una gobernanza clara y participativa. También es importante destacar que el esquema es una propuesta que se puede modificar o ampliar acorde a la dinámica del sector bioenergético. Además, se recomienda invitar a participar a los actores para validar y fortalecer el esquema propuesto.

## 5.2. RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LA NORMATIVA EXISTENTE

Actualmente el interés en promover el desarrollo sostenible y una transición energética que se integre efectivamente en la sociedad a través de la incorporación de fuentes de energía limpia y renovable, hace que Colombia se enfrente a diversos desafíos para mejorar y fortalecer el marco normativo actual en torno a las energías renovables.

Un adecuado marco normativo debe promover la inversión en energías renovables y por tanto la innovación en el sector, logrando el cumplimiento de los objetivos ambientales y de calidad de vida en la sociedad. Hay que abordar las estrategias que han implementado territorios que han avanzado en la diversificación de su oferta energética y promovido la adopción de energías renovables no tradicionales. La Unión Europea ha

tomado medidas para promover acciones que permiten superar las barreras relacionadas con el desarrollo del sector bioenergético, dentro de las cuales se puede mencionar:

- Establecer metas ambiciosas acorde a marcos regulatorios efectivos para promover el uso de la bioenergía, a través de directivas como Directiva de Energías Renovables (RED II) y Directiva de Biocombustibles (RED II), lo que incluye metas vinculantes para el uso de bioenergía en sector transporte, entre otros.
- Disposición de un fondo de apoyo financiero que promueve programas para inversiones estratégicas (FEIE - Fondo Europeo para Inversiones Estratégicas) como el Horizonte 2020, que permite la financiación de proyectos de investigación, innovación y desarrollo del sector de las energías renovables.
- Establecer instrumentos financieros junto con programas de inversión como el Mecanismo para la Interconexión en Europa (CEF). El Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) es un instrumento clave para financiar proyectos de infraestructura energética.
- Incentivos fiscales y esquemas de certificación (Sistema de Certificación de Sostenibilidad para Biocombustibles) que promuevan el uso de biocombustibles sostenibles. La trazabilidad para garantizar el cumplimiento de estándares ambientales es fundamental para darle relevancia a los esquemas de certificación.
- Campañas de concientización y sensibilización en los programas educativos para promover prácticas sostenibles en el uso de bioenergía, informando al público sobre los beneficios ambientales y económicos de la adopción de las energías renovables.
- Acuerdos de cooperación y colaboración entre países y organizaciones internacionales, lo que busca promover el intercambio de conocimientos, tecnologías y buenas prácticas en el sector de la bioenergía. Identificar y afrontar los desafíos globales permite generar estrategias más efectivas en contextos diversos.

Es con estas medidas que se refleja el compromiso de la Unión Europea con promover el desarrollo sostenible como parte de su camino hacia la transición a una economía baja en carbono. Sin embargo, se debe reconocer que la disposición de un grupo de países a trabajar en conjunto por un mismo objetivo intercambiando capacidades y transfiriendo tecnología e información rápidamente, permite el logro de resultados tangibles y a mediano plazo. Lo anterior, no sucede de la misma manera en el contexto de Latino América, por lo que cada país debe construir su transición energética acorde a sus capacidades.

Para mejorar la normativa existente en Colombia, es recomendable hacer cambios que incluyan las siguientes estrategias:

- Promover incentivos fiscales y financieros: aunque Colombia ya tiene en su marco normativo algunos incentivos tributarios para promover la bioenergía, este marco se puede fortalecer introduciendo otros incentivos como tarifas de alimentación dando preferencia a la electricidad generada a partir de fuentes renovables, lo cual puede estimular la inversión en proyectos de bioenergía haciéndolos más atractivos. Las fuentes de energía y el tamaño del proyecto se deben tener en cuenta para establecer porcentajes adecuados. Los subsidios directos a través de programas gubernamentales que cubren porcentajes importantes del costo de las inversiones en bioenergía pueden reducir de manera importante los riesgos financieros de los inversores. Pueden promoverse líneas de créditos fiscales y deducciones para empresas o negocios que inviertan en tecnologías de energía renovable, lo que reduce la carga impositiva para las empresas del sector. Los certificados verdes y esquemas de comercio de emisiones

- permiten que la bioenergía sea más competitiva en comparación con las fuentes de energía convencionales, por lo que establecer este mercado es recomendable.
- Estándares de sostenibilidad: el establecimiento de estándares claros de sostenibilidad para la producción y uso de los biocombustibles, se garantiza que en el país se alinee con los criterios ambientales y sociales para mejorar su aceptación en el mercado nacional e internacional. Los estándares deberían abordar los siguientes aspectos: gestión sostenible del territorio, protección de los ecosistemas, respeto a derechos laborales, beneficios a las comunidades locales, como por mencionar algunos claves. Actualmente, en Colombia a través del ICONTEC las organizaciones pueden obtener el Sello de Sostenibilidad, basado en el índice de Sostenibilidad Dow Jones, la ISO 26000, Pacto Global, Global Reporting Initiative, SR10, Objetivos de Desarrollo Sostenible, y Sociedades BIC. A partir de ellos, se trazó una metodología de evaluación en cuatro dimensiones: direccionamiento estratégico, economía-ética, sociedad y medio ambiente. Simplificar los estándares de sostenibilidad y crear incentivos en torno a lograr las certificaciones es clave para el desarrollo del sector bioenergético.
  - Incentivar el comercio internacional de las energías renovables: fomentar la integración de Colombia en el mercado regional de energías renovables, a través de convenios o tratados de cooperación con países interesados para armonizar regulaciones y normativas con estándares internacionales, facilitando el intercambio de productos, tecnologías relacionadas con bioenergía, y biocombustibles. Colombia podría liderar tratados internacionales sobre energías renovables y promover oportunidades de mercado para el sector energético.
  - Investigación e innovación: es pertinente que Colombia invierta en desarrollar la bioenergía, a través de la investigación y desarrollo que busque mejorar la eficiencia de los procesos de producción. La articulación del sector público y privado en programas de investigación permitirá la generación de conocimiento y adopción más efectiva de tecnologías en el país.
  - Inventarios de recursos: para regular y fomentar efectivamente un mercado es pertinente realizar una caracterización de los recursos existentes y potenciales en el territorio nacional, especialmente para el reconocimiento de la biomasa aprovechable, así como las zonas donde se pueden concentrar centros productivos y de transformación. Es necesario realizar un cruce de información en diferentes niveles, como el trazado de vías, asentamientos urbanos oficiales y no oficiales, para identificar las necesidades específicas de cada región, así como, sus capacidades para el desarrollo de proyectos de energías renovables. Si bien, el PIGCC de vías contempla realizar un inventario de las infraestructuras vial del país, es necesario establecer estrategias para que esta información sea libre y de fácil acceso.

En el caso de Colombia, el marco regulatorio ya ha definido las bases del mercado de biocombustibles, estimulando el uso de energías renovables dentro de un contexto que busca la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, la trazabilidad de los procesos de certificación con entidades gubernamentales y la transparencia son barreras importantes en el contexto del país.

### **5.2.1. Estrategias para superar barreras**

Las estrategias para superar las barreras son mecanismos que se deben articular entre diversos actores gubernamentales y promoviendo la transformación e innovación en el sector público. Es pertinente disminuir la burocracia, establecer tiempos cortos y precisos para emitir licencias y permisos, fomentar la transparencia a través de la rendición de cuentas y la trazabilidad de recursos para crear un entorno confiable para cumplir con las regulaciones establecidas.

La Figura 20 presenta varias recomendaciones para mejorar la normativa existente en Colombia en torno a la promoción de la bioenergía. Es importante revisar que el marco regulatorio y legal abarque los aspectos necesarios relacionados con los bioenergéticos que pueden desarrollarse en el país. Por ejemplo, es necesario fortalecer las normativas relacionadas con el biogás, ya que no son suficientes para permitir su uso en diversas aplicaciones, así como de la calidad del biogás.



**Figura 20. Recomendaciones para superar barreras en la normativa relacionada con la bioenergía**

Nota: Figura de elaboración propia con base en el marco regulatorio colombiano.

En este sentido, la participación ciudadana y de las empresas es clave para identificar los aspectos técnicos que deben ser tenidos en cuenta en las regulaciones, pues los entes regulatorios y hacedores de políticas relacionadas no necesariamente conocen los detalles de los procesos productivos y de manejo particular de algunos bioenergéticos. La coordinación interinstitucional no debe decantar en ampliar la burocracia, sino que debe ser una articulación efectiva que permita la colaboración de entidades gubernamentales responsables de infraestructura, transporte, minería, industria, que permitan avanzar articuladamente en las metas de descarbonización de la economía y la sustentabilidad ambiental.

La inversión y el acceso a capital es clave en el desarrollo del sector bioenergético, y la investigación y desarrollo es imprescindible para lograr la adopción exitosa de tecnologías en el contexto del país. Una motivación para que las organizaciones realicen reconversión bioenergética es la disminución de costos de producción al depender en menor medida de las tarifas del sistema de distribución de energía eléctrica. Sin embargo, los estándares de calidad para ampliar el mercado de energía son una barrera importante para los empresarios del sector, pues la posibilidad de exportación podría generar mayor rentabilidad de este mercado y fomentar la reinversión fortaleciendo las capacidades del país.

Por último, la transparencia del sector público y privado en el manejo de los recursos y el cumplimiento de las metas es un aspecto delicado que puede impulsar o derribar las iniciativas en torno a los esfuerzos en

mejorar gobernanza en torno a la bioenergía en Colombia. La ineficiencia gubernamental puede generar impactos muy negativos en el desarrollo de mercados emergentes debido a la credibilidad que puedan tener las instituciones, lo que resulta en una fractura de la gobernanza entre sector público y privado. La Figura 21, presenta una extracción de acciones para superar barreras de acuerdo con el análisis de las encuestas y los mecanismos existentes para superarlas, para mayores detalles ver Tabla 12 en la Sección 5.4.

La centralización de las funciones en una sola entidad, la simplificación de los trámites a través de una ventanilla única, y el establecimiento de comisiones especializadas en bioenergía, son algunas de las acciones que se proponen para mejorar la gobernanza, superar barreras de desarrollo del sector bioenergético en el país, y lograr una cohesión intersectorial en torno al desarrollo de la bioenergía.

### **5.2.2. Reglamentación y normativa en torno al fomento de bioenergía**

Como se ha mencionado anteriormente, el marco legal de Colombia fomenta la bioenergía en el territorio nacional, además de exigir un esquema de registro obligatorio de emisiones de GEI (Reporte obligatorio de emisiones de GEI - ROE) para las personas jurídicas, públicas, privadas o mixtas teniendo en cuenta criterios de definidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ley 2169 de 2021). Aunque las legislaciones estén alineadas con las necesidades de cuantificar las emisiones de GEI, no es claro para muchas organizaciones como lograr este requerimiento. Adicionalmente, la complejidad de los cálculos para determinar las emisiones de GEI crea una brecha importante entre las metas establecidas para el sector privado y la sociedad civil, pues la información requerida y el conocimiento específico para establecer el reporte de emisiones es de difícil acceso.

Este es un ejemplo de cómo regulaciones adecuadas quedan sin soporte al ser ejecutadas, pues las personas jurídicas que puedan realizar estos cálculos son pocas. Aun así, es un paso que las organizaciones deben realizar, pero con apoyo y capacitación por parte de los sectores relacionados a la educación y apropiación de las leyes por parte de la sociedad. En la Tabla 10, se presentan algunas legislaciones existentes que deberían revisarse para determinar su efectividad en estimular el sector bioenergético en Colombia.

Las diferentes leyes y resoluciones presentadas en la tabla, requieren que se integre de una forma detallada aspectos que consideren la variedad de la biomasa, bioenergéticos y su transformación, almacenamiento y gestión, como lo son:

- Residuos agrícolas lignocelulósicos
- Cultivos energéticos para producción de biocombustibles
- Efluentes de procesos de transformación
- Capacidades de cada sector

Mientras en el marco legal de Colombia no se detallan las rutas de valorización de la biomasa residual, y las opciones de reconversión incluyendo incentivos para el sector, se puede considerar como una barrera el marco legal, que no define claramente los usos de la biomasa por su tipo, así como el tratamiento de efluentes residuales, sólidos o líquidos bajo unos procesos de transformación homogéneos y replicables entre los diferentes actores.



### Político/Normativo

- Creación de una mesa de diálogo multisector en torno a la bioenergía para revisar los avances y concretar objetivos, PIGCCs, NAMAS, entre otros mecanismos.
- Promover en las organizaciones y empresas el cálculo de las emisiones de GEI y metas de mitigación con incentivos claros.
- Definir o crear una institución que lidere las energías renovables sostenibles en Colombia.
- Desarrollar e implementar software especializado que permita el seguimiento y la trazabilidad de procesos relacionados con el medio ambiente y recursos naturales.
- Establecer un comité intersectorial que incluya representantes del gobierno, industria, academia y sociedad civil, para desarrollar y ejecutar la hoja de ruta integral.



### Logístico/mercado

- Revisión y actualización de la legislación energética, según las capacidades de cada generador: Ley 2099, Res. CREG 31, y relacionadas con mercado energético.
- Implementar mecanismos de supervisión y sanción (como el mercado Europeo), para prevenir conductas anticompetitivas.
- Eliminación gradual de subsidios a combustibles fósiles y redirigir los recursos hacia incentivos para el desarrollo de bioenergía.
- Movilizar subsidios a los biocombustibles
- Impulsar proyectos en densificación de biomasa, fortalecimiento de cadenas logísticas, y manejo de inventarios, o realizar capacitaciones y programas educativos en torno a estos desafíos.



### Social

- Programas de capacitación y talleres dirigidos a productores agrícolas sobre ventajas y oportunidades de la producción de biomasa para bioenergía, resaltando la importancia económica y acceso a mercados alternativos.
- Establecer fondos de apoyo y subsidios para proyectos piloto de producción de biomasa en zonas críticas para fomentar la creación de asociaciones.
- Incorporar contenidos sobre biomasa y sostenibilidad ambiental en los programas educativos de todos los niveles.



### Tecnológico/conocimiento

- Crear una plataforma de colaboración y redes de intercambio de conocimientos que faciliten la comunicación y trabajo conjunto entre investigadores, gobierno y sector privado.
- Impulsar proyectos en densificación de biomasa, fortalecimiento de cadenas logísticas, y manejo de inventarios, o realizar capacitaciones y programas educativos en torno a estos desafíos.
- Desarrollar una metodología de cálculo para estimar los recursos disponibles en Colombia, que sea actualizable y aplicable en el tiempo, y que la información sea compartida con el público en sistemas de información centralizados.
- Realizar estudios de viabilidad técnica, económica y ambiental, para generar modelos metodológicos que sean una guía aplicable a varios sectores.



### Infraestructura

- Realizar estudios de viabilidad técnica sobre el territorio nacional para ampliar la infraestructura en las regiones clave y luego extenderlo a las regiones con necesidades especiales.
- formación sobre operaciones en la red eléctrica, incluir alianzas con universidades y entidades como el SENA para capacitar a todos los interesados.
- Establecer un plan de acción para implementación efectiva de la ley de bioenergía, que incluya creación de clusters o agrupaciones de empresas y empresas entidades relacionadas con la bioenergía.



### Económico/Financiero

- Establecer programas de incentivos y financiamiento específicos respaldados por el gobierno, que permitan reducir los costos iniciales.
- Implementar medidas para promover la competencia en el mercado de servicios públicos y fortalecer o crear empresas de servicios públicos con el fin de mejorar la gestión y eficiencia operativa, promoviendo la participación en proyectos de energía y otras fuentes renovables.
- Crear fondos específicos para soluciones energéticas con biomasa residual, para facilitar el acceso al capital, especialmente para pequeños productores.

Figura 21. Acciones para superar las barreras especificadas por temas

Nota: Elaboración propia, marco regulatorio colombiano.

**Tabla 10. Legislación a revisar por parte de los entes correspondientes**

Legislación	Temática	Aspecto a revisar
Ley 2169 de 2021	Establece metas y medidas mínimas para alcanzar la resiliencia climática, la neutralidad de carbono, y desarrollo bajo en carbono. Define metas para cada sector de acuerdo con las responsabilidades adoptadas por Colombia.	Porcentaje de cumplimiento a la fecha. Presentar en los artículos las metas de mitigación para todos los sectores mencionados, especialmente el referente a biomasa. Actualizar la norma para detallar la reconversión a bioenergía y acoplarse al ROE y RENARE. Reporte del avance en las metas trazadas.
Resolución CREG 240 de 2016	Establece las condiciones para la prestación de servicio público domiciliario de gas combustible utilizando biogás y biometano. Define las condiciones de calidad, seguridad y tarifaria de estos servicios.	Ampliación del marco normativo para contemplar la realidad de los pequeños productores y la autogeneración de biogás. Promover la inversión en proyectos para desarrollo de soluciones bioenergéticas con biogás y sus derivados.
Ley 2099 de 2021	Promueve el desarrollo y utilización de fuentes no convencionales de energía y el uso eficiente de la energía. Se crea el FENOGÉ y se establecen incentivos fiscales, exoneración de IVA a bienes y servicios en proyectos de energía renovable no convencionales.	Resultados de los instrumentos para fomentar e incentivar la investigación y desarrollo en torno a la producción de bioenergía.
Resolución CREG 31 de 2021	Establece las reglas actualizadas para el registro de agentes al mercado energético, así como sus requisitos. Incluye contratos de mandato y encargo fiduciario para otorgar pagarés.	Efectividad en reducción de riesgos por el encargo fiduciario, dinámicas generadas por certificados ASIC y LAC.
Resolución CREG 101024 de 2022	Actualiza y optimiza los procedimientos para la realización de subastas del Cargo por Confiabilidad en el Mercado de Energía Mayorista.	Desempeño del mercado de subastas y su efectividad en fortalecer el mercado energético de Colombia.
Resolución CREG 40590 de 2019	Establece las reglas generales para implementar un mecanismo que promueva la contratación de largo plazo de energía eléctrica. Establece requisitos técnicos y operativos para proyectos de energías renovables.	Desempeño del mercado de subastas con las modificaciones y su efectividad en fortalecer el mercado energético de Colombia.
Ley 939 de 2004	Corrige vicios de procedimiento de la Ley 818 de 2003 y promueve la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para motores diésel. Establece beneficios tributarios y define biocombustibles de diferentes orígenes.	Efectividad de la ley en estimular la producción de biocombustibles en Colombia, y reducción de emisiones por el uso de biocombustibles en mezcla.
Ley 2629 de 2007	Promueve el uso de biocombustibles en Colombia y establece medidas aplicables a vehículos y artefactos de motor que usen combustibles.	Efectividad de la ley en estimular la producción de biocombustibles respecto a los años anteriores. Revisión de las mezclas de combustibles tradicionales y biocombustibles. Estudio de emisiones y de los controles ambientales.
Decreto 4892 de 2011/2018	Establece medidas relacionadas con el uso de alcohol carburante y biocombustibles en Colombia. Establecimiento de porcentajes obligatorios en mezcla de alcoholes y biocombustibles con posibilidad de ajuste.	Revisión de los porcentajes de mezcla obligatoria de biocombustibles, y su posibilidad de incrementarse. Revisar la capacidad instalada de producción de biocombustibles.
Resolución MME 40103 de 2021	Establece parámetros de calidad de combustibles (ACPM, gasolinas básicas y oxigenadas), actualiza los parámetros, requisitos de calidad y metodologías de análisis para el biodiesel y sus mezclas.	Revisar los parámetros de calidad según la normatividad y estándares internacionales. Efectividad de la ley en proteger el medio ambiente.
Resolución MME 40198 de 2021	Establece la lista de verificación de los requisitos técnicos contenidos en el anexo de la Resolución	Revisar los parámetros de calidad según la normatividad y estándares internacionales.

Legislación	Temática	Aspecto a revisar
	40198 de 2021, para estaciones de servicio, plantas de abastecimiento e instalaciones del gran consumidor con instalación fija que almacenen combustibles, crudos y/o combustibles líquidos derivados del petróleo o sus mezclas con biocombustibles, excepto GLP	Revisar la efectividad de la ley en proteger el medio ambiente contrastando con los reportes de emisiones, deforestación, entre otros.

Fuente: marco normativo colombiano.

### 5.3. PLAN ESTRUCTURADO RECOMENDADO PARA EL FOMENTO DE LA BIOENERGÍA

El Plan Indicativo Nacional de Bioenergía debe ser una realidad a corto plazo. Se debe definir como un documento estratégico que se aborde a nivel nacional en el que se establezcan directrices, objetivos, políticas y medidas específicas para el desarrollo y promoción de la bioenergía en el país. Este documento incluye importantes medidas articuladas entre sí (Figura 22), lo que engloba la visión de los diferentes actores sociales para desarrollar la bioenergía y por tanto fomentar una sociedad sostenible, logrando una descarbonización importante de la economía.

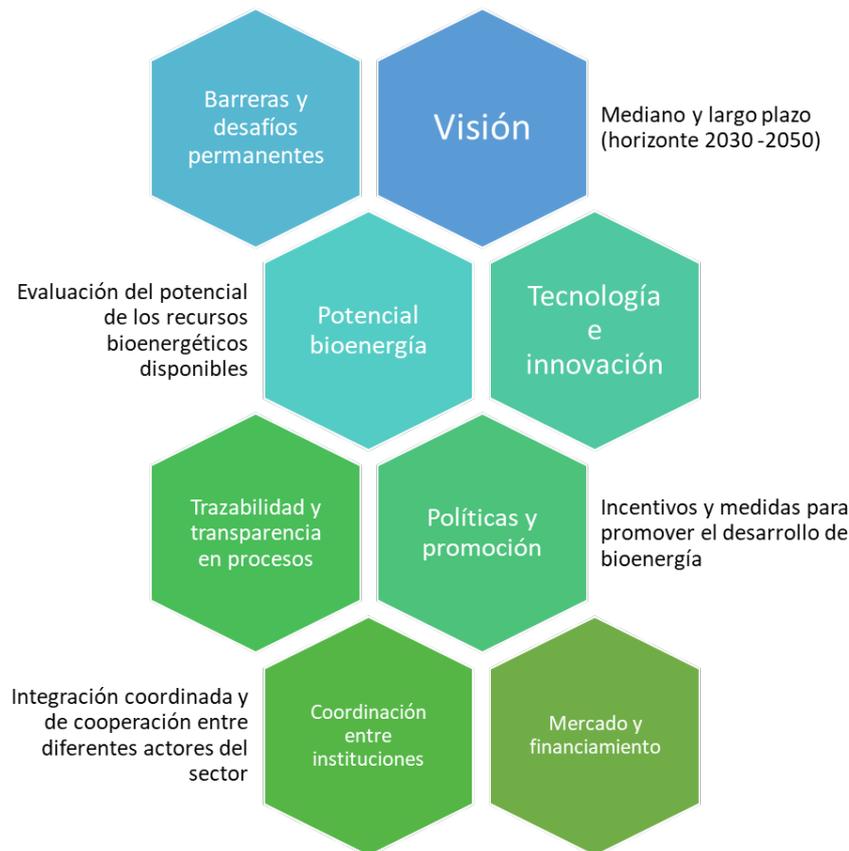


Figura 22. Integración para el Plan Indicativo Nacional de Bioenergía

Nota: Figura de elaboración propia

Las etapas que se deben tener en cuenta para estructurar un esquema para el Plan Nacional Indicativo de Bioenergía debe incluir las fases de formulación, implementación y seguimiento. A continuación, se detalla cada una de ellas:

### **5.3.1. Formulación del Plan Indicativo Nacional de Bioenergía**

Es crucial destacar que en el contexto colombiano, la información concerniente al marco legal y normativo sobre bioenergía es vasta y no está consolidada en un recurso digital único. Por lo tanto, es imperativo recopilar esta información y establecer un recurso web que centralice todos los datos relevantes bajo la responsabilidad de una institución clave. La elaboración de un documento maestro que condense la información relevante, junto con la recopilación de los instrumentos legales y normativos relacionados con las bioenergías, es esencial para esclarecer el panorama del sector y brindar capacitación a los actores interesados. Otras acciones necesarias son:

- Conformación del equipo interdisciplinario, con expertos en bioenergía, representantes de diferentes sectores gubernamentales, académicos, del sector privado y de sociedad civil, con el fin de considerar a la mayor parte de actores.
- Diagnóstico, que requiere de un análisis detallado del estado actual del sector de bioenergía en Colombia, con el fin de identificar recursos, ubicaciones estratégicas para proyectos, identificación de barreras particulares y desafíos territoriales.
- Definición de objetivos, los cuales deben ser realizables, alcanzables en términos de la capacidad instalada, acordes a la producción de energía y conforme a las metas de reducción de GEI.
- Evaluación de potencial bioenergético en diferentes zonas del país, realizando inventarios de biomasa forestal, residuos agrícolas, sólidos urbanos, y cultivos energéticos, lo que permitirá el trazado de políticas y medidas realistas en torno al desarrollo del sector.
- Identificación de políticas y acciones relacionadas con la bioenergía, con el fin de promover nuevas regulaciones, fortalecer incentivos o modificar las existentes con el fin de fomentar el desarrollo del sector. En este punto, deben trazarse incentivos como subsidios a la producción, fondos de inversión, beneficios tributarios, mercado de bonos de carbono, entre otros.
- Consulta con actores clave una vez se estructuren los objetivos y metas a través de espacios participativos con la sociedad civil del sector público y privado para que desde los sectores se reciban aportes, sugerencias y preocupaciones que puedan relacionarse con el plan formulado y que puedan afectar la gobernanza para implementar el plan.
- Elaboración del documento, que debería incluir la organización de todo el marco legal relacionado con bioenergéticos, junto con la información relevante para el desarrollo del sector como experiencias pasadas, logros actuales, y cifras de interés.

### **5.3.2. Implementación del Plan Indicativo Nacional de Bioenergía**

- Asignación de responsabilidades claras, para cada entidad involucrada, que incluya instituciones públicas, privadas, organismos de investigación y sociedad civil.
- Establecimiento de cronograma con periodos de ejecución definidos y actividades específicas para la ejecución de las acciones propuestas en el plan.
- Movilización de recursos humanos, técnicos, y financieros (acorde al presupuesto) identificados apropiadamente para llevar a cabo las actividades. Se debe realizar una campaña de visibilización de los

esfuerzos, apoyándose en medios de comunicación para llegar hasta los consumidores finales, lo que debe promover la responsabilidad social y el apoyo de las medidas de sostenibilidad.

- Monitoreo y seguimiento, a través del uso de herramientas tecnológicas que permitan evaluar el progreso y el impacto de las acciones llevadas a cabo, permitiendo identificar oportunidades para realizar ajustes según necesidad.
- Cooperación intersectorial entre diferentes sectores en el gobierno, instituciones de investigación, sector privado y sociedad civil para lograr una articulación fuerte, y por tanto una gobernanza efectiva que garantice la implementación efectiva del plan.

### 5.3.3. Seguimiento del Plan Indicativo Nacional de Bioenergía

- Evaluación del progreso de forma periódica para comparar resultados con los objetivos y metas establecidos en el plan.
- Identificación de brechas nuevas a través de la documentación de barreras que se presenten en las diferentes etapas de implementación del plan, identificando medidas correctivas para superarlas.
- Actualización del plan con revisiones periódicas para realizar cambios que reflejen el contexto político, económico, social y tecnológico, además de las experiencias obtenidas para identificar las lecciones aprendidas y nuevas oportunidades.
- La comunicación de resultados fomenta la transparencia de la hoja de ruta, mostrando los avances y alcances logrados a todas las partes interesadas, resaltando los casos de éxito.
- Fortalecer la cooperación fomentando la inclusión de más actores sociales y gubernamentales logrando articular esfuerzos hacia el desarrollo sostenible de la bioenergía.

### 5.3.4. Metas para el Plan Nacional de Energía

En la Tabla 11 se listan las metas identificadas para cada sector en el ámbito energético y de mitigación de gases de efecto invernadero, así como, indicadores propuestos dentro de este estudio, que se recomienda tomarlas en cuenta para el Plan Nacional de Energía. Es importante destacar que los indicadores no presentan valores numéricos porque éstos deben ser concertados con cada sector en función de las capacidades y recursos disponibles.

Tabla 11. Metas identificadas para el ámbito bioenergético de acuerdo al sector

Sector	Actor	Meta	Indicador
Sector privado	Empresas manufactura (grandes)	Reconversión bioenergética para sustituir energía tradicional	% de energía generada por FNCE
		Planeación y desarrollo de proyectos de mitigación de GEI	N. proyectos
	Pymes	Reconversión bioenergética para sustituir % de energía tradicional	% de energía generada por FNCE
		Cuantificación de emisiones de GEI	cantidad eq CO2 generada por la empresa

Sector	Actor	Meta	Indicador
		Planeación y desarrollo de proyectos de mitigación de GEI	N. proyectos apoyados o ejecutados
	Empresas privadas prestadoras de servicios públicos	Reconversión bioenergética para sustituir energía tradicional	% de energía generada por FNCE
		Apoyo a proyectos de promoción de energías renovables no convencionales	N. proyectos apoyados o ejecutados
Comunidades y sociedad civil	Comunidades energéticas	Desarrollo de infraestructura para capacidad de generación energía con FENC	N. proyectos desarrollados con capacidad instalada
		Participación en programas de educación ambiental, sostenibilidad y economía circular	N. de personas capacitadas, certificados de participación.
	Residencial	Separación correcta de residuos sólidos y líquidos en los desechos urbanos.	Estado de la red de alcantarillado y la disposición de residuos
Sector público	Ministerio Minas y Energía	Reconversión energética en la industria extractiva para sustituir fuentes de energía tradicionales	% de energía generada por FNCE
	Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible	Desarrollo de metodología para calcular GEI y su difusión a través de tecnologías de información	N. empresas que reportan sus emisiones
		Fortalecimiento del marco normativo para seguimiento de gestión de tierras.	N. de regulaciones modificadas
	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Sostenible	Realizar inventario de los recursos bioenergéticos en Colombia	N. de recursos disponibles para
		Realizar proyectos con el sector productivo agrícola para el fomento de la bioenergía	N. de proyectos de bioenergía instalados
	Ministerio de Ciencias Tecnología e Innovación	Realizar proyectos con el sector productivo agrícola para el fomento de la bioenergía	N. de proyectos de bioenergía instalados
	Ministerio de Transporte	Promover avances en infraestructura clave para la conexión de territorios.	N. de proyectos entregados
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Gestión eficiente de residuos, revisar las metas de reciclaje y reducción de emisiones	N. metas modificadas o actualizadas	

Nota: Tabla de elaboración propia.

#### 5.4. RECOMENDACIONES PARA SUPERAR LAS BARRERAS IDENTIFICADAS

En la Tabla 12 se presentan las barreras identificadas en el sector bioenergético clasificadas en los ámbitos político/normativo, logístico/mercado, económico/financiero, tecnológico/conocimiento, infraestructura y social; con las recomendaciones obtenidas en las encuestas a entidades de interés y las derivadas del presente estudio, así como acciones sugeridas por cada barrera.

Tabla 12. Recomendaciones para superar las barreras identificadas

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
1	Falta o incertidumbre con respecto a la estrategia y los objetivos gubernamentales en materia de energía renovable.	Incertidumbre en objetivos gubernamentales de energía renovable.	Político/Normativo	<p>NDC: Eficiencia energética para todo el sector de 11.2 Mt CO<sub>2</sub> eq.</p> <p>Gestión integral de residuos sólidos (reciclaje 15%).</p> <p>Estrategias de reducción de emisiones de GEI en ciclo de vida de cacao, adopción masiva de tecnología para producción de arroz, NAMA café y panela, para mitigar GEI</p>	<p>Medir y priorizar acciones sectoriales para lograr las metas de sostenibilidad (incluir análisis de ciclo de vida)</p> <p>Socializar las estrategias con productores agrícolas y detallar planes sectoriales</p> <p>Promover regulación, subsidios y financiamiento para infraestructura de biogás.</p>	<p>Recomendación:</p> <p>Establecer mecanismos de diálogo entre gobierno, industria y sociedad civil para desarrollar una política energética acorde con las capacidades de los diferentes actores, consensuada, con metas específicas y plazos definidos.</p> <p>Acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Creación de una mesa de diálogo multisector en torno a la bioenergía para revisar los avances y concretar objetivos, PIGCCs, NAMAS, entre otros mecanismos.</li> <li>● Llegar a los sectores agrícolas y promover su participación/visión en el PIGCCM-E y PIGCC Sector Agrícola, donde no solo se establezcan acciones sino beneficios e incentivos.</li> <li>● Promover en las organizaciones y empresas el cálculo de las emisiones de GEI y metas de mitigación con incentivos claros.</li> <li>● Definir o crear una institución que lidere las energías renovables sostenibles en Colombia.</li> <li>● Estrategia de socialización masiva a la sociedad civil</li> </ul>

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
2	Limitaciones relacionadas con la liberalización del mercado energético; la incertidumbre relacionada con el acceso, el panorama competitivo y las perspectivas de precios de la energía renovable; Limitaciones en el diseño de PPA estándar y/o procedimientos de licitación de PPA.	Limitaciones en mercado, acceso y diseño de contratos energéticos.	Logístico/Mercado	<p>Ley 2099 de 2021: Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones.</p> <p>Resolución CREG 31 de 2021: Por la cual se establecen las reglas sobre el registro de agentes ante el Administrador del Sistema de Intercambio Comerciales, ASIC, y el Liquidador y Administrador de Cuentas, LAC, y se adopta un esquema fiduciario para el otorgamiento de pagarés en el Mercado de Energía.</p>	<p>Regular según naturaleza de cada generador: eficiencia y equidad</p> <p>Optimizar la conexión de energía excedente, se requiere de mecanismos ágiles.</p> <p>Considerar externalidades positivas de la biomasa y asegurar regulaciones estables.</p> <p>La neutralidad tecnológica del mercado eléctrico del país no diferencia el origen de la energía.</p> <p>La liberalización del mercado energético se debe equilibrar entre crecimiento y seguridad alimentaria. Se enfrenta a desafíos de infraestructura y competencia.</p> <p>Mejorar la definición de responsabilidades en la cadena de biogás.</p>	<p>Recomendación:</p> <p>Implementación de reformas regulatorias que promuevan la competencia en el mercado energético, con un marco normativo claro, transparente y participativo para los diversos actores sociales.</p> <p>Acciones:</p> <p>Revisión y actualización de la legislación energética, según las capacidades de cada generador: Ley 2099, Res. CREG 31, y relacionadas con mercado energético.</p> <p>Fortalecimiento de la autoridad regulatoria con recursos humanos, técnicos y financieros, que garanticen independencia y transparencia en la toma de decisiones.</p> <p>Implementar mecanismos de supervisión y sanción (como el mercado Europeo), para prevenir conductas anticompetitivas.</p> <p>Realizar ruedas de negocio, bonos de carbono, compra</p>

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
					Claridad sobre los mecanismos y beneficios esperados para las inversiones en biocombustibles.	
3	Distorsiones de mercado: subsidios a combustible fósil	Distorsiones por subsidios al combustible fósil.	Logístico/Mercado	<p>Colombia implementó un impuesto al carbono mediante el Artículo 221 (Parte IX) de la Ley 1819 de 2016, para desincentivar el uso de combustibles fósiles, que generan las emisiones de GEI en la combustión.</p> <p>Eliminación de subsidio a la gasolina, próximamente diésel, y ACPM</p>	<p>Impuestos al carbono más agresivos y complementarios con el mercado de carbono.</p> <p>Acompañamiento en la transición energética para evitar colapsos y preparar sectores.</p> <p>Reducir subsidios al diesel y plantear alternativas de suministro en áreas remotas.</p> <p>Los subsidios a combustibles fósiles van en contra de los esfuerzos ambientales globales.</p>	<p>Recomendación:</p> <p>Eliminación gradual de subsidios a combustibles fósiles y redirigir los recursos hacia incentivos para el desarrollo de bioenergía.</p> <p>Acciones:</p> <p>Establecer incentivos fiscales para fomentar la participación en el mercado de carbono.</p> <p>Promover la adopción de tecnologías alternativas de suministro energético en áreas rurales</p> <p>Movilizar subsidios a los biocombustibles</p>

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
4	Procesos complejos, intensivos en mano de obra y plazos prolongados para la obtención de licencias y permisos (generación, EIA, títulos de propiedad) para proyectos de energía renovable.	Procesos burocráticos largos para proyectos renovables.	Logístico/Mercado	<p>En el caso de estos beneficios tributarios relacionados con el impuesto de la renta, la UPME avalará el proyecto de FNCE o GEE, así como los equipos, elementos y maquinaria, nacionales o importados, incluyendo la adquisición de servicios, a través de un certificado que expedirá la UPME.</p> <p>Por otro lado, los contribuyentes deberán obtener la Certificación de Incentivo Ambiental del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través de la ANLA.</p> <p>Ley 1715 de 2014</p> <p>Circular N.35 UPME</p> <p>Resolución 203 de 2020</p>	<p>Trámites ambientales prolongados son un obstáculo al acceso a alternativas viables para empresas.</p> <p>Agilizar trámites para proyectos de energías renovables.</p> <p>Incentivos financieros y tasas preferenciales diferenciados pueden facilitar acceso a licencias y permisos.</p> <p>Evitar demoras y complejidad en trámites para no desincentivar inversiones y proyectos de mitigación.</p>	<p>Recomendación:</p> <p>Simplificar trámites administrativos y agilizar procesos de obtención de licencias usando plataformas digitales. Promover la reducción de burocracia.</p> <p>Acciones:</p> <p>Implementar un programa de revisión y simplificación de los procesos de evaluación ambiental, con el fin de eliminar pasos innecesarios</p> <p>Establecer límites de tiempo claros y realistas para la revisión de los trámites ambientales.</p> <p>Capacitar al personal encargado de la evaluación ambiental para mejorar la eficiencia y calidad de las evaluaciones</p> <p>Crear una ventanilla única o plataforma digital que centralice los trámites relacionados a energías renovables, facilitando su acceso y seguimiento.</p> <p>Implementar mecanismos de revisión periódica de procedimientos y regulaciones ambientales, para organizarlas en un solo sitio web, y que contenga la información necesaria para los interesados.</p>

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
5	Altos niveles de ineficiencia gubernamental. No hay mecanismos de recurso claros	ineficiencia gubernamental sin mecanismos de rendición de cuentas claros	Político/Normativo	Estrategias para combatir la ineficiencia gubernamental	Implementar software especializado para garantizar trazabilidad.  Fortalecer códigos de gobernanza en instituciones oficiales.  Implementar sanciones contundentes para combatir la ineficiencia gubernamental.	Recomendación:  Fortalecer sistemas de control y vigilancia, sancionar la ineficiencia gubernamental, promover transparencia y realizar rendición de cuentas en todos los niveles del gobierno y sector privado.  Acciones:  Desarrollar e implementar software especializado que permita el seguimiento y la trazabilidad de procesos relacionados con el medio ambiente y recursos naturales. Establecer protocolos claros para la recopilación, almacenamiento y acceso a información generada por software, garantizando la transparencia y el cumplimiento de normativas ambientales. Revisar y actualizar los códigos de gobernanza y ética en las instituciones gubernamentales encargadas de la gestión ambiental. Implementar programas de capacitación y sensibilización sobre gobernanza y ética para el personal de instituciones públicas. Establecer mecanismos efectivos de supervisión e implementar canales de denuncia.
6	Falta de concienciación sobre las energías renovables entre los consumidores, usuarios finales y residentes locales.	Falta de conciencia sobre renovables en comunidades locales	Social	Ley 1549: fortalecer la institucionalización de la política nacional de educación ambiental y su incorporación efectiva en el desarrollo territorial.	Estrategias de concientización y apoyo a productores.  Incentivos a la academia e industria son claves para alinearse con la Ley 1549	Recomendaciones:  Desplegar campañas de sensibilización y educación pública para informar a la población sobre los beneficios ambientales y económicos de energías renovables, haciendo uso responsable de los recursos.

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
					<p>Fortalecimiento de la educación ambiental en el sistema educativo.</p> <p>Mayor publicidad y acciones para promover la transición energética y generar conciencia.</p>	<p>Acciones:</p> <p>Programas de capacitación y talleres dirigidos a productores agrícolas sobre ventajas y oportunidades de la producción de biomasa para bioenergía, resaltando la importancia económica y acceso a mercados alternativos.</p> <p>Establecer fondos de apoyo y subsidios para proyectos piloto de producción de biomasa en zonas críticas para fomentar la creación de asociaciones.</p> <p>Incorporar contenidos sobre biomasa y sostenibilidad ambiental en los programas educativos de todos los niveles.</p> <p>Capacitar a docentes y profesionales sobre metodologías pedagógicas novedosas para enseñar temas de bioenergía, cambio climático y medio ambiente, llegando a todos los actores posibles.</p>
7	Resistencia social y política relacionada con las energías renovables Preocupaciones de NIMBY, grupos de intereses especiales	Resistencia social y política a energías renovables	Político/Normativo	PIGCT, los cuales son instrumentos a través de los cuales las entidades territoriales y ambientales regionales identifican, evalúan, priorizan y definen medidas y acciones de adaptación y de mitigación de emisiones de gases efecto invernadero para su implementación en el territorio.	<p>La libre importación de biocombustibles perjudica el sector en Colombia.</p> <p>Establecimiento de metas armonizadas en colaboración con el sector privado.</p> <p>Difusión mayor de los PIGCC sectoriales y mejorar la claridad en sus metas y medidas.</p>	<p>Recomendación:</p> <p>Fomentar la participación de la ciudadanía a través del diálogo para la toma de decisiones sobre proyectos de energía renovable, involucrando a las comunidades locales en las etapas iniciales de planeación de los proyectos.</p> <p>Acciones:</p> <p>Implementar medidas de apoyo y promoción para la producción nacional de biocombustibles.</p> <p>Realizar campañas de difusión, capacitación y sensibilización sobre los PIGCCs para mejorar la accesibilidad y claridad de la información para cada sector.</p>

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
					<p>Enfocar apoyo gubernamental para desarrollar proyectos en Zonas No Interconectadas.</p> <p>Abordar la resistencia social en comunidades y pueblos originarios con campañas de concientización.</p>	<p>Establecer mecanismos de medición sectorial para medir el progreso de la implementación de los PIGCCs.</p> <p>Desestimar recursos financieros y técnicos para desarrollo de proyectos de energías renovables en ZNI.</p> <p>Realizar campañas de capacitación y mesas de participación con comunidades locales, donde se resalta la importancia de la transición energética y la mitigación del cambio climático.</p> <p>Establecimiento de metas y objetivos en conjunto con las comunidades y pueblos originarios respondiendo a sus necesidades y capacidades.</p> <p>Realizar mesas de conversación con las pyme, estableciendo apoyos claros para que participen en las políticas de mitigación y se creen comunidades de cooperación.</p>
8	Para la evaluación y el suministro de recursos: imprecisiones en la evaluación inicial de los recursos de energía renovable; cuando corresponda (por ejemplo, bioenergía), incertidumbres relacionadas con el suministro futuro y el costo del recurso	Incertidumbres en evaluación y suministro de recursos renovables	Tecnológico/Conocimiento	<p>CONPES 4075 de 2022:</p> <p>"Al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, formular e implementar convocatoria para los programas o proyectos de ciencia, tecnología e innovación que promuevan la investigación y el desarrollo de conocimiento y el desarrollo tecnológico asociado a nuevas tecnologías aplicables al sector energético y al transporte sostenible"</p>	<p>Impulsar la investigación y articular colaboración entre academia, ministerios, y el sector privado para mitigar costos.</p> <p>Acceso a tierras para proyectos de bioenergía.</p> <p>Se debe conocer el potencial de los recursos renovables en las regiones, y priorizarse en convocatorias de investigación.</p> <p>La evaluación de recursos debe considerar aspectos sociales y</p>	<p>Recomendaciones:</p> <p>Realizar estudios detallados sobre evaluación de recursos y establecer sistemas de monitoreo continuo para mejorar la precisión de las estimaciones de los recursos disponibles disminuyendo la incertidumbre.</p> <p>Acciones:</p> <p>Crear una plataforma de colaboración y redes de intercambio de conocimientos que faciliten la comunicación y trabajo conjunto entre investigadores, gobierno y sector privado.</p> <p>Impulsar proyectos en densificación de biomasa, fortalecimiento de cadenas logísticas, y manejo de inventarios, o realizar capacitaciones y programas educativos en torno a estos desafíos.</p>

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
					ambientales para evitar reprocesos.	<p>Desarrollar una metodología de cálculo para estimar los recursos disponibles en Colombia, que sea actualizable y aplicable en el tiempo, y que la información sea compartida con el público en sistemas de información centralizados.</p> <p>Promover la formación de consorcios y alianzas estratégicas entre actores de innovación, empresas, gobierno, para desarrollar en conjunto proyectos.</p> <p>Desarrollar planes de ordenamiento territorial que identifiquen y reserven áreas adecuadas para la producción sostenible de biomasa, bajo criterios de sostenibilidad, viabilidad técnica, ambiental y social.</p>

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
9	Para planificación, construcción, operaciones y mantenimiento: diseño de planta subóptima; falta de empresas locales que ofrezcan servicios de construcción y mantenimiento; falta de personal local capacitado y experimentado; incertidumbres relacionadas con la obtención de tierras y limitaciones en la infraestructura cívica (carreteras, etc.)	Desafíos en planificación, construcción y operación de proyectos	Infraestructura	Ley 2036 de 2020: Promueve: participación de las entidades territoriales en los proyectos de generación de energías alternativas renovables y se dictan otras disposiciones	<p>Generar capacidades locales para el desarrollo de la biomasa y bioenergía.</p> <p>Realizar estudios de mercado para mejorar el impacto del mecanismo.</p> <p>Participación de entidades territoriales clave para el desarrollo de proyectos energéticos.</p> <p>Se requiere implementar la ley y generar cluster en bioenergía</p>	<p>Recomendación:</p> <p>Implementar programas de capacitación y desarrollo de habilidades para el personal local, e incentivos para participación de empresas locales en la construcción, mantenimiento, planeación, de proyectos de energía renovable.</p> <p>Acciones:</p> <p>Establecer programas de formación y capacitación dirigidos a comunidades locales, técnicos, y empresarios con el fin de fortalecer el conocimiento del sector.</p> <p>Establecer un plan de acción para implementación efectiva de la ley de bioenergía, que incluya creación de clusters o agrupaciones de empresas y empresas entidades relacionadas con la bioenergía.</p> <p>Realizar estudios de mercado que permitan identificar necesidades, oportunidades y desafíos del sector de bioenergía, y generar documentos que detallen metodologías para desarrollo de estudios de mercado.</p> <p>Desarrollar programas de capacitación y formación sobre operaciones en la red eléctrica, incluir alianzas con universidades y entidades como el SENA para capacitar a todos los interesados.</p>

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
10	Para la compra y, en su caso, fabricación local de hardware: falta de información del comprador sobre la calidad, confiabilidad y costo del hardware; falta de presencia industrial local y experiencia con hardware, incluida mano de obra local calificada y experimentada	Falta de información y experiencia local en hardware	Tecnológico/Conocimiento	Constitución Política 91: Mínimo dos (2) puntos porcentuales se destinarán a investigación o inversión de proyectos de ciencia, tecnología e innovación en asuntos relacionados o con incidencia sobre el ambiente y el desarrollo sostenible.	<p>Crear premios e incentivos claros para la reducción de la huella de carbono en generación de energía limpia.</p> <p>Socializar la ley y su alcance.</p> <p>Mejorar la infraestructura de conexión en algunas zonas, incluir comunidades energéticas.</p> <p>Valoración conceptual del mecanismo y trabajo conjunto con inversionistas para su implementación.</p>	<p>Recomendación:</p> <p>Diseñar políticas de apoyo a la industria nacional, promoviendo la fabricación local de equipos y tecnologías, a través de incentivos fiscales, créditos preferenciales, y programas de desarrollo.</p> <p>Acciones:</p> <p>Establecer programas de premios y reconocimientos gubernamentales para empresas y organizaciones, que ayuden a reducir la huella de carbono.</p> <p>Realizar estudios de viabilidad técnica, económica y ambiental, para generar modelos metodológicos que sean una guía aplicable a varios sectores.</p> <p>Dirigir inversiones en la mejora y expansión de la infraestructura de conectividad eléctrica en zonas con potencial para el desarrollo de energías renovables.</p>
11	Código y gestión de la red: experiencia limitada o historial operativo subóptimo del operador de la red con fuentes intermitentes (por ejemplo, gestión y estabilidad de la red). Falta de estándares para la integración de fuentes	Experiencia limitada en gestión de red con energía renovable	Tecnológico/Conocimiento	Ley 1715: regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.	<p>Ampliar el alcance a proyectos de producción de energía para incluir biocombustibles de segunda y primera generación, hidrógeno, biogás, entre otros.</p> <p>Analizar la reglamentación y regulación expedida por la CREG para fortalecer la red de transmisión.</p>	<p>Recomendación:</p> <p>Establecer normas y estándares técnicos que faciliten la integración de fuentes de energía renovable a la red eléctrica, lo que promueve la modernización y actualización de la infraestructura de transmisión y distribución.</p> <p>Acciones:</p>

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
	de energía renovables intermitentes a la red.				<p>Los operadores de red deben actualizar su conocimiento técnico para integrar fuentes de energías renovables.</p> <p>Fortalecer a los actores del sector, trascendiendo en solo promulgar la ley.</p>	<p>Fomentar el intercambio de buenas prácticas y lecciones aprendidas entre operadores de red nacionales e internacionales, organizando eventos, charlas, networking especializados en energías renovables y sistemas eléctricos.</p> <p>Establecer mecanismos de evaluación para medir el impacto y efectividad de las políticas y programas de fortalecimiento del sector energético.</p>
12	Infraestructura de transmisión: infraestructura de red inadecuada o anticuada en el país en particular, incluida la falta de líneas de transmisión desde la fuente de energía renovable hasta los centros de carga; incertidumbres para la construcción de nueva infraestructura de transmisión	Infraestructura de transmisión inadecuada y falta de líneas	Infraestructura	Resolución CREG 102 009: Por la cual se hacen unos ajustes y se compila la Resolución CREG 152 de 2017 "Por la cual se establecen reglas complementarias para el desarrollo de la infraestructura de importación de gas del Pacífico incluida en el plan transitorio de abastecimiento de gas natural".	<p>Se debería complementar el marco legal con un estudio técnico de viabilidad sobre el territorio nacional.</p> <p>Socializar el marco legal relacionado con la transmisión de energía, su alcalde y la forma en que se implementa.</p> <p>Permitir la expansión del Sistema de Transmisión Nacional para acelerar la entrada de generación de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable.</p>	<p>Recomendación:</p> <p>Realizar inversiones para expandir y modernizar la infraestructura de transmisión de energía eléctrica, priorizando nuevas líneas para conectar áreas de generación de energía renovable a centros de consumo.</p> <p>Acciones:</p> <p>Realizar estudios de viabilidad técnica sobre el territorio nacional para ampliar la infraestructura en las regiones clave y luego extenderlo a las regiones con necesidades especiales.</p>

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
13	Limitaciones en la calidad crediticia, el gobierno corporativo, la gestión y el historial operativo o las perspectivas de la empresa de servicios públicos (comprador de electricidad); políticas desfavorables con respecto a los acuerdos de recuperación de costos de las empresas de servicios públicos.	Límites crédito, gobierno corporativo y políticas servicios públicos	Económico/Financiero	Resolución CREG 179 (Flexibiliza conexiones de plantas menores, cogeneradores y autogeneradores al SIN), Resolución CREG 15 (Metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica al SIN), Resolución CREG (Regulación actividades autogeneración a pequeña escala)	Apoyo de entidades gubernamentales para el desarrollo de proyectos de bioenergía, debido a su alto costo.  Se requiere un análisis financiero y político de mayor profundidad.  Incentivar la competencia y fortalecer o crear empresas de servicios públicos para mejorar la capacidad de gestión de los operadores y fomentar su participación en el mercado.	Recomendación:  Implementar reformas regulatorias para mejorar la calidad crediticia y del gobierno corporativo. Establecer políticas tarifarias justas y transparentes que incentiven las energías renovables.  Acciones:  Establecer programas de incentivos y financiamiento específicos respaldados por el gobierno, que permitan reducir los costos iniciales. Implementar medidas para promover la competencia en el mercado de servicios públicos y fortalecer o crear empresas de servicios públicos con el fin de mejorar la gestión y eficiencia operativa, promoviendo la participación en proyectos de energía y otras fuentes renovables.
14	Escasez de capital: Disponibilidad limitada de capital local o internacional (capital o deuda) para infraestructura de energía verde debido, por ejemplo, a: sector financiero local subdesarrollado; Sesgo político contra los	Escasez de capital por sesgo político y restricciones financieras	Económico/Financiero	NDC - Liderando Min Transporte: Movilidad Eléctrica (MoVE): Creación de un entorno normativo y financiero que permita acelerar la transición hacia la movilidad eléctrica, con el fin de establecer estándares regulatorios y técnicos para la comercialización y operación de vehículos eléctricos.	Fortalecer el sector financiero y establecer rutas especiales y efectivas para acceder a él con proyectos de energía verde.  Complementar el mecanismo con una política que favorezca a los inversionistas en energía verde.	Recomendación:  Fomento de inversión en energías renovables, creando fondos de financiamiento específicos, promoviendo incentivos fiscales, y facilitando el acceso a créditos con tasas favorables para proyectos de energía verde.  Acciones:  Ampliar el alcance de las políticas y programas de incentivo para incluir otras formas de energía no convencionales.

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
	inversores en energía verde.				<p>Incluir otras energías renovables como biocombustibles y no solo movilidad eléctrica.</p> <p>Crear un entorno normativo para la movilidad sostenible que incluya incentivos tributarios o económicos para acelerar inversiones, especialmente en biocombustibles.</p>	<p>Diseñar e implementar una política integral que brinde incentivos y garantías a los inversionistas interesados con tarifas preferenciales de conexión a la red eléctrica y mecanismos de aseguramiento de inversión.</p> <p>Crear fondos específicos para soluciones energéticas con biomasa residual, para facilitar el acceso al capital, especialmente para pequeños productores.</p>
15	Experiencia limitada con energías renovables: falta de información, habilidades de evaluación e historial de proyectos de energía renovable entre la comunidad inversora; falta de efectos de red (inversores, oportunidades de inversión) encontrados en los mercados establecidos; falta de familiaridad y habilidades	Falta de experiencia y financiamiento en renovables	Económico/Financiero	NDC - Liderado Min Comercio Industria y turismo: Promoción de proyectos de gestión de la energía y eficiencia energética en el sector de industria: Identificación, estructuración e implementación de proyectos sobre buenas prácticas operativas e implementación de mejoras en procesos energéticos y uso de energéticos de menor factor de emisión.	<p>Complementar el mecanismo con incentivos para la formación de personal especializado en la estructuración y ejecución de proyectos de energías renovables.</p> <p>Incrementar incentivos para mejorar la efectividad de los mecanismos.</p> <p>Mejorar la divulgación e interacción por parte del</p>	<p>Recomendación:</p> <p>Desplegar programas de capacitación y asesoramiento para inversores y desarrolladores en el sector de energías renovables, así como promover colaboración e intercambio de experiencias con países exitosos en producir e implementar bioenergéticos.</p> <p>Acciones:</p> <p>Establecer programas de becas y programas de formación especializada en energías renovables en colaboración con las instituciones educativas del país.</p> <p>Revisar la efectividad de los incentivos, y proponer nuevos, con la participación de las empresas del sector y comunidades agrícolas.</p>

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
	con las estructuras de financiación de proyectos				<p>Ministerio y las partes interesadas.</p> <p>Difundir las experiencias exitosas de proyectos piloto, adecuadamente gestionados en el país.</p>	<p>Visibilizar con campañas de educación y promoción para implementar bioenergía, y fomentar la creación de empresas asesoras de alto nivel en temas de bioenergía.</p>
16	Incertidumbre o impedimentos debidos a guerra, terrorismo y/o disturbios civiles.	Incertidumbre por conflictos o disturbios civiles	Político/Normativo	Políticas de gobierno para mejorar el orden público y mejorar la estabilidad del país	<p>Complementar el mecanismo con un sistema de protección a la inversión, como pólizas, generando confianza en inversionistas</p> <p>Revisar el control territorial por parte del Estado.</p> <p>Avances en política de paz para promover inversión en el país.</p>	<p>Recomendación:</p> <p>Implementar medidas de seguridad y estabilidad política para mitigar riesgos asociados a conflictos armados y disturbios. Promover diálogo y diplomacia.</p> <p>Acciones:</p> <p>Desarrollar e implementar un programa de seguros o pólizas específicamente diseñadas para proteger inversiones en el sector de interés.</p> <p>Establecer acuerdos con compañías de seguros para poner a disposición productos que cubran riesgos de inversión en proyectos de bioenergía (pérdida de cosechas, cambios regulatorios, fluctuación de precios).</p> <p>Identificar brechas en el control territorial y establecer estrategias para fortalecer la presencia y capacidad operativa del Estado.</p> <p>Fomento de diálogo y mediación entre actores locales, regionales, departamentales y autoridades.</p>

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
17	Incertidumbre debido a la alta inestabilidad política; mala gobernanza; Estado de derecho e instituciones deficientes.	Incertidumbre por políticas gubernamentales restrictivas	Político/Normativo	Percepción de la institucionalidad de Colombia actualmente, los cambios sociopolíticos, reformas, y su impacto en el sector bioenergético	<p>Revisar la reglamentación relacionada a la bioenergía, y evitar influencia política en ella, para que se centre en criterios técnicos.</p> <p>Complementar el mecanismo con mediciones de calificación internacional para evaluar la incertidumbre y confianza que genera el Gobierno.</p> <p>Superar la inmersión en debates de aprobación de reformas, evitando incertidumbre para los bioenergéticos.</p>	<p>Recomendación:</p> <p>Fortalecer instituciones democráticas, mejorar la gobernanza y el Estado de Derecho, promover la transparencia y rendición de cuentas de la gestión pública con el fin de generar un ambiente político estable y favorable a la inversión.</p> <p>Acciones:</p> <p>Establecer un equipo técnico multidisciplinario integrado por expertos en bioenergía, legisladores y representantes de la sociedad para revisar y actualizar la reglamentación vigente.</p> <p>Establecer mecanismos de retroalimentación con inversionistas y sociedad civil para comunicar resultados de estudios y resultados de proyectos exitosos.</p> <p>Promover la participación de la comunidad científica y del sector privado para revisar la normativa y actualizarla.</p> <p>Contratar agencias de calificación internacional para llevar a cabo evaluaciones periódicas sobre la percepción de los inversionistas respecto a la incertidumbre y confianza de políticas públicas.</p> <p>Establecer plazos claros y realistas para realizar debates para la aprobación de reformas relacionadas con bioenergía.</p> <p>Priorizar la adopción de medidas provisionales o transitorias que permitan mantener la estabilidad y la continuidad de los proyectos bioenergéticos mientras se realiza la modificación a la normatividad.</p>

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
18	Incertidumbre o impedimentos debido a la política gubernamental (restricciones monetarias, impuestos corporativos)	Inestabilidad política y deficiencias de gobernanza	Político/Normativo	Marco tributario, reformas e implementación de los impuestos	<p>Complementar los mecanismos actuales con sistemas de medición para lograr ajustes necesarios y disminuir la incertidumbre.</p> <p>Incentivos tributarios importantes para el desarrollo pleno de la bioenergía, incluyendo el uso adecuado y eficiente de la tierra.</p> <p>Promover el desarrollo empresarial al tiempo que se impulsa el desarrollo de la bioenergía.</p> <p>Desplegar comisionados en la CREG, para fortalecer la institucionalidad.</p>	<p>Recomendación:</p> <p>Establecer políticas gubernamentales coherentes que promuevan el desarrollo de energías renovables, eliminar barreras regulatorias y adopción de medidas para reducir la volatilidad en políticas económicas.</p> <p>Acciones:</p> <p>Implementar sistemas de monitoreo y seguimiento continuo de indicadores clave relacionados con bioenergía, producción de biomasa, eficiencia energética e impactos ambientales.</p> <p>Establecer mecanismos de retroalimentación que permitan recopilar datos sobre desempeño de los proyectos energéticos y que se generen informes del desempeño disponibles en un sitio web.</p> <p>Brindar apoyo financiero y técnico a emprendedores y empresas interesadas en incursionar en el sector de la bioenergía, mediante programas de subvenciones, préstamos preferenciales y asesoramiento especializado.</p> <p>Establecer redes de colaboración entre empresas del sector energético y el sector agrícola para promover una integración vertical y horizontal de la cadena de valor de la bioenergía.</p> <p>Nombrar comisionados especialistas en bioenergía dentro de la CREG con el objetivo de fortalecer la capacidad técnica y regulatoria en este campo.</p> <p>Asegurar a los comisionados de recursos y autonomía suficientes para llevar a cabo sus funciones de manera imparcial y eficiente, con representación equitativa de los diferentes sectores relacionados con la bioenergía.</p>

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
						Promover coordinación entre comisionados, entidades gubernamentales, así como del sector privado y la sociedad civil para asegurar una regulación efectiva.
19	Incertidumbre debido a la volatilidad de la moneda local; movimientos desfavorables del tipo de cambio de moneda	Volatilidad de la moneda y riesgos cambiarios	Económico/Financiero	Manejo fiscal del país, deuda, devaluación o fortalecimiento del peso colombiano. Manejo de reglas fiscales.	Claridad en las metas e incentivos para tranquilizar a los inversionistas internacionales.  Monitoreo constante de los mecanismos para promover decisiones efectivas.  Manejo fiscal adecuado para mantener estabilidad y confianza.	Recomendaciones:  Implementar políticas económicas que promuevan estabilidad macroeconómica, establecer mecanismos de cobertura y protección contra riesgos asociados a fluctuaciones en el tipo de cambio.  Acciones:  Revisar y ampliar los incentivos existentes, para aumentar la participación de entidades interesadas en proyectos de energías renovables, con propuestas atractivas y proporcionales a la inversión requerida. Compilación y organización de la información sobre legislación y normativa, relacionada con la bioenergía, y ponerla a disposición de la sociedad a través de la web.
20	Incertidumbre en torno al desempeño de las perspectivas de inflación y tasas de interés debido a un entorno macroeconómico inestable	Incertidumbre económica por inflación y tasas de interés	Económico/Financiero	Percepción del entorno económico actual de Colombia, atracción de la inversión directa, inflación, tasas de interés elevadas.	Reducir tasas de interés para viabilizar proyectos de FNCER.	Recomendación:  Adoptar medidas contra la inflación, mantener tasas de interés estables, crear entorno macroeconómico predecible y favorable para el desarrollo de energías renovables.  Acciones:

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
						<p>Negociar con entidades financieras y bancos para establecer programas de reducción de tasas de interés para proyectos de FNCER y permitir el acceso a capital.</p> <p>Promover la claridad en la legislación para disminuir la incertidumbre en torno al sector de energías renovables.</p>
21	Falta de conocimiento y estrategia en la selección de sistemas de transporte de materias primas y de los biocombustibles producidos.	Falta de conocimiento en transporte y biocombustibles	Tecnológico/Conocimiento	CONPES 4075 de 2022	<p>Socializar nuevas alternativas y políticas de biocombustibles.</p> <p>Incentivar el uso de energías renovables.</p> <p>Difundir el conocimiento adquirido de la experiencia a actores sociales importantes.</p> <p>Diversificar medios de transporte como el fluvial para asegurar el suministro de materias primas.</p> <p>Programas de capacitación a pequeña y mediana empresa.</p> <p>Acompañar el mecanismo con una regulación soportada en vigilancia tecnológica.</p>	<p>Recomendación:</p> <p>Realizar estudios de mercado y análisis de viabilidad para identificar sistemas de transporte adecuado, logísticas eficientes que optimicen la distribución de materias primas, involucrando expertos y profesionales del sector.</p> <p>Acciones:</p> <p>Desarrollar recursos educativos y recursos multimedia para difundir de manera efectiva la información sobre política, regulaciones, y tecnología puntera relacionadas con la bioenergía. Establecer programas de financiamiento y asistencia técnica dirigidos a pymes con el fin de facilitar la adopción de tecnologías y prácticas relacionadas con la bioenergía, instalación de infraestructura o sistemas de cogeneración.</p>

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
22	Falta de estrategias para aseguramiento de la calidad de los biocombustibles producidos con el fin de cumplir estándares internacionales que permitan la exportación, particularmente en mercados altamente especializados y demandantes tales como los de los SAF	Falta estrategias para calidad de biocombustibles y exportación	Político/Normativo	Resolución CREG 240 de 2016  Resolución MME 40103 de 2021  Resolución MME de 40198 de 2021	Control efectivo de la resolución 1962 sobre huella de carbono.  Adoptar y ajustar al contexto colombiano la normatividad internacional.  Desarrollo de laboratorios nacionales, dotados con la tecnología apropiada.	Recomendación:  Establecer programas de certificación y control de calidad que garanticen el cumplimiento de los estándares internacionales por parte de los biocombustibles producidos en el país, promoviendo el desarrollo de tecnologías innovadoras que mejoren la calidad de los combustibles.  Acciones:  Establecer un sistema de monitoreo riguroso para verificar el cumplimiento de la Resolución 1962, designando una entidad u organismo independiente para supervisar y auditar regularmente las actividades relacionadas con los reportes de huella de carbono de empresas y organizaciones. Promover la adopción de normas internacionales ajustadas al contexto colombiano, socializando la iniciativa entre actores relevantes como empresas, gobierno y organizaciones civiles. Establecer laboratorios nacionales especializados en bioenergía, equipados con la tecnología adecuada para llevar a cabo investigaciones relacionadas a la bioenergía. Fomentar la colaboración e intercambio de conocimiento entre laboratorios nacionales, institutos de investigación, universidades privadas y públicas, a través de eventos, convenios, y acuerdos.
23	No se ha evaluado la participación y el protagonismo de sistemas avanzados como	Falta de evaluación de tecnologías avanzadas en bioenergía	Tecnológico/Conocimiento	CONPES 4075 de 2022	Desarrollo de inventario de biomasa y residuos líquidos y sólidos en tiempo real para	Recomendación:

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
	Inteligencia artificial pueden tener en el desarrollo e implementación de tecnologías pertinentes en toda la cadena de valor de los bioenergéticos				<p>trazarlos y gestionarlos efectivamente.</p> <p>Estudios exhaustivos de alternativas antes de reglamentar o implementar tecnologías masivas.</p> <p>Incentivar la investigación en tecnología aplicada, y definir alcances y limitaciones.</p>	<p>Desarrollar estudios y análisis sobre la aplicación de tecnologías avanzadas, como inteligencia artificial en la cadena de valor de bioenergéticos, fomentar la colaboración entre empresas, organismos gubernamentales y academia.</p> <p>Acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Realizar análisis detallados y evaluaciones de viabilidad técnica, económica y ambiental de las diferentes alternativas tecnológicas disponibles antes de proceder a reglamentarlas o implementarlas a gran escala.</li> <li>● Desarrollo de sistemas de monitoreo y seguimiento en tiempo real para recopilar datos sobre disponibilidad de biomasa, ubicación, y residuos líquidos y sólidos, garantizando la socialización de estas herramientas para el conocimiento de los formuladores de proyectos.</li> </ul>
24	Inexistencia de plantas piloto y sistemas de desarrollo e investigación de tecnologías de producción de bioenergéticos, incluyendo incorporación de experiencias de países que han tenido algún protagonismo histórico	Falta de investigación en tecnologías de bioenergía	Tecnológico/Conocimiento	CONPES 4075 de 2022	<p>Incentivos para desarrollo de plantas piloto relacionadas con proyectos de bioenergía.</p> <p>Crear plantas piloto en centros y parques tecnológicos para bioenergía, divulgar resultados y avanzar en regulaciones.</p>	<p>Recomendación:</p> <p>Establecer programas de investigación y desarrollo que incluyan la creación de plantas piloto para probar y mejorar tecnologías. Promover la cooperación internacional y el intercambio de experiencias con países líderes en el sector.</p> <p>Acciones:</p>

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal	Recomendaciones de los resultados de encuestas	Recomendaciones y acciones para superar barreras
						<ul style="list-style-type: none"> <li>● Establecer un programa de incentivos fiscales y financieros para que las empresas e instituciones inviertan en desarrollo y operación de plantas piloto dedicadas a proyectos de bioenergía.</li> <li>● Establecer un plan para la creación de plantas piloto en centros y parques tecnológicos especializados en bioenergía, con el fin de recopilar datos y resultados, y compartir la información con el público y entidades regulatorias.</li> </ul>
25	Falta de claridad o desarrollo de una hoja de ruta para bioenergéticos que considere las particularidades del país	Ausencia de hoja de ruta para bioenergéticos nacionales	Político/Normativo		<p>Implementar ruta integral con participación de todos los actores.</p> <p>Lograr alineación público privada para inversiones de largo plazo en FNCER</p> <p>Definir regulaciones y desarrollar la ley para el crecimiento de bioenergéticos.</p> <p>Las hojas de ruta deben ajustarse con participación de todas las partes interesadas.</p>	<p>Recomendación:</p> <p>Elaborar una hoja de ruta integral para el desarrollo de bioenergéticos que considere las características específicas del país involucrando a todos los actores posibles desde la sociedad civil, academia, gobierno, industria, y establecer metas claras y políticas coherentes para su implementación.</p> <p>Acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Establecer un comité intersectorial que incluya representantes del gobierno, industria, academia y sociedad civil, para desarrollar y ejecutar la hoja de ruta integral.</li> <li>● Facilitar alianzas estratégicas entre el sector público y privado mediante incentivos fiscales y financieros, creando interés y mayor inversión en el sector.</li> <li>● Organizar reuniones regulares de consulta y retroalimentación que involucren a todas las partes interesadas, para revisar y ajustar continuamente las hojas de ruta relacionadas con el desarrollo de bioenergéticos, asegurando que reflejen las necesidades y aspiraciones de los actores involucrados.</li> </ul>

## 6. CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS

Se destaca que la bioenergía juega un papel crucial en la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en Colombia, particularmente en los sectores de agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) y energía, lo que representa el 90% de las emisiones del país. Existe una clara conciencia política sobre la importancia de estos sectores, reflejada en programas, estrategias y presupuestos dirigidos a promover la transición energética hacia fuentes renovables.

Sin embargo, se identifican múltiples barreras que obstaculizan el desarrollo efectivo de la bioenergía en el país. Estas incluyen la falta de un marco legal claro y coherente, la incertidumbre económica, la burocracia en los procesos de proyectos renovables y la falta de coordinación entre actores gubernamentales. Además, se destaca la necesidad de incentivos económicos y mecanismos efectivos para fomentar la economía circular y la sostenibilidad ambiental en los sectores económicos.

Se identifican también acciones para superar las barreras. Acciones destacadas son diversas y abarcan múltiples aspectos, lo que refleja la complejidad y la interconexión de los desafíos y oportunidades en el ámbito de la bioenergía en Colombia. En primer lugar, en el ámbito político y normativo, se propone la creación de una mesa de diálogo multisectorial para revisar los avances y concretar objetivos relacionados con la bioenergía, así como la promoción de incentivos claros para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y metas de mitigación. Asimismo, se sugiere definir o crear una institución que lidere las energías renovables sostenibles en Colombia y desarrollar e implementar software especializado para el seguimiento y la trazabilidad de ahorro de emisiones y cuantificación de recursos naturales (residuos, cultivos energéticos, hidrógeno, etc) para la identificación de casos potenciales de especial interés.

En cuanto a los aspectos logísticos y de mercado, se plantea la necesidad de revisar y actualizar la legislación energética, así como implementar mecanismos de supervisión y sanción para prevenir conductas anticompetitivas. Se propone también la eliminación gradual de subsidios a combustibles fósiles y la movilización de subsidios a los biocombustibles. Además, se destaca la importancia de promover proyectos de densificación de biomasa, fortalecimiento de cadenas logísticas y manejo de inventarios, así como realizar capacitaciones y programas educativos en torno a estos desafíos.

En el ámbito social, se sugiere la realización de programas de capacitación y talleres dirigidos a productores agrícolas sobre la producción de biomasa para bioenergía, así como el establecimiento de fondos de apoyo y subsidios para proyectos piloto en zonas críticas. Se propone también incorporar contenidos sobre biomasa y sostenibilidad ambiental en los programas educativos de todos los niveles.

Desde la perspectiva tecnológica y del conocimiento, se plantea la creación de una plataforma de colaboración y redes de intercambio de conocimientos entre investigadores, gobierno y sector privado, así como la realización de estudios de viabilidad técnica, económica y ambiental para generar modelos metodológicos aplicables a varios sectores.

En cuanto a la infraestructura, se sugiere realizar estudios de viabilidad técnica sobre el territorio nacional para ampliar la infraestructura en regiones clave, así como establecer un plan de acción para la implementación efectiva de la ley de bioenergía y formar sobre operaciones en la red eléctrica.

Finalmente, en el ámbito económico y financiero, se propone establecer programas de incentivos y financiamiento respaldados por el gobierno, así como implementar medidas para promover la competencia en el mercado de servicios públicos y crear fondos específicos para soluciones energéticas con biomasa residual.

Estas acciones reflejan la necesidad de abordar la bioenergía desde una perspectiva integral y multidisciplinaria, considerando aspectos políticos, económicos, sociales, tecnológicos y ambientales para promover su desarrollo sostenible en Colombia.

Es fundamental que este plan sea implementado de manera efectiva, asignando responsabilidades claras, movilizando recursos adecuados y realizando un seguimiento periódico de su progreso. La cooperación intersectorial y la comunicación transparente de resultados son aspectos clave para garantizar el éxito a largo plazo de la bioenergía en Colombia.

Por otra parte, se evidenció un fuerte interés por parte de los actores clave del ámbito de la bioenergía en establecer una gobernanza clara en torno al sector. Se identificaron pilares fundamentales que forman parte de esta gobernanza:

- **Emisión de Políticas y Normativas:** Se requiere la promulgación de políticas públicas y normativas específicas que aborden las necesidades del sector de bioenergía, como leyes, CONPES, PIGCCs y NAMAs. En este documento se señala toda la normativa existente y cuáles son normas a revisar especificando cuáles son los ajustes necesarios.
- **Participación de Actores:** Es esencial la participación tanto de actores gubernamentales (nacional y regional) como no gubernamentales (sector privado, academia, sociedad civil) en la toma de decisiones relacionadas con la bioenergía.
- **Metas de País para el Desarrollo Sostenible:** Las metas nacionales relacionadas con el desarrollo sostenible y la bioenergía, enfocadas en la descarbonización y el cumplimiento de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC), deben ser consideradas.

Partiendo de estos pilares y del concepto de gobernanza, que reconoce la importancia de la participación de actores no gubernamentales en la toma de decisiones para abordar problemas sociales, se recomienda adoptar el esquema de gobernanza propuesto en la Figura 18, el cual incluye:

- **Objetivo Principal del Sector:** Promover la transición hacia un modelo energético sostenible y diversificado, basado en el aprovechamiento eficiente y responsable de los recursos bioenergéticos disponibles en Colombia.
- **Actores de Interés:** Gobierno, sector privado y sociedad civil.

- **Marco Regulatorio:** Constitución Política, NDC, Plan Nacional de Desarrollo, CONPES, PIGCCs, entre otros.
- **Incentivos Tributarios y Mecanismos de Participación:** Para promover el desarrollo del sector bioenergético.
- **Acciones a Implementar:** En diferentes ámbitos como político/normativo, logístico/mercado, económico/financiero, infraestructura, social y tecnológico/conocimiento.

Para que este esquema de gobernanza sea efectivo, se requiere una coordinación estratégica sólida entre los sectores participantes, promoviendo la transparencia, participación y colaboración. Se sugiere integrar políticas energéticas, climáticas, de transporte, medioambientales y agropecuarias para alcanzar objetivos comunes, y fomentar la innovación, la inversión y la cooperación internacional para abordar los desafíos energéticos de manera efectiva.

En resumen, Para formular un plan indicativo de bioenergía en Colombia, se requieren acciones cruciales:

- **Centralización de Información Legal y Normativa:** Es vital recopilar y establecer un recurso web que concentre todos los datos relevantes bajo la responsabilidad de una institución clave, incluyendo la elaboración de un documento maestro que condense la información relevante y los instrumentos legales relacionados con las bioenergías.
- **Conformación de un Equipo Interdisciplinario:** Es necesario contar con expertos en bioenergía y representantes de diferentes sectores gubernamentales, académicos, del sector privado y de la sociedad civil.
- **Diagnóstico y Definición de Objetivos:** Se requiere un análisis detallado del estado actual del sector de bioenergía en Colombia, así como la definición de objetivos realistas y alineados con las metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Evaluación del Potencial Bioenergético:** Es crucial realizar inventarios de biomasa y residuos en diferentes zonas del país para trazar políticas y medidas realistas en torno al desarrollo del sector.
- **Identificación de Políticas y Acciones:** Se deben promover nuevas regulaciones y fortalecer incentivos para el desarrollo del sector, como subsidios a la producción y beneficios tributarios.
- **Consulta con Actores Clave:** Una vez estructurados los objetivos y metas, es necesario involucrar a la sociedad civil y al sector público y privado para recibir aportes y sugerencias que puedan afectar la gobernanza.
- **Implementación y Seguimiento del Plan Indicativo:** Se deben asignar responsabilidades claras, establecer un cronograma con periodos de ejecución definidos, movilizar recursos adecuados y realizar un monitoreo constante del progreso y el impacto de las acciones llevadas a cabo.

- **Seguimiento del Plan Indicativo:** Esto implica evaluar el progreso periódicamente, identificar nuevas brechas y oportunidades, actualizar el plan según sea necesario y comunicar los resultados de manera transparente a todas las partes interesadas.
- **Fortalecimiento de la Cooperación Intersectorial:** Se debe promover la inclusión de más actores sociales y gubernamentales para articular esfuerzos hacia el desarrollo sostenible de la bioenergía.

## 7. REFERENCIAS

- Durán, D., Posada, J., Mussatto, S., & Sierra, R. (2023). Review of chemical characterization methods and data for compositional analysis of fruit residues: Current status and opportunities (Se encuentra en revisión). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Obtenido de <https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1zwCbu-nsfQESBVsoAR7wLTMJK1G6TU0j>
- Foreign Agricultural Service. US Department of Agriculture EEUU. 2023. Biofuels Annual. Obtenido de <https://fas.usda.gov/data/colombia-biofuels-annual-9>
- GOPA, IEC y B&S Europe. (2023). *Documento de Posición Empresarial: Colombia y las Energías Renovables*.
- Jaiganesh, V., P. K. Nagarajan, and A. Geetha. (2014). Solid State Bio Methane Production from Vegetable Wastes Current State and Perception. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 40: 432–37. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.016>.
- Jiménez García, A. M., & Calderón Valencia, F. (2022). *Lecturas sobre Derecho del Medio Ambiental: Gobernanza y energías renovables en Colombia*. (M. d. García, Ed.) Bogotá: Universidad Externado de Colombia. Recuperado el 01 de 02 de 2024
- LEDS LAC (2021), De la práctica a la política: análisis de las barreras a la inversión en biogás en Colombia y las medidas para abordarlas, a partir de la experiencia de los desarrolladores y otros actores relevantes. Bogotá.
- Pessuto, Jayna, Bianca Santinon Scopel, Daniele Perondi, Marcelo Godinho, and Aline Dettmer. (2016). Enhancement of Biogas and Methane Production by Anaerobic Digestion of Swine Manure with Addition of Microorganisms Isolated from Sewage Sludge. *Process Safety and Environmental Protection* 104 (November): 233–39. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.08.020>.
- Sandoval, Y. (06 de 7 de 2023). *Así se impulsa la producción de biogás y biometano en Colombia*. Recuperado el 09 de 1 de 2024, de VALORA ANALITIK: <https://www.valoraanalitik.com/2023/07/06/asi-se-impulsa-la-produccion-de-biogas-y-biometano-en-colombia/>
- Scano, Efsio Antonio, Carla Asquer, Agata Pistis, Luca Ortu, Valeria Demontis, and Daniele Cocco. (2014). Biogas from Anaerobic Digestion of Fruit and Vegetable Wastes: Experimental Results on Pilot-Scale and Preliminary Performance Evaluation of a Full-Scale Power Plant. *Energy Conversion and Management* 77: 22–30. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.09.004>.
- Serna de la Garza, J. (2010). *Globalización y gobernanza: las transformaciones del Estado y sus implicaciones para el derecho público*. Universidad Autónoma de México. Recuperado el 01 de 02 de 2024, de <https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv/id/2818>
- UPME-UNAL, C. O. (2018). Estimación del potencial de conversión a biogás de la biomasa en Colombia y su aprovechamiento. Bogotá

## 8. ANEXOS

## Anexo 1. Detalles de los documentos CONPES

- CONPES 3510 DE 2008: Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia.

El objetivo de este CONPES es: “Aprovechar las oportunidades de desarrollo económico y social que ofrecen los mercados emergentes de biocombustibles, de manera competitiva y sostenible”. Esto se pretende lograr a través de siete (7) objetivos específicos de los cuales se menciona: i) Incrementar competitivamente la producción sostenible de biocombustibles, contribuyendo a la generación de empleo, al desarrollo rural y al bienestar de la población y v) Diversificar la canasta energética del país mediante la producción eficiente de biocombustibles, haciendo uso de las tecnologías actuales y futuras.

Este documento presenta estrategias y un plan de acción que se basa en recomendar la implementación de estrategias orientadas a generar condiciones necesarias para mejorar la eficiencia productiva de la agroindustria de los biocombustibles, de manera económica, social y ambientalmente sostenible. Dentro de las propuestas más llamativas se encuentran:

- Fortalecer la coordinación entre las entidades gubernamentales que tienen injerencia en el desarrollo de la industria de los biocombustibles;
- Promover la reducción gradual de los costos de producción y transformación de biomásas, con criterios de sostenibilidad ambiental y social”

Este CONPES hace algunas recomendaciones para articular los diferentes Ministerios para cumplir el plan de acción del documento, a través de 16 recomendaciones bien definidas con actores claros en la institucionalidad del Gobierno.

- CONPES 3700 DE 2011: “Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia”

El objetivo de este documento es: “Facilitar y fomentar la formulación e implementación de las políticas, planes, programas, incentivos, proyectos y metodologías en materia de cambio climático, logrando la inclusión de las variables climáticas como determinantes para el diseño y planificación de los proyectos de desarrollo, mediante la configuración de un esquema de articulación intersectorial. Este esquema deberá permear el actual modelo de desarrollo social y económico de manera transversal a todos los niveles y en todas las instituciones. Adicionalmente, deberá permear los más altos niveles de toma de decisiones en cada uno de los sectores y comunidades”. Este objetivo se lograría a través de tres (3) objetivos específicos que consisten en:

- Proponer un marco de coordinación para entender el desarrollo económico y social dentro del contexto del cambio climático,
- Promover la articulación de las entidades de producción de información, los sectores y los territorios, para que se utilice apropiadamente para reducir la vulnerabilidad al cambio climático y aprovechar sus oportunidades económicas,

- iii. Proponer un marco de coordinación adecuado para que puedan ser implementadas las acciones actualmente priorizadas por el país.

Dentro de las recomendaciones que se mencionan en este CONPES se mencionan varias solicitudes que involucran entidades del Gobierno, como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Hacienda y Crédito Público en torno a acciones que estén alineadas en combatir el cambio climático.

- CONPES 3918 DE 2018: “Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia”

Este documento tiene como objetivo general “Definir la estrategia de implementación de los ODS en Colombia, estableciendo el esquema de seguimiento, reporte y rendición de cuentas, el plan de fortalecimiento estadístico, la estrategia de implementación territorial y el mecanismo de interlocución con actores no gubernamentales.” a través de cuatro (4) objetivos específicos que incluyen los lineamientos para la estrategia de interlocución con actores no gubernamentales, materializando el enfoque multiactor de la Agenda 2030.

El plan de acción para lograr los objetivos de este CONPES se define en los siguientes lineamientos: 1. Esquema de seguimiento y reporte, 2. Plan de fortalecimiento estadístico, 3. Estrategia territorial, 4. Interlocución y promoción de alianzas con actores no gubernamentales, incluyendo también aspectos relacionados al costo de y financiación del cumplimiento de los ODS.

Dentro de las recomendaciones del documento se incluye solicitar a las entidades que conforman la Comisión Interinstitucional de Alto Nivel para el alistamiento para la implementación de la Agenda Post 2015 y sus ODS, en coordinación con las entidades que forman parte del Gobierno nacional impulsar la reglamentación para la creación y administración del sistema de seguimiento a los ODS en el país en los términos establecidos en el primer lineamiento del presente documento.

- CONPES 3934 DE 2018: “Política de Crecimiento Verde”

A partir de los principios de la Política de Crecimiento Verde que se definen en este CONPES se estableció el siguiente objetivo general: “Impulsar a 2030 el aumento de la productividad y la competitividad económica del país, al tiempo que se asegura el uso sostenible del capital natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima.”, a través de la definición de cinco (5) objetivos específicos en torno a implementar la Política de Crecimiento Verde a largo plazo.

El plan de acción que se definió para implementar los objetivos específicos del CONPES presentó 39 líneas de acción, que fueron concertadas con 28 entidades del orden nacional. Dichas líneas de acción hacen parte de los siguientes enunciados:

- i. Generar condiciones que promuevan nuevas oportunidades económicas basadas en la riqueza del capital natural
- ii. Fortalecer los mecanismos y los instrumentos para optimizar el uso de recursos naturales y energía en la producción y el consumo
- iii. Desarrollar lineamientos para construir el capital humano para un crecimiento verde
- iv. Fortalecer las capacidades en ciencia, tecnología e innovación para el crecimiento verde

- v. Mejorar la coordinación interinstitucional, la gestión de la información y el financiamiento para la implementación de la Política de Crecimiento Verde a largo plazo

Como estrategias de seguimiento de esta Política de Crecimiento Verde, se definió una batería de indicadores de resultado para el crecimiento verde para medir a largo plazo, siendo la meta el año 2030. Adicionalmente, se definen directrices para el financiamiento estimado de la Política de Crecimiento Verde. En este CONPES se realizan varias recomendaciones que incluyen solicitudes al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Ministerio de Transporte, Ministerio del Trabajo, en torno al cumplimiento de las metas de crecimiento verde planteadas en este documento.

– CONPES 4075 DE 2022: “Política de Transición Energética (PTE)”

En Colombia la transición energética ha tenido protagonismo en la política pública, por tanto en este documento se definió el siguiente objetivo general “Consolidar el proceso de transición energética del país a través de la formulación e implementación de acciones y estrategias intersectoriales que fomenten el crecimiento económico, energético, tecnológico, ambiental y social del país con el fin de avanzar hacia su transformación energética.”, a través de cuatro (4) objetivos específicos para su cumplimiento. El plan de acción para lograr el cumplimiento de la PTE, se desarrolla a través de veintiuna (21) líneas de acción que implica la realización de diferentes actividades por parte de varias entidades nacionales involucradas en el documento. Las estrategias se definieron de la siguiente manera:

- i. Estrategia para incrementar la seguridad y confiabilidad energética
- ii. Estrategia para incrementar los recursos para promover la innovación y conocimiento en transición energética
- iii. Estrategia para incrementar las medidas para fomentar la competitividad y el desarrollo económico desde el sector minero energético
- iv. Estrategia para desarrollar un sistema energético con bajas emisiones de GEI

En este CONPES se establece un cronograma de seguimiento que va hasta el 31 de diciembre de 2028 con el informe de cierre. El financiamiento para efectos del cumplimiento de los objetivos de esta política, las entidades responsables gestionan y priorizan los recursos para financiar las actividades a su cargo. Se estima que el costo total estimado de la política es de 306.378 millones de pesos. Dentro de las recomendaciones definidas en el documento, se mencionan importantes solicitudes al Ministerio de Minas y Energía, así como la siguiente solicitud al Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación: “al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, formular e implementar convocatoria para los programas o proyectos de ciencia, tecnología e innovación que promuevan la investigación y el desarrollo de conocimiento y el desarrollo tecnológico asociado a nuevas tecnologías aplicables al sector energético y al transporte sostenible”.

También se menciona al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Transporte, Ministerio del Trabajo, y el Ministerio de Defensa Nacional, como entidades clave para el desarrollo de la PTE.

Todos los documentos mencionados anteriormente, contienen objetivos, metas, estrategias y directrices de gobernanza para implementar las agendas verdes de Colombia, que incluyen estimular el uso de

biocombustibles, de desarrollar e implementar tecnologías que buscan la sostenibilidad, y una serie de incentivos a los cogeneradores y generadores de energía en zonas no interconectadas que puedan vender sus excedentes al sistema de conexión eléctrica.

Hay que mencionar que, aunque el país tiene una matriz energética limpia para la generación de electricidad para el consumo doméstico, sigue siendo amplio el uso de fuentes no renovables de energía, a lo cual responden las políticas en torno a la transición energética y las estrategias para anteponer la economía al cambio climático.

## Anexo 2. Matriz de barreras y mecanismos de mitigación

Tabla 13. Matriz de barreras y mecanismos de mitigación

#	Barrera	Idea clave en la barrera reflejada en las gráficas de resultados	Tipo de barrera y código de color en las gráficas de resultados de encuesta	Mecanismo de mitigación en el marco legal
1	Falta o incertidumbre con respecto a la estrategia y los objetivos gubernamentales en materia de energía renovable.	Incertidumbre en objetivos gubernamentales de energía renovable.	Político/Normativo	NDC: Eficiencia energética para todo el sector de 11.2 Mt CO <sub>2</sub> eq. Gestión integral de residuos sólidos (reciclaje 15%). Estrategias de reducción de emisiones de GEI en ciclo de vida de cacao, adopción masiva de tecnología para producción de arroz, NAMA café y panela, para mitigar GEI
2	Limitaciones relacionadas con la liberalización del mercado energético; la incertidumbre relacionada con el acceso, el panorama competitivo y las perspectivas de precios de la energía renovable; Limitaciones en el diseño de PPA estándar y/o procedimientos de licitación de PPA.	Limitaciones en mercado, acceso y diseño de contratos energéticos.	Logístico/Mercado	Ley 2099 de 2021: Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones. Resolución CREG 31 de 2021: Por la cual se establecen las reglas sobre el registro de agentes ante el Administrador del Sistema de Intercambio Comerciales, ASIC, y el Liquidador y Administrador de Cuentas, LAC, y se adopta un esquema fiduciario para el otorgamiento de pagarés en el Mercado de Energía.
3	Distorsiones de mercado: subsidios a combustible fósil	Distorsiones por subsidios al combustible fósil.	Logístico/Mercado	Colombia implementó un impuesto al carbono mediante el Artículo 221 (Parte IX) de la Ley 1819 de 2016, para desincentivar el uso de combustibles fósiles, que generan las emisiones de GEI en la combustión. Eliminación de subsidio a la gasolina, próximamente diésel, y ACPM

4	Procesos complejos, intensivos en mano de obra y plazos prolongados para la obtención de licencias y permisos (generación, EIA, títulos de propiedad) para proyectos de energía renovable.	Procesos burocráticos largos para proyectos renovables.	Logístico/Mercado	En el caso de estos beneficios tributarios relacionados con el impuesto de la renta, la UPME avalará el proyecto de FNCE o GEE, así como los equipos, elementos y maquinaria, nacionales o importados, incluyendo la adquisición de servicios, a través de un certificado que expedirá la UPME. Por otro lado, los contribuyentes deberán obtener la Certificación de Incentivo Ambiental del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través de la ANLA.
5	Altos niveles de ineficiencia gubernamental. No hay mecanismos de recurso claros	ineficiencia gubernamental sin mecanismos de rendición de cuentas claros	Político/Normativo	Estrategias para combatir la ineficiencia gubernamental
6	Falta de concienciación sobre las energías renovables entre los consumidores, usuarios finales y residentes locales.	Falta de conciencia sobre renovables en comunidades locales	Social	Ley 1549: fortalecer la institucionalización de la política nacional de educación ambiental y su incorporación efectiva en el desarrollo territorial.
7	Resistencia social y política relacionada con las energías renovables Preocupaciones de NIMBY, grupos de intereses especiales	Resistencia social y política a energías renovables	Político/Normativo	PIGCCT, los cuales son instrumentos a través de los cuales las entidades territoriales y ambientales regionales identifican, evalúan, priorizan y definen medidas y acciones de adaptación y de mitigación de emisiones de gases efecto invernadero para su implementación en el territorio.
8	Para la evaluación y el suministro de recursos: imprecisiones en la evaluación inicial de los recursos de energía renovable; cuando corresponda (por ejemplo, bioenergía), incertidumbres relacionadas con el suministro futuro y el costo del recurso	Incertidumbres en evaluación y suministro de recursos renovables	Tecnológico/Conocimiento	"Al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, formular e implementar convocatoria para los programas o proyectos de ciencia, tecnología e innovación que promuevan la investigación y el desarrollo de conocimiento y el desarrollo tecnológico asociado a nuevas tecnologías aplicables al sector energético y al transporte sostenible"

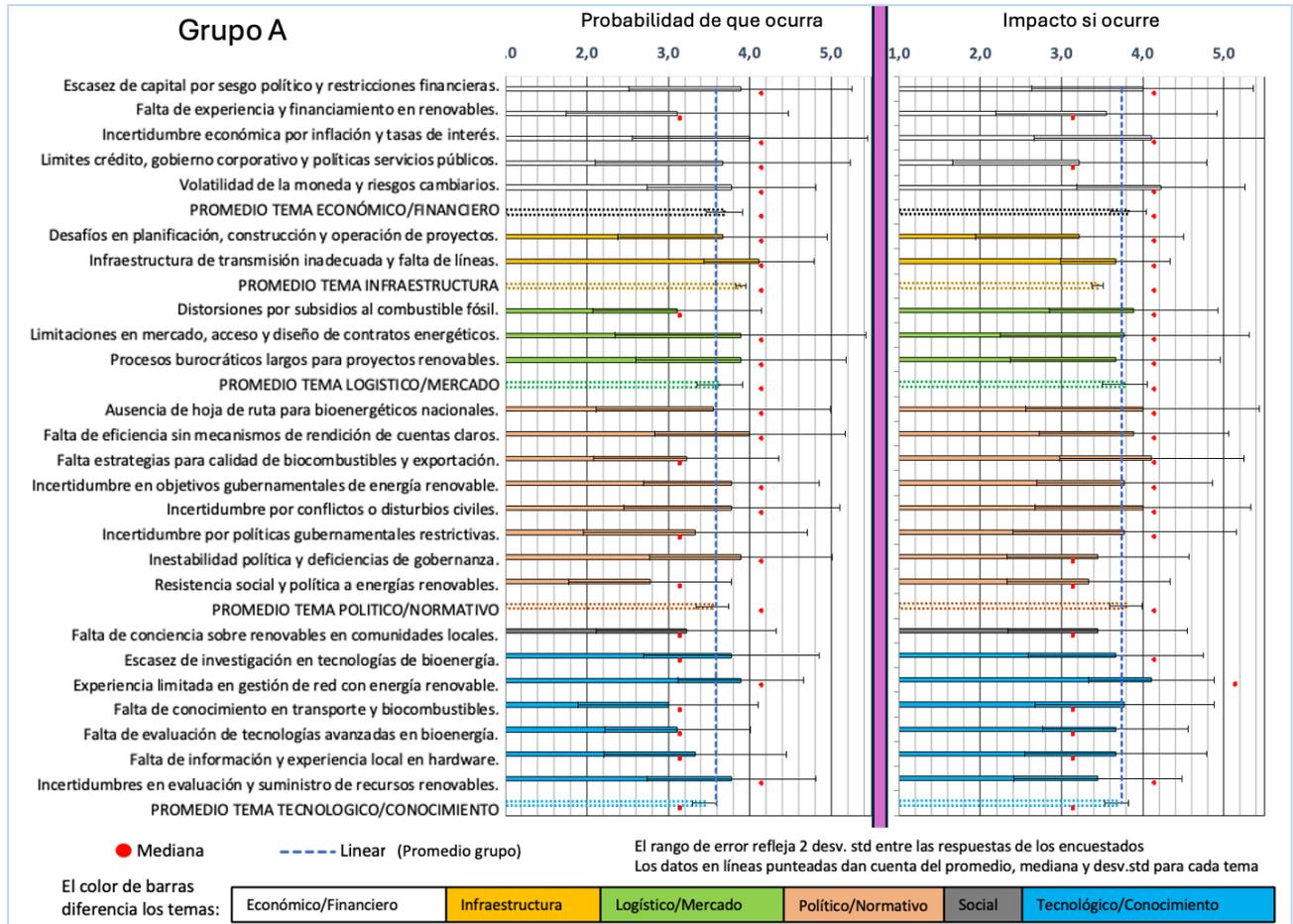
9	Para planificación, construcción, operaciones y mantenimiento: diseño de planta subóptima; falta de empresas locales que ofrezcan servicios de construcción y mantenimiento; falta de personal local capacitado y experimentado; incertidumbres relacionadas con la obtención de tierras y limitaciones en la infraestructura cívica (carreteras, etc.)	Desafíos en planificación, construcción y operación de proyectos	Infraestructura	Ley 2036 de 2020: Promueve: participación de las entidades territoriales en los proyectos de generación de energías alternativas renovables y se dictan otras disposiciones
10	Para la compra y, en su caso, fabricación local de hardware: falta de información del comprador sobre la calidad, confiabilidad y costo del hardware; falta de presencia industrial local y experiencia con hardware, incluida mano de obra local calificada y experimentada	Falta de información y experiencia local en hardware	Tecnológico/Conocimiento	Constitución Política 91: Mínimo dos (2) puntos porcentuales se destinarán a investigación o inversión de proyectos de ciencia, tecnología e innovación en asuntos relacionados o con incidencia sobre el ambiente y el desarrollo sostenible.
11	Código y gestión de la red: experiencia limitada o historial operativo subóptimo del operador de la red con fuentes intermitentes (por ejemplo, gestión y estabilidad de la red). Falta de estándares para la integración de fuentes de energía renovables intermitentes a la red.	Experiencia limitada en gestión de red con energía renovable	Tecnológico/Conocimiento	Ley 1715: regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.
12	Infraestructura de transmisión: infraestructura de red inadecuada o anticuada en el país en particular, incluida la falta de líneas de transmisión desde la fuente de energía renovable hasta los centros de carga; incertidumbres para la construcción de nueva infraestructura de transmisión	Infraestructura de transmisión inadecuada y falta de líneas	Infraestructura	Resolución CREG 102 009: Por la cual se hacen unos ajustes y se compila la Resolución CREG 152 de 2017 “Por la cual se establecen reglas complementarias para el desarrollo de la infraestructura de importación de gas del Pacífico incluida en el plan transitorio de abastecimiento de gas natural”.

13	Limitaciones en la calidad crediticia, el gobierno corporativo, la gestión y el historial operativo o las perspectivas de la empresa de servicios públicos (comprador de electricidad); políticas desfavorables con respecto a los acuerdos de recuperación de costos de las empresas de servicios públicos.	Límites crédito, gobierno corporativo y políticas servicios públicos	Económico/Financiero	Resolución CREG 179 (Flexibiliza conexiones de plantas menores, cogeneradores y autogeneradores al SIN), Resolución CREG 15 (Metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica al SIN), Resolución CREG (Regulación actividades autogeneración a pequeña escala)
14	Escasez de capital: Disponibilidad limitada de capital local o internacional (capital o deuda) para infraestructura de energía verde debido, por ejemplo, a: sector financiero local subdesarrollado; Sesgo político contra los inversores en energía verde.	Escasez de capital por sesgo político y restricciones financieras	Económico/Financiero	NDC - Liderando Min Transporte: Movilidad Eléctrica (MoVE): Creación de un entorno normativo y financiero que permita acelerar la transición hacia la movilidad eléctrica, con el fin de establecer estándares regulatorios y técnicos para la comercialización y operación de vehículos eléctricos.
15	Experiencia limitada con energías renovables: falta de información, habilidades de evaluación e historial de proyectos de energía renovable entre la comunidad inversora; falta de efectos de red (inversores, oportunidades de inversión) encontrados en los mercados establecidos; falta de familiaridad y habilidades con las estructuras de financiación de proyectos	Falta de experiencia y financiamiento en renovables	Económico/Financiero	NDC - Liderado Min Comercio Industria y turismo: Promoción de proyectos de gestión de la energía y eficiencia energética en el sector de industria: Identificación, estructuración e implementación de proyectos sobre buenas prácticas operativas e implementación de mejoras en procesos energéticos y uso de energéticos de menor factor de emisión.
16	Incertidumbre o impedimentos debidos a guerra, terrorismo y/o disturbios civiles.	Incertidumbre por conflictos o disturbios civiles	Político/Normativo	Políticas de gobierno para mejorar el orden público y mejorar la estabilidad del país
17	Incertidumbre debido a la alta inestabilidad política; mala gobernanza; Estado de derecho e instituciones deficientes.	Incertidumbre por políticas gubernamentales restrictivas	Político/Normativo	Percepción de la institucionalidad de Colombia actualmente, los cambios sociopolíticos, reformas, y su impacto en el sector bioenergético

18	Incertidumbre o impedimentos debido a la política gubernamental (restricciones monetarias, impuestos corporativos)	Inestabilidad política y deficiencias de gobernanza	Político/Normativo	Marco tributario, reformas e implementación de los impuestos
19	Incertidumbre debido a la volatilidad de la moneda local; movimientos desfavorables del tipo de cambio de moneda	Volatilidad de la moneda y riesgos cambiarios	Económico/Financiero	Manejo fiscal del país, deuda, devaluación o fortalecimiento del peso colombiano. Manejo de reglas fiscales.
20	Incertidumbre en torno al desempeño de las perspectivas de inflación y tasas de interés debido a un entorno macroeconómico inestable	Incertidumbre económica por inflación y tasas de interés	Económico/Financiero	Percepción del entorno económico actual de Colombia, atracción de la inversión directa, inflación, tasas de interés elevadas.
21	Falta de conocimiento y estrategia en la selección de sistemas de transporte de materias primas y de los biocombustibles producidos.	Falta de conocimiento en transporte y biocombustibles	Tecnológico/Conocimiento	
22	Falta de estrategias para aseguramiento de la calidad de los biocombustibles producidos con el fin de cumplir estándares internacionales que permitan la exportación, particularmente en mercados altamente especializados y demandantes tales como los de los SAF	Falta estrategias para calidad de biocombustibles y exportación	Político/Normativo	
23	No se ha evaluado la participación y el protagonismo de sistemas avanzados como Inteligencia artificial pueden tener en el desarrollo e implementación de tecnologías pertinentes en toda la cadena de valor de los bioenergéticos	Falta de evaluación de tecnologías avanzadas en bioenergía	Tecnológico/Conocimiento	

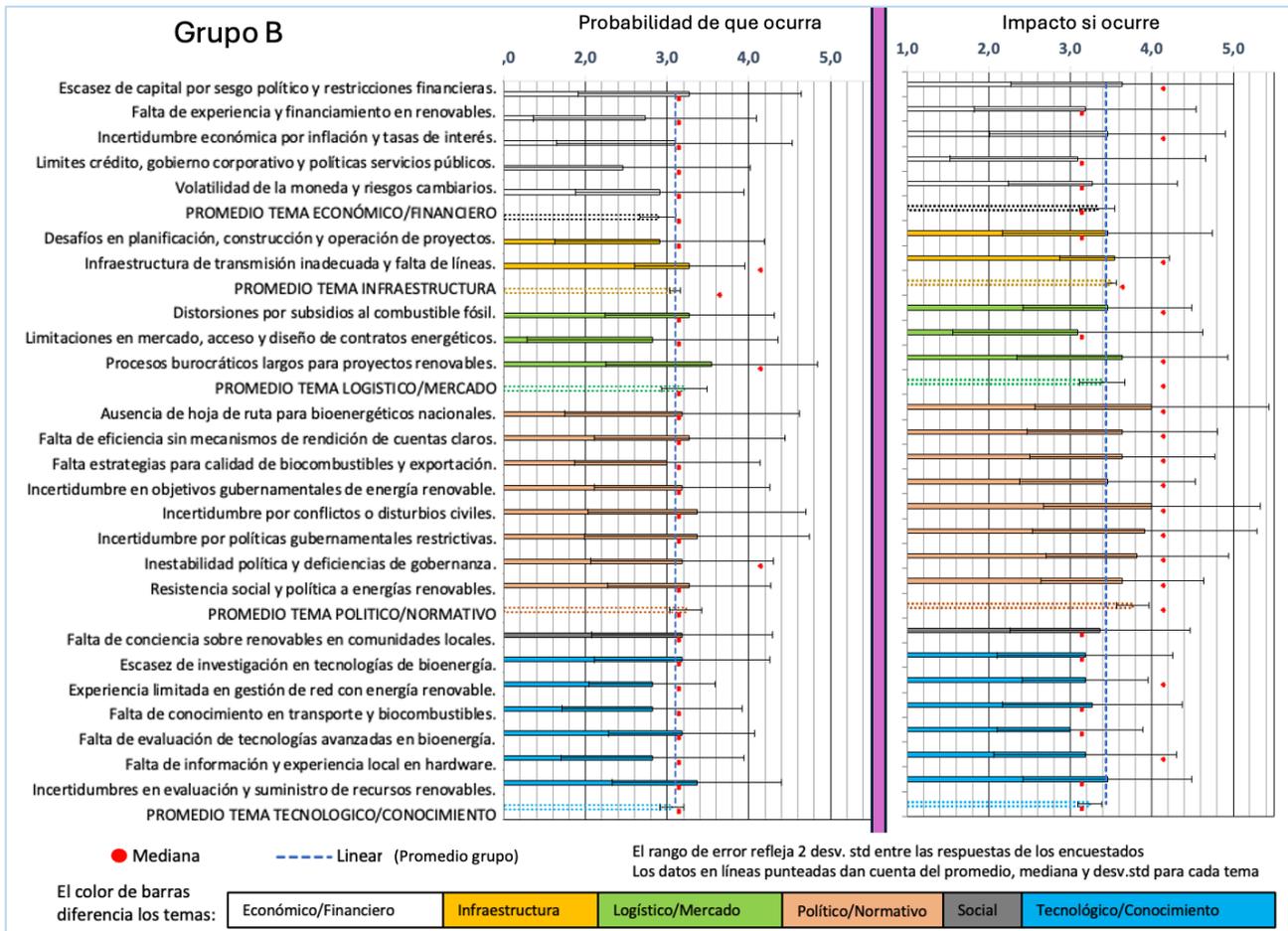
24	Inexistencia de plantas piloto y sistemas de desarrollo e investigación de tecnologías de producción de bioenergéticos, incluyendo incorporación de experiencias de países que han tenido algún protagonismo histórico	Falta de investigación en tecnologías de bioenergía	Tecnológico/Conocimiento	
25	Falta de claridad o desarrollo de una hoja de ruta para bioenergéticos que considere las particularidades del país	Ausencia de hoja de ruta para bioenergéticos nacionales	Político/Normativo	

### Anexo 3. Figuras de análisis de encuestas por grupo



**Figura 23. Resultados de encuesta del Grupo A**

Tamaño de muestra n=9. Los valores de probabilidad fueron asignados de acuerdo al siguiente criterio: 1-Improbable (El mecanismo de mitigación es muy efectivo, cumpliendo con su objetivo), 2-Poco probable (El mecanismo de mitigación es efectivo, sujeto de pequeñas mejoras), 3-Probable (La barrera puede presentarse, debido a factores que la estrategia de mitigación no contempla), 4- Muy probable (La barrera se presenta debido a falencias en la estrategia de mitigación que deben reformularse o replantearse), 5-Inevitable (A pesar del mecanismo de mitigación, la barrera inevitablemente se presenta, dejando en evidencia la nula efectividad del mecanismo de eliminación). Los valores de impacto fueron asignados de acuerdo con el siguiente criterio: 1- Mínimo impacto (Su aparición no representa impactos relevantes en el sector de bioenergía), 2- Bajo impacto (Su aparición representa impactos que pueden ser fácilmente mitigados por los stakeholders), 3-Impacto moderado (Su aparición representa impactos moderados que requieren de cambios y acciones pertinentes de los stakeholders), 4-Impacto alto (Su aparición representa impactos importantes que requieren de cambios, inversiones, acciones por parte de los stakeholders, pudiendo afectar las inversiones directas), 5-Impacto alarmante (Su aparición representa fuertes impactos relacionados con la bioenergía, que requieren de acciones inmediatas por parte de los stakeholders, resultando en anular o revocar inversión en el sector de bioenergía). Fuente: elaboración propia.



**Figura 24. Resultados de encuesta del Grupo B**

Tamaño de muestra n=11. Los valores de probabilidad fueron asignados de acuerdo al siguiente criterio: 1-Improbable (El mecanismo de mitigación es muy efectivo, cumpliendo con su objetivo), 2-Poco probable (El mecanismo de mitigación es efectivo, sujeto de pequeñas mejoras), 3-Probable (La barrera puede presentarse, debido a factores que la estrategia de mitigación no contempla), 4- Muy probable (La barrera se presenta debido a falencias en la estrategia de mitigación que deben reformularse o replantearse), 5-Inevitable (A pesar del mecanismo de mitigación, la barrera inevitablemente se presenta, dejando en evidencia la nula efectividad del mecanismo de eliminación). Los valores de impacto fueron asignados de acuerdo con el siguiente criterio: 1- Mínimo impacto (Su aparición no representa impactos relevantes en el sector de bioenergía), 2- Bajo impacto (Su aparición representa impactos que pueden ser fácilmente mitigados por los stakeholders), 3-Impacto moderado (Su aparición representa impactos moderados que requieren de cambios y acciones pertinentes de los stakeholders), 4-Impacto alto (Su aparición representa impactos importantes que requieren de cambios, inversiones, acciones por parte de los stakeholders, pudiendo afectar las inversiones directas), 5-Impacto alarmante (Su aparición representa fuertes impactos relacionados con la bioenergía, que requieren de acciones inmediatas por parte de los stakeholders, resultando en anular o revocar inversión en el sector de bioenergía). Fuente: elaboración propia.

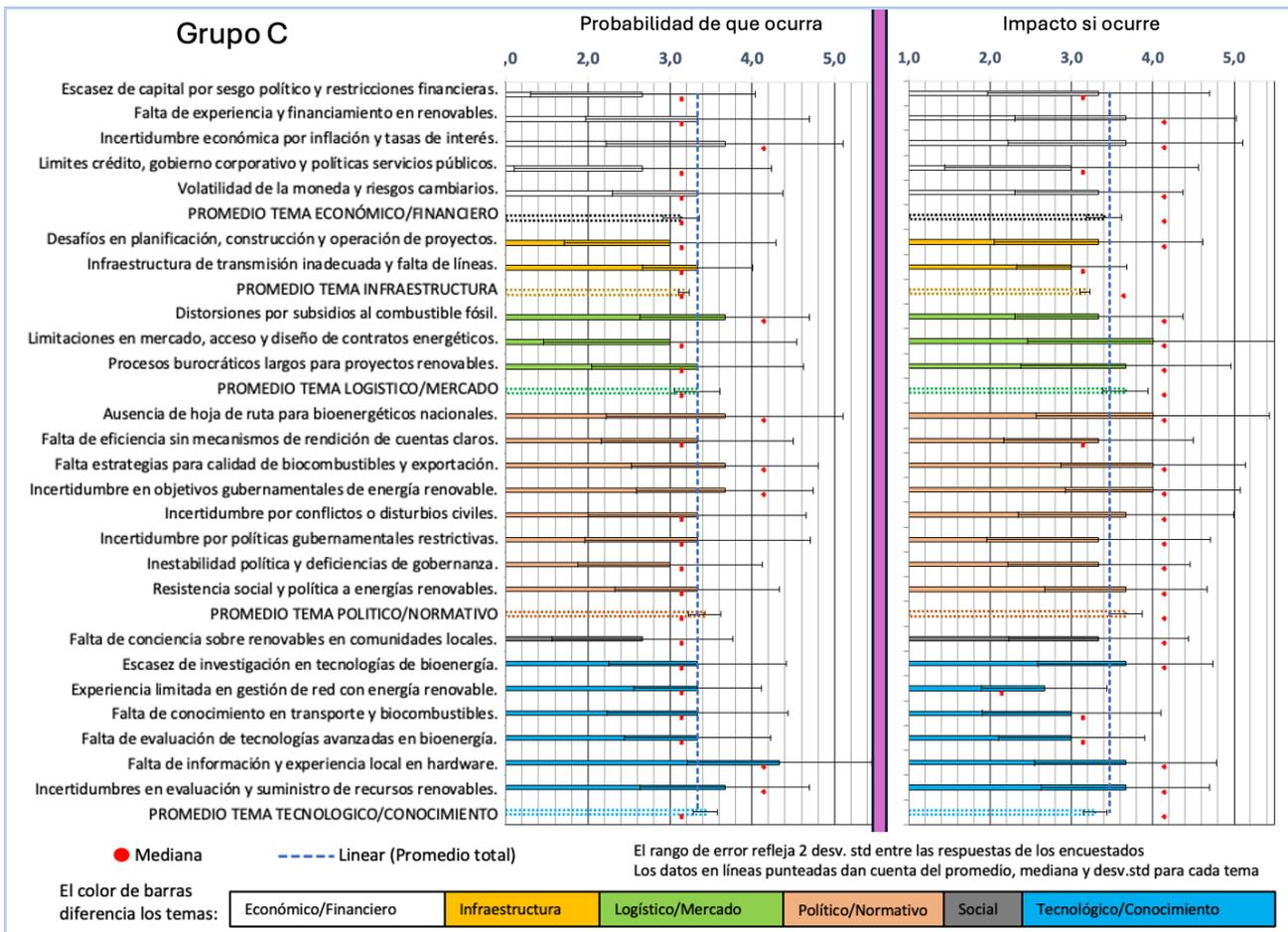


Figura 25. Resultados de encuesta del Grupo C

Tamaño de muestra n=3. Los valores de probabilidad fueron asignados de acuerdo al siguiente criterio: 1-Improbable (El mecanismo de mitigación es muy efectivo, cumpliendo con su objetivo), 2-Poco probable (El mecanismo de mitigación es efectivo, sujeto de pequeñas mejoras), 3-Probable (La barrera puede presentarse, debido a factores que la estrategia de mitigación no contempla), 4- Muy probable (La barrera se presenta debido a falencias en la estrategia de mitigación que deben reformularse o replantearse), 5-Inevitable (A pesar del mecanismo de mitigación, la barrera inevitablemente se presenta, dejando en evidencia la nula efectividad del mecanismo de eliminación). Los valores de impacto fueron asignados de acuerdo con el siguiente criterio: 1- Mínimo impacto (Su aparición no representa impactos relevantes en el sector de bioenergía), 2- Bajo impacto (Su aparición representa impactos que pueden ser fácilmente mitigados por los stakeholders), 3-Impacto moderado (Su aparición representa impactos moderados que requieren de cambios y acciones pertinentes de los stakeholders), 4-Impacto alto (Su aparición representa impactos importantes que requieren de cambios, inversiones, acciones por parte de los stakeholders, pudiendo afectar las inversiones directas), 5-Impacto alarmante (Su aparición representa fuertes impactos relacionados con la bioenergía, que requieren de acciones inmediatas por parte de los stakeholders, resultando en anular o revocar inversión en el sector de bioenergía). Fuente: elaboración propia.

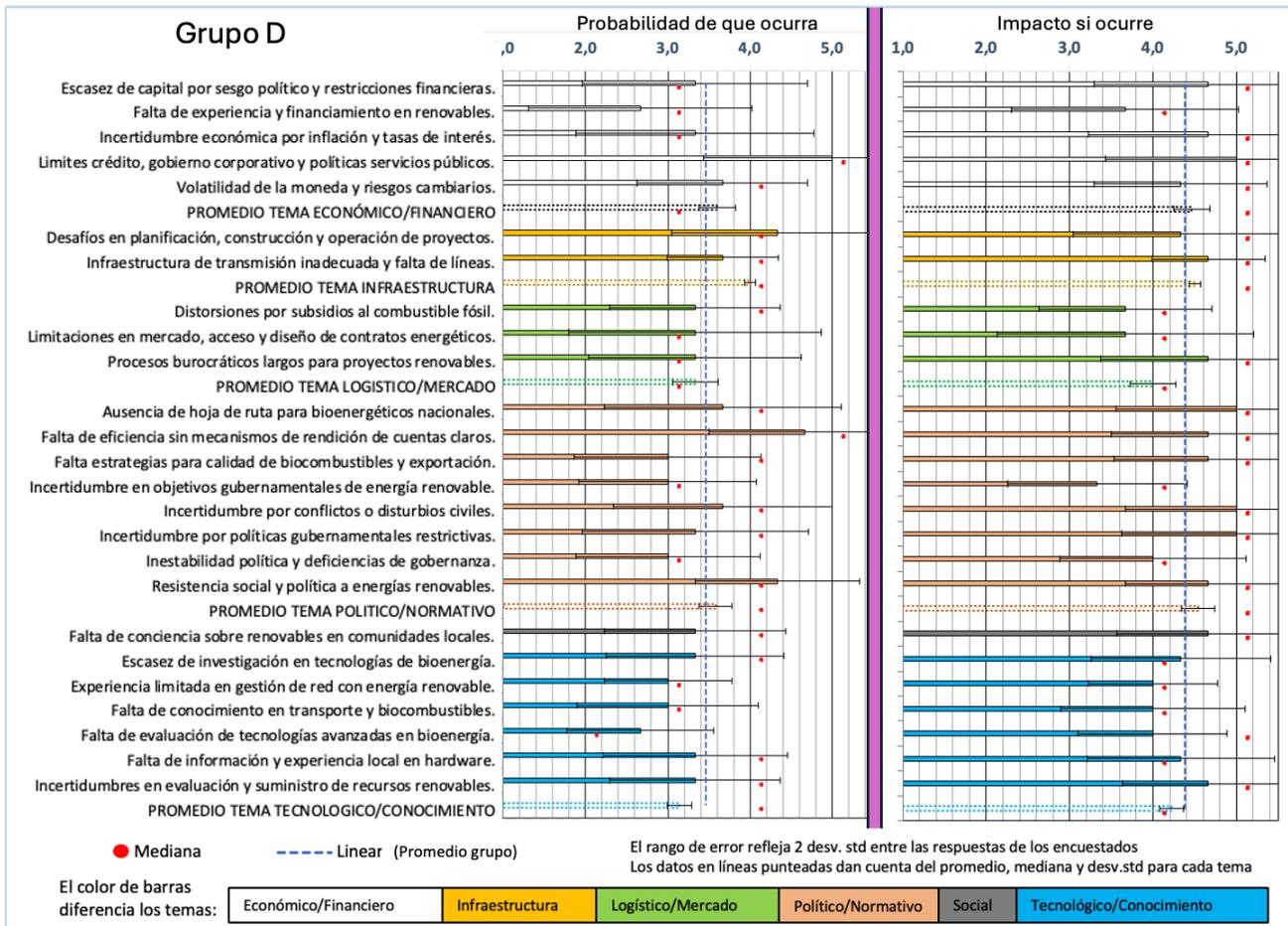


Figura 26. Resultados de encuesta del Grupo D

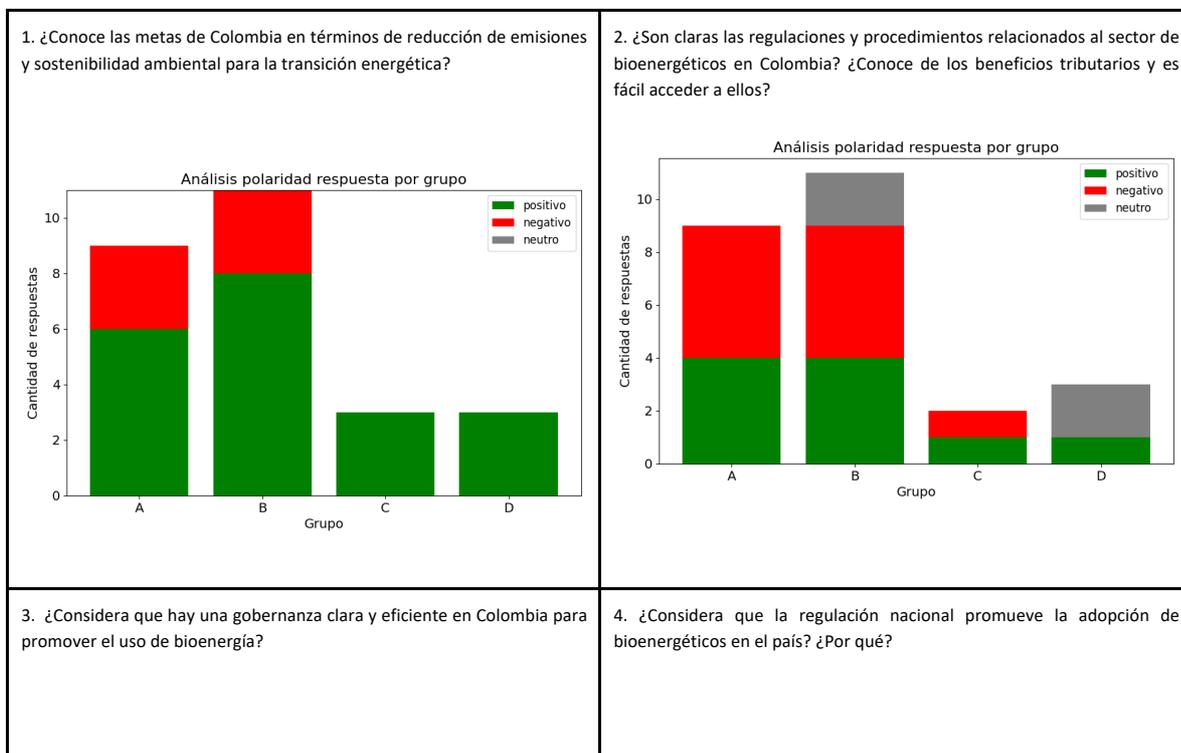
Tamaño de muestra n=3. Los valores de probabilidad fueron asignados de acuerdo al siguiente criterio: 1-Improbable (El mecanismo de mitigación es muy efectivo, cumpliendo con su objetivo), 2-Poco probable (El mecanismo de mitigación es efectivo, sujeto de pequeñas mejoras), 3-Probable (La barrera puede presentarse, debido a factores que la estrategia de mitigación no contempla), 4- Muy probable (La barrera se presenta debido a falencias en la estrategia de mitigación que deben reformularse o replantearse), 5-Inevitable (A pesar del mecanismo de mitigación, la barrera inevitablemente se presenta, dejando en evidencia la nula efectividad del mecanismo de eliminación). Los valores de impacto fueron asignados de acuerdo con el siguiente criterio: 1- Mínimo impacto (Su aparición no representa impactos relevantes en el sector de bioenergía), 2- Bajo impacto (Su aparición representa impactos que pueden ser fácilmente mitigados por los stakeholders), 3-Impacto moderado (Su aparición representa impactos moderados que requieren de cambios y acciones pertinentes de los stakeholders), 4-Impacto alto (Su aparición representa impactos importantes que requieren de cambios, inversiones, acciones por parte de los stakeholders, pudiendo afectar las inversiones directas), 5-Impacto alarmante (Su aparición representa fuertes impactos relacionados con la bioenergía, que requieren de acciones inmediatas por parte de los stakeholders, resultando en anular o revocar inversión en el sector de bioenergía). Fuente: elaboración propia

## Anexo 4. Análisis de las preguntas abiertas de las encuestas por grupo

En esta sección se abordará el análisis de las respuestas a las diferentes preguntas abiertas, realizadas a los encuestados, las cuales se agruparon por tema político y regulatorio, ambiental, tecnológico, económico, y social. Los textos fueron analizados para determinar la polaridad de las respuestas haciendo uso analizadores de sentimiento (adaptado con textos en español) en el software Python, con el fin de identificar de forma general la postura de los encuestados de acuerdo a las preguntas.

En la Figura 27, se presentan los resultados del análisis de los textos para las preguntas de tipo político y regulatorio. Respecto al conocimiento de las metas de reducción de emisiones de Colombia, la mayoría de los encuestados respondió positivamente, lo cual, puede indicar que hay una aceptación general a los esfuerzos gubernamentales respecto al cambio climático y los compromisos que Colombia adquirió no son ajenos a algunos de los sectores productivos que se tuvieron en cuenta para este estudio.

Por otro lado, hay percepciones divididas entre los encuestados respecto a la claridad de las regulaciones y beneficios tributarios relacionados con el sector de bioenergéticos en Colombia. La mayoría de respuestas negativas se presentaron en el grupo A y B, siendo parte de los actores clave para la ejecución de proyectos de energías renovables y por tanto, su relevancia en el desarrollo de la hoja de ruta de bioenergías. Además, la percepción general de los encuestados sobre una gobernanza efectiva en el país para promover el uso de la bioenergía no es positiva, lo que sugiere que debería replantear o actualizar algunos aspectos de la gobernanza actual, pues los encuestados tienen una percepción negativa sobre la efectividad de la regulación que promueve la adopción de bioenergéticos en el país. Por tanto, el marco legal y regulatorio existente, parece no ser suficiente para estimular la reconversión bioenergética de los sectores productivos en Colombia, a pesar de los esfuerzos de los Gobiernos Nacionales y su alineación con los compromisos mundiales de transición energética y reducción de emisiones de GEI.



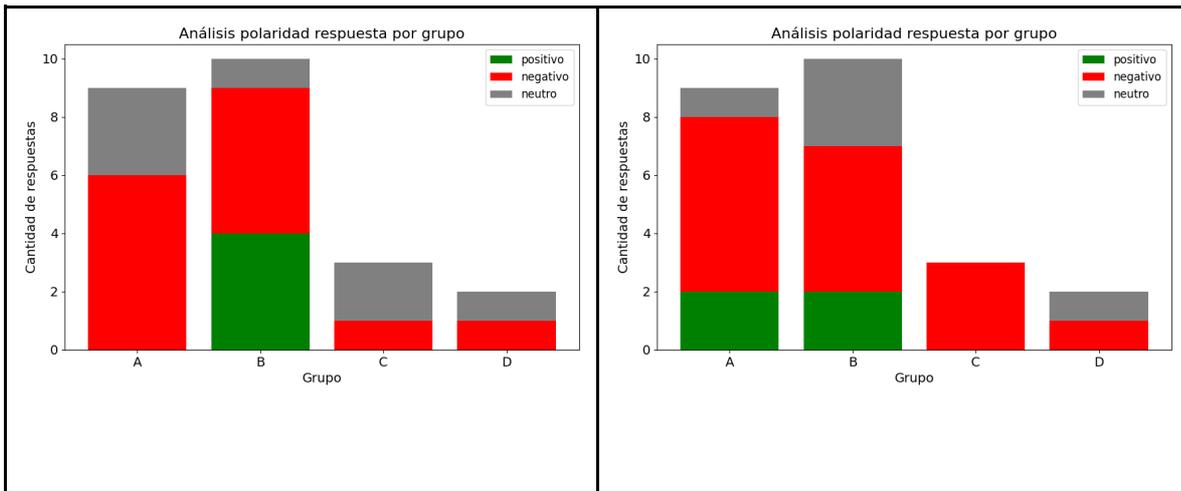
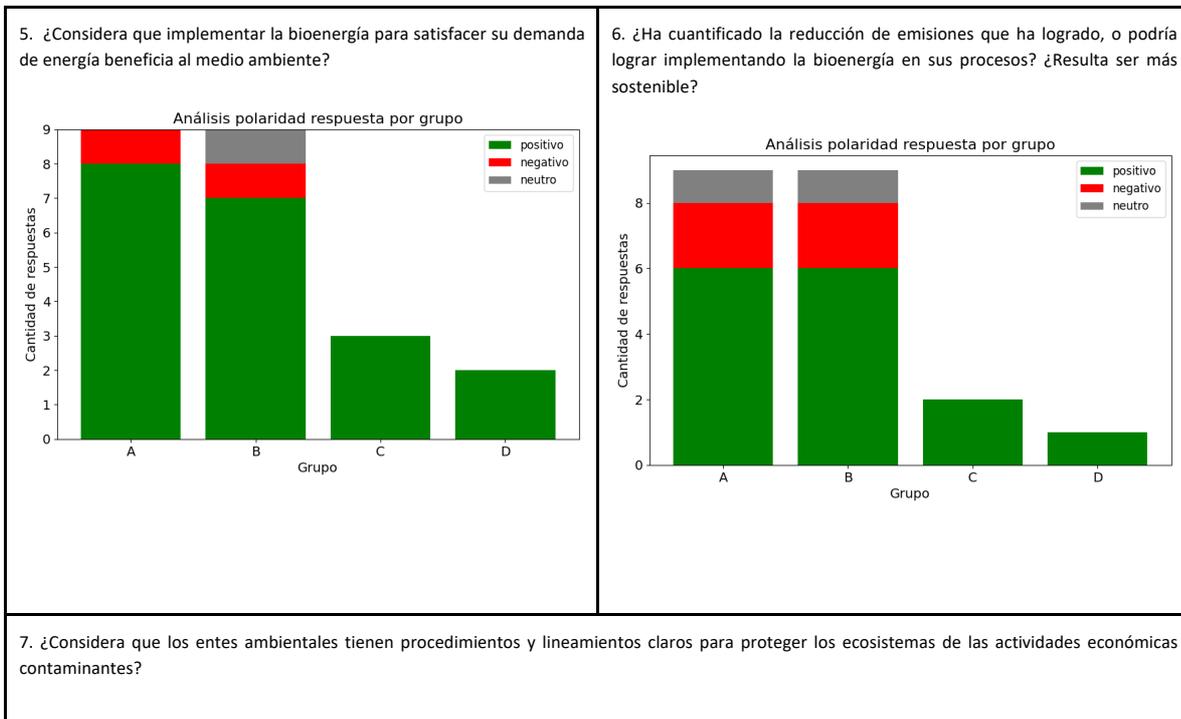


Figura 27. Resultado del análisis a preguntas relacionadas con el ámbito político y regulatorio

Grupo A: generadores de materia prima y bioenergéticos, Grupo B: productores de bioenergía, actores interesados en bioenergéticos, concededores de tecnologías y formadores de profesionales, Grupo C: entidades gubernamentales y públicas interesadas, Grupo D: entidades de financiamiento. Fuente: elaboración propia.

En temas ambientales, el panorama es distinto como se puede observar en la Figura 28. Hay una percepción positiva de los encuestados en referencia a la implementación de soluciones bioenergéticas en sus organizaciones, y encuentran relación directa con la sostenibilidad y reducción de emisiones de GEI en sus procesos. Aun así, el grupo B de stakeholders percibe que por parte de entes ambientales en el país, no hay un resultado claro en torno a la conservación de los ecosistemas y su protección de actividades contaminantes. Lo anterior, se puede relacionar una percepción desigual en las regulaciones y acciones de control, que garanticen la conservación del patrimonio ambiental en el territorio nacional para los diferentes sectores económicos.



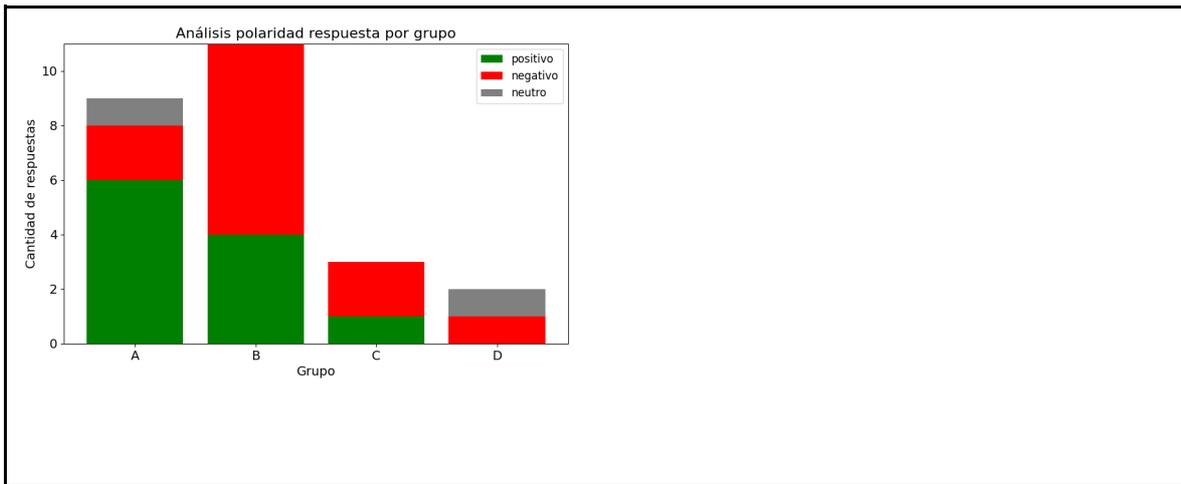
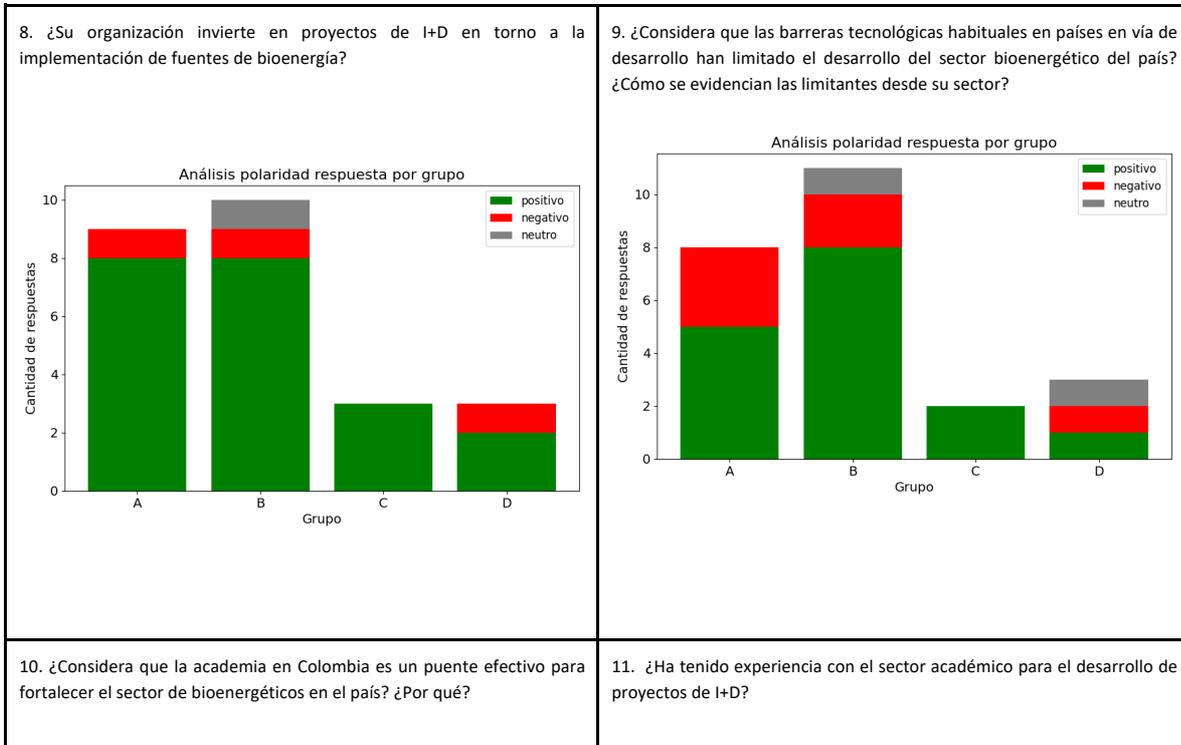


Figura 28. Resultado de análisis a preguntas relacionadas con el ámbito ambiental

Grupo A: generadores de materia prima y bioenergéticos, Grupo B: productores de bioenergía, actores interesados en bioenergéticos, concededores de tecnologías y formadores de profesionales, Grupo C: entidades gubernamentales y públicas interesadas, Grupo D: entidades de financiamiento. Fuente: elaboración propia.

En la hoja de ruta de la bioenergía, es importante la transferencia tecnológica, pues hace parte de la transformación del aparato productivo hacia procesos sostenibles y eficientes. En la Figura 29 se presentan los resultados del análisis de las preguntas abiertas a los stakeholders respecto a la tecnología. De los encuestados, la mayoría respondió positivamente a realizar inversiones en proyectos de bioenergía, lo cual puede estar alineado con el marco legal y político de Colombia, que a través de entidades como la CAR, realizan vigilancia a la gestión de residuos y emisiones industriales.



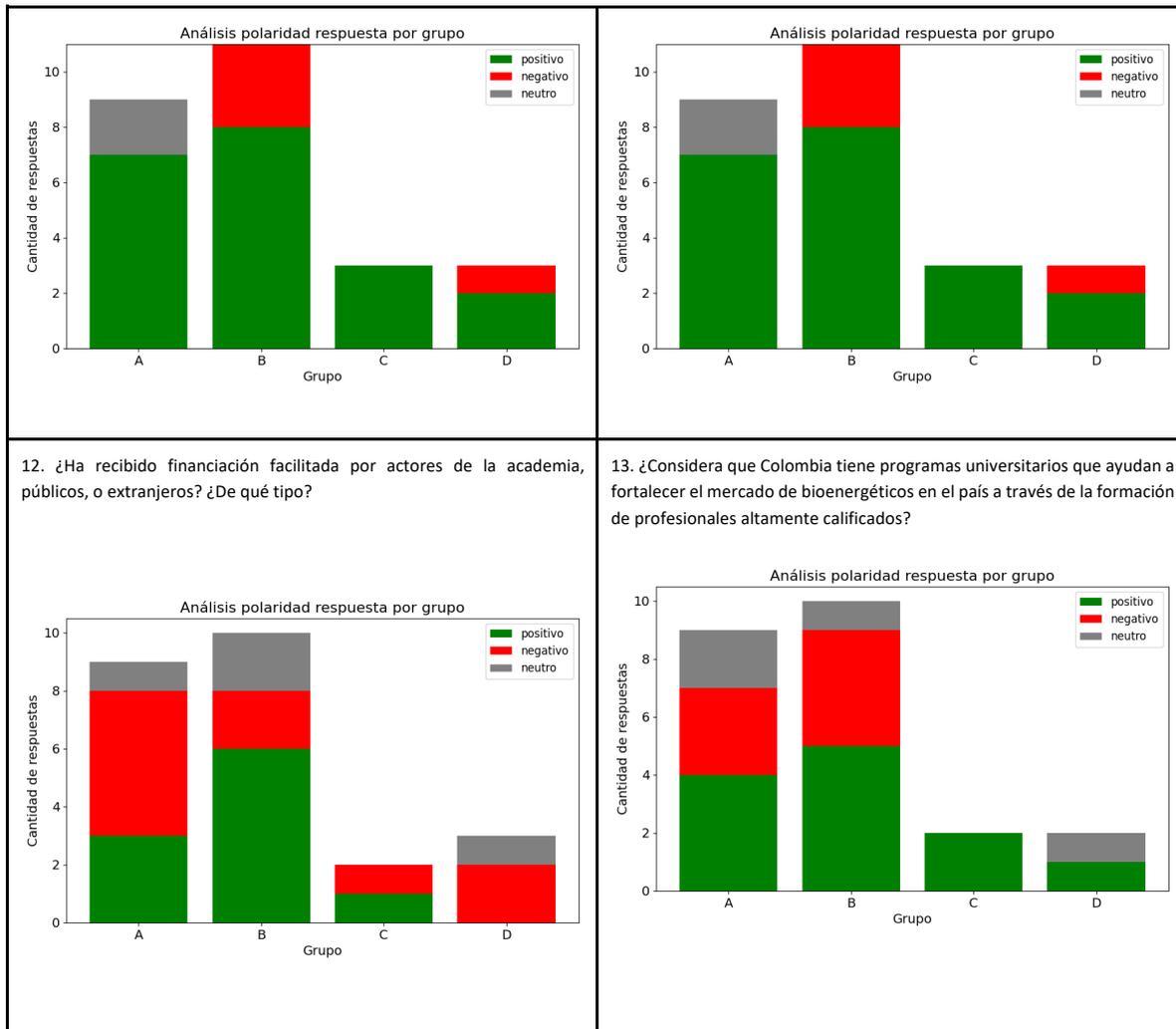


Figura 29. Resultado del análisis a preguntas relacionadas con el ámbito tecnológico

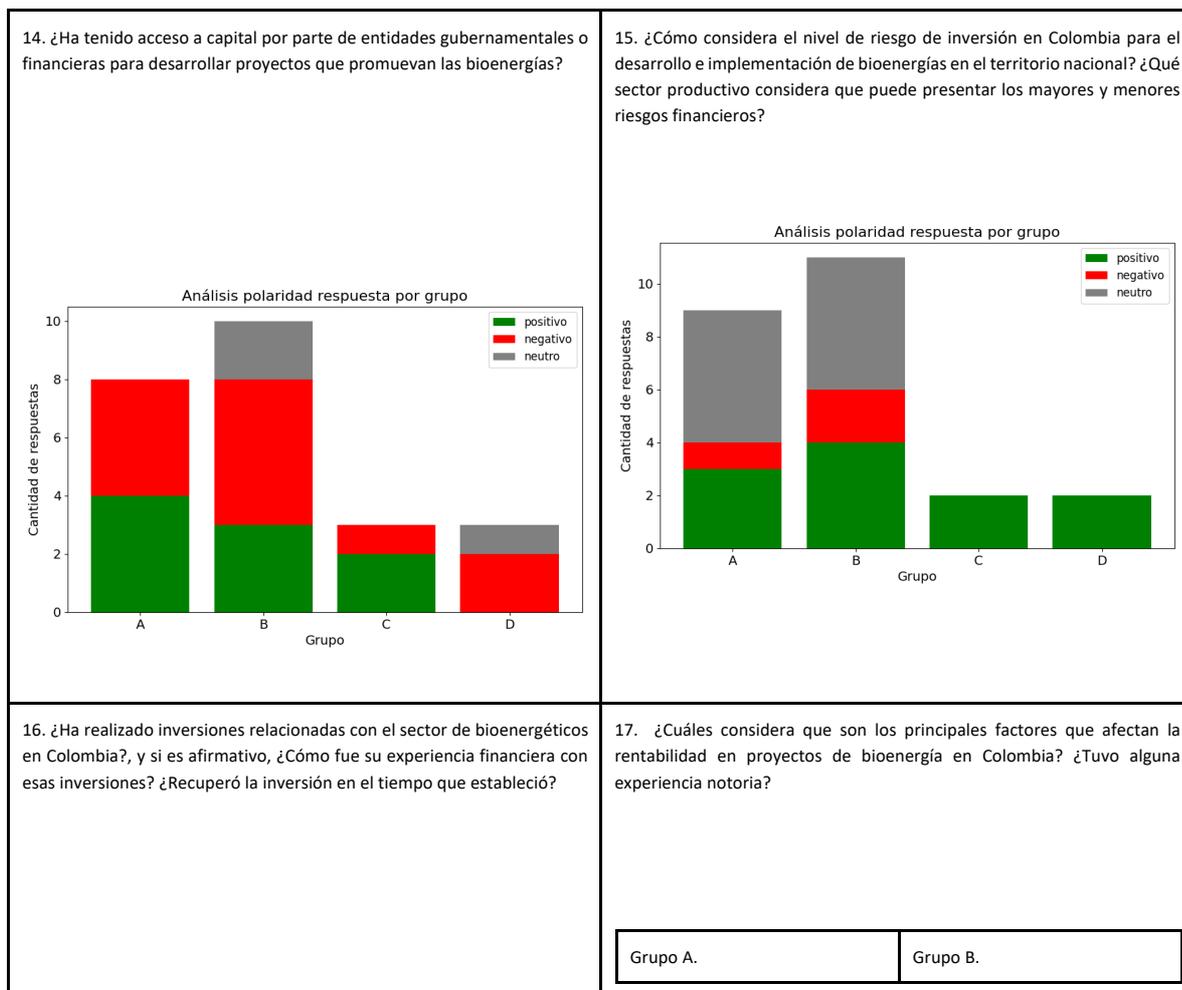
Grupo A: generadores de materia prima y bioenergéticos, Grupo B: productores de bioenergía, actores interesados en bioenergéticos, conocedores de tecnologías y formadores de profesionales, Grupo C: entidades gubernamentales y públicas interesadas, Grupo D: entidades de financiamiento. Fuente: elaboración propia.

Aún así, en general, una barrera importante para el desarrollo de proyectos de bioenergía es el acceso a la tecnología, y en este contexto, los encuestados tienen una opinión positiva sobre la academia como un puente efectivo para fortalecer el sector bioenergético del país, donde también se integra la formación de profesionales altamente calificados respondiendo al contexto energético colombiano.

El ámbito económico y financiero son decisivos en el desarrollo de los proyectos, en la Figura 30, se presentan los resultados del análisis de las preguntas relacionadas con tema económico y financiero. El acceso al capital se ha mencionado anteriormente como una barrera limitante en el desarrollo de la bioenergía en el país. Sin embargo, hay stakeholders que han accedido a capital para desarrollar proyectos en bioenergías, aunque la respuesta general es negativa. Los encuestados perciben un alto nivel de riesgo en torno a inversiones para implementar bioenergía en el territorio nacional. A pesar de ello, la mayoría de los encuestados han realizado inversiones en torno a la bioenergía, sin embargo, el retorno de las inversiones, la inestabilidad macroeconómica, demoras en regulaciones, falta de tecnología, y la dificultad para acceder a incentivos tributarios ponen freno a la continuidad de los proyectos de bioenergía.

La percepción en torno a la competencia del mercado de energías, para algunos stakeholder es considerado como bajo y medio, sin embargo, en este contexto se han logrado colaboraciones exitosas entre actores del sector, lo cual podría potenciarse con redes de colaboración. Al implementar soluciones de bioenergía se logra una disminución de costos de producción, comparado con el suministro energético tradicional, lo cual es percibido por los stakeholders como positivo al realizar estos proyectos. El panorama económico y financiero en torno a impulsar el sector de bioenergéticos en Colombia es complejo y tal vez uno de los aspectos críticos para el desarrollo de los proyectos, pues son varios los factores que influyen en el acceso al capital, siendo un sector de alto riesgo para invertir en el país.

Otro ámbito importante en el desarrollo de los bioenergéticos es el social, la Figura 31 presenta los resultados del análisis de las respuestas abiertas. El impacto socioeconómico de implementar soluciones energéticas en comunidades locales en general es considerado como positivo por los encuestados. Respecto al desarrollo de mercados en torno a la bioenergía, el impacto local se percibe como positivo, por lo que se puede estar direccionando la expectativa de implementación de bioenergía para las comunidades locales en varios territorios como el rural. A pesar de ello, es importante señalar que la transición energética es un asunto transversal a toda la sociedad y las energías renovables deben permear el aparato productivo, tanto industrial, rural, y residencial, para que se logre la neutralidad en carbono de la economía.



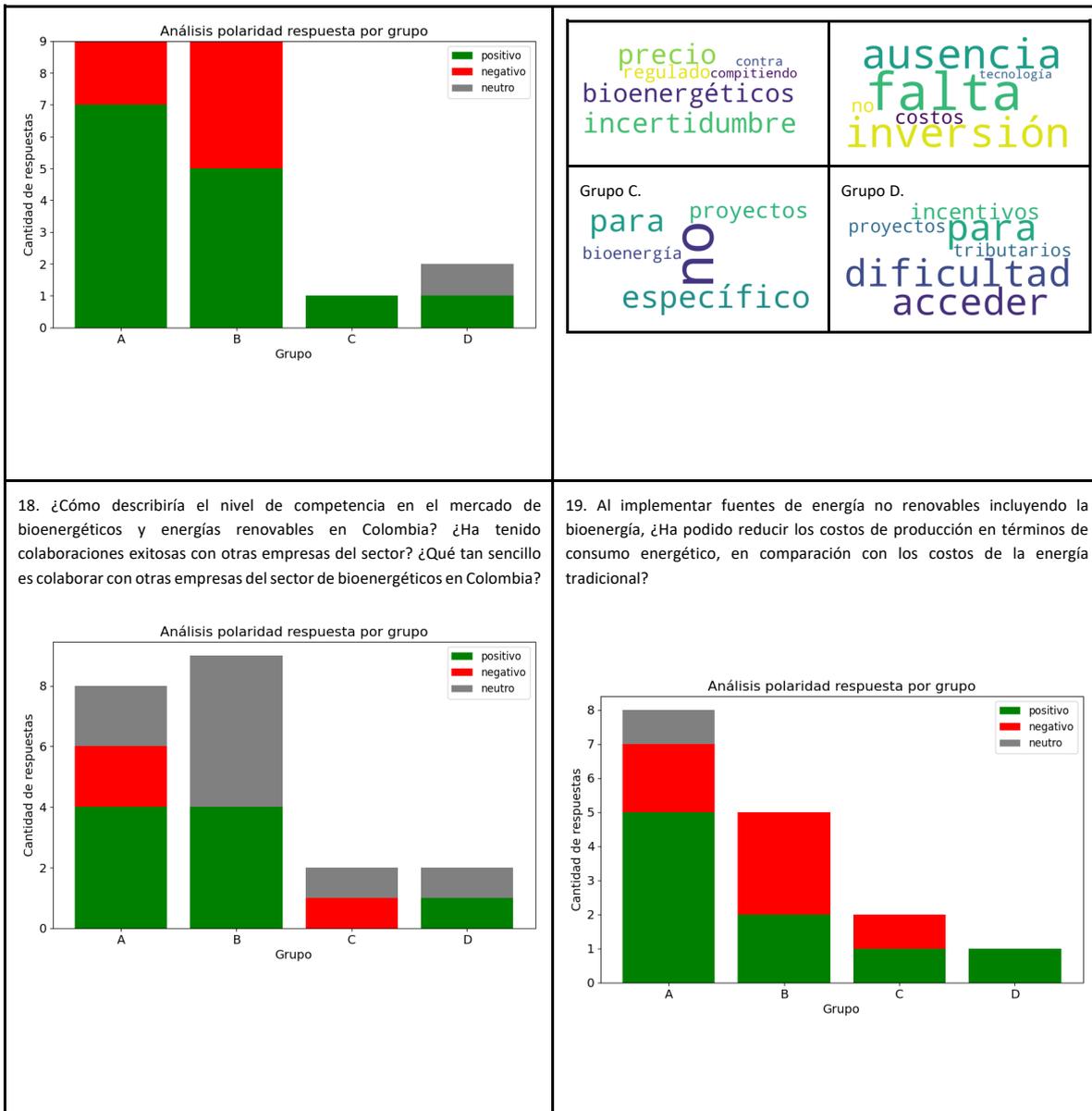


Figura 30. Resultados del análisis a preguntas relacionadas con el tema financiero

Grupo A: generadores de materia prima y bioenergéticos, Grupo B: productores de bioenergía, actores interesados en bioenergéticos, concededores de tecnologías y formadores de profesionales, Grupo C: entidades gubernamentales y públicas interesadas, Grupo D: entidades de financiamiento. Fuente: elaboración propia.

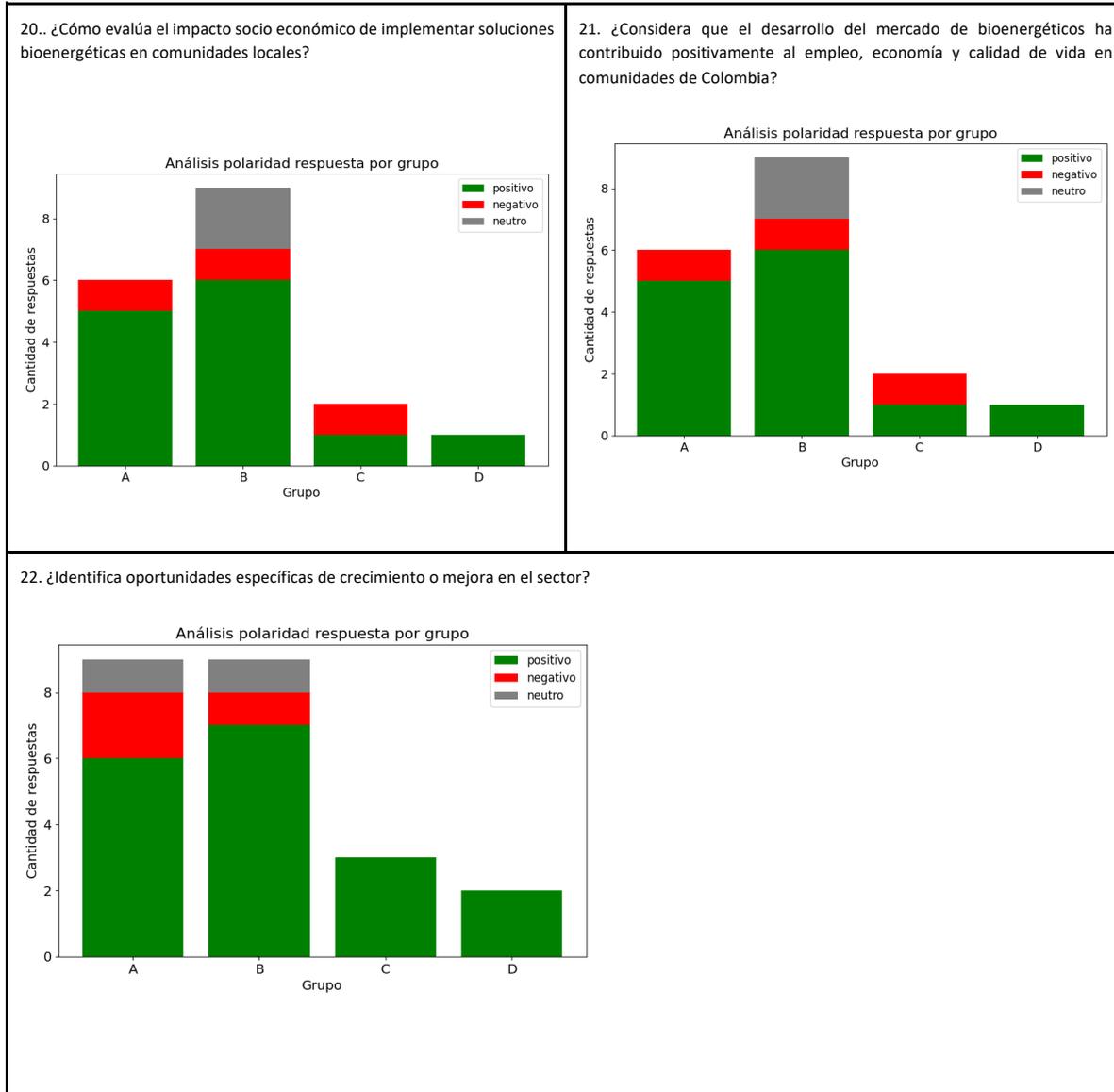


Figura 31. Resultados del análisis a preguntas del ámbito social

Grupo A: generadores de materia prima y bioenergéticos, Grupo B: productores de bioenergía, actores interesados en bioenergéticos, conocedores de tecnologías y formadores de profesionales, Grupo C: entidades gubernamentales y públicas interesadas, Grupo D: entidades de financiamiento. Fuente: elaboración propia.

Las oportunidades para que el sector de bioenergético se desarrolle en Colombia son numerosas y diversas, a pesar de que se producen biocombustibles en el país, la transición energética requiere un mayor desarrollo de energías renovables con tantos actores involucrados como sea posible para lograr resultados perceptibles y medibles en ventanas de tiempo a mediano y largo plazo.

Los ámbitos analizados anteriormente, hacen parte de los fundamentos de la gobernanza en torno al sector bioenergético. Se perciben barreras importantes como el acceso al capital, el alto riesgo del sector energético de energías renovables, la incertidumbre macroeconómica, el limitado acceso a la tecnología y la falta de personal calificado. Este acercamiento a actores del sector energético permite identificar oportunidades de mejora en la gobernanza actual del país en cuanto a energías renovables, y es posible que se requiera de cambios profundos en la estructura actual para materializar las acciones trazadas en los diferentes

compromisos que Colombia ha adquirido como su aporte al desarrollo sostenible y la descarbonización de la economía.

## Anexo 5. Contexto actual de los bioenergéticos

### 1. Definición de los bioenergéticos en el panorama internacional

Colombia se enfrenta a una creciente dependencia de combustibles fósiles, lo que plantea desafíos para la seguridad energética y asequibilidad futura de energía en el país, es así como la expansión de la bioenergía es crucial para un futuro energético sostenible en Colombia. La redirección de los flujos de desechos hacia la recuperación de energía puede garantizar una producción de energía limpia que no fomente impactos indirectos en el cambio de uso de suelos, lo cual hace que la bioenergía sea fundamental a pesar de los altos costos de inversión. De acuerdo con la OCDE *“las primeras subastas de energía renovable en Colombia en 2019 y en 2021 llamaron la atención sobre los considerables recursos solares y eólicos del país. Las oportunidades de bioenergía, por el contrario, siguen sin aprovecharse en gran medida, a pesar de la considerable materia prima disponible. Se necesitan intervenciones de políticas específicas para cumplir con las ambiciones políticas de desbloquear este potencial, que también proporcionará otros beneficios, como la reducción de desechos en los rellenos sanitarios, la mitigación de emisiones y la capacidad de suministrar electricidad local y confiable”*<sup>9</sup>.

En el mundo se han desarrollado fuentes de energía renovable y sostenible aprovechando la biomasa vegetal, animal y sustancias orgánicas provenientes de actividades agrícolas, pecuarias e industriales agropecuarias que buscan sustituir o complementar el uso de combustibles fósiles y fuentes energéticas no renovables que generan impactos negativos al medio ambiente. El desarrollo de bioenergéticos está en línea con la transición energética justa y la implementación de la economía circular, que busca reducir la generación de residuos y desperdicios, al tiempo que maximiza el uso de los recursos disponibles. Dentro de los bioenergéticos más relevantes se encuentran listados en la siguiente Tabla 14:

**Tabla 14. Bioenergéticos más comunes en el mundo**

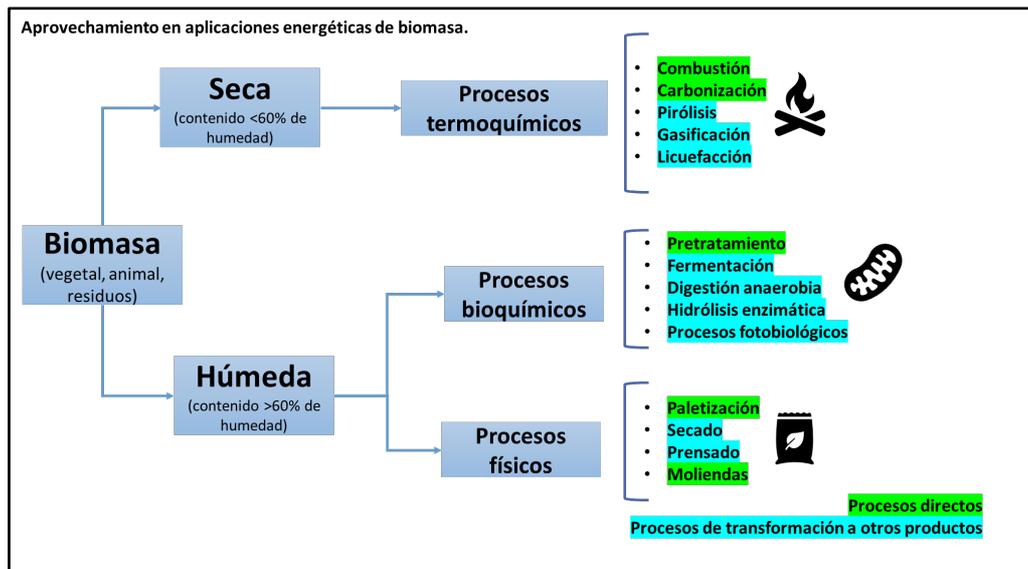
Bioenergético	Descripción	Fuentes para su obtención
Biomasa (uso directo)	Materia orgánica renovable para generar electricidad o biocombustibles, como tal o peletizada	Actividades agrícolas, desechos urbanos, cultivos energéticos.
Biogás	Combustible gaseoso obtenido a partir de la descomposición de materia orgánica en ausencia de oxígeno	Residuos orgánicos, lodos de PTAR, lodos de industrias varias, estiércoles y demás residuos agropecuarios.
Biodiesel	Combustible líquido obtenido a través del procesamiento de aceites vegetales o grasas animales	Aceite de soja, palma, colza, grasas animales

<sup>9</sup> Tomado de: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/4463fd58-es/index.html?itemId=/content/component/4463fd58-esf>

Bioenergético	Descripción	Fuentes para su obtención
Bioetanol	Alcohol obtenido a partir de materiales renovables ricos en azúcares y almidones	Maíz, caña de azúcar, celulosa, residuos agrícolas
Combustibles de algas	Obtenidos a partir de algas	Algas marinas, microalgas
Biohidrógeno	Hidrógeno producido biológicamente a través de la fermentación o a partir de material lignocelulósico por gasificación	Bacterias, microorganismos fotosintéticos
Otros biocombustibles	Combustibles líquidos o gaseosos derivados de fuentes biológicas entre los que destacan los combustibles sostenibles para la aviación (SAF) y los combustibles marítimos	Biomasa vegetal en cultivos energéticos y residuos lignocelulósicos, aceite vegetal, corrientes residuales agroindustriales ricas en azúcar
Residuos urbanos orgánicos	Materia orgánica proveniente de centros urbanos que puede usarse para obtener biogás, compost, entre otros.	Residuos urbanos, residuos de restaurantes, residuos de actividades de poda y jardinería.

Nota: Tabla de elaboración propia

La biomasa es el punto de partida para el desarrollo de bioenergéticos, cuando se obtienen a partir de residuos, productos vegetales, o plantas, de origen orgánico. Dependiendo de las características de la biomasa, especialmente en su contenido de humedad, son diversas las estrategias que se implementan para transformarla, aunque siempre está la opción de realizar incineración directa para su aprovechamiento como la forma más económica de manejar flujos de biomasa residual. La Figura 32, presenta una propuesta para las rutas de aprovechamiento de biomasa con fines en energía, sugerida por el programa PROBIOMASA (UTF/ARG/020/ARG - Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa) llevado a cabo en la Argentina.



**Figura 32. Ruta para el aprovechamiento energético de la biomasa**

Nota: Figura adaptado del programa PROBIOMASA, desarrollado en Argentina (UTF/ARG/020/ARG), disponible en la web: [Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa - PROBIOMASA](#)

De los diversos procesos de transformación de biomasa, se destacan los termoquímicos, bioquímicos y físicos, que permiten la obtención de productos que se pueden clasificar dentro de los bioenergéticos, como lo pueden ser el bioetanol, biodiesel, o el biogás. Este enfoque de valorización puede resultar en diversos productos y estrategias de generación de energía a partir de fuentes renovables. Lo ideal en este tipo de acciones de control de flujos residuales de biomasa y está definido dentro del concepto de biorrefinerías, las cuáles se han implementado exitosamente en varias zonas del mundo.

### 1.1. Procesos de reconversión en la industria

Se entiende que la reconversión bioenergética es la sustitución de partes de una instalación, fábrica, o negocio por tecnologías basadas en la generación de energía a partir de biomasa con el principal objetivo de sustituir el consumo de combustibles fósiles tradicionales. Este proceso también abarca la actualización de tecnologías de energía renovable que se consideren obsoletas.

La reconversión bioenergética presenta ventajas potenciales como menores gastos de capital (CAPEX), implementación rápida, tiempos de proyecto más cortos, menores pérdidas por paradas y por tanto, menores riesgos financieros al adaptarse a los nuevos procesos o tecnologías. Por tanto, la reconversión en la industria depende de algunos parámetros como el tipo y tamaño de la industria, el producto principal de la industria (uso de la biomasa), la intensidad del procesamiento de reconversión así como el grado de ésta, y los plazos del proyecto en sí.

Para llevar a cabo la reconversión, es necesario que varios actores involucrados en el sector, tanto internos en la empresa u organización, como externos, se articulen para lograr una participación favorable de las partes interesadas en el desarrollo e implementación de proyectos en torno a la bioenergía. Como se observa en la Figura 33, son múltiples actores los que requieren de participación activa y conformar una gobernanza efectiva que permita el desarrollo del sector de las bioenergías. No solo las empresas, legisladores y proveedores de tecnología son los que deben promover la reconversión, sino que la transición tecnológica

depende fuertemente de los consumidores y ciudadanos, quienes conforman la **triple P** (Profit, Planet, People o en castellano beneficio, planeta y gente), lo que no es sólo un asunto de viabilidad tecnológica y económica sino de responsabilidad social y aceptación pública.

Un marco legal y regulatorio que estimule la reconversión, es una de las razones principales por las que las empresas deciden invertir en cambios tecnológicos, sin embargo, hay muchos riesgos a los cuales se enfrentan los cambios tecnológicos, que para el caso de la bioenergía se pueden mencionar algunos de ellos:

- Fluctuación de los precios de la biomasa dependiendo de la oferta y demanda de ésta
- Precios de las energías fósiles que pueden disminuir al encontrar nuevos yacimientos
- Logística en el suministro de la biomasa en el lugar de uso final
- Políticas cambiantes que no favorezcan la implementación de energías renovables

Estos riesgos, se pueden traducir en barreras en la reconversión y por tanto en la implementación de tecnologías que integren los bioenergéticos en la matriz energética del sector productivo de un país.

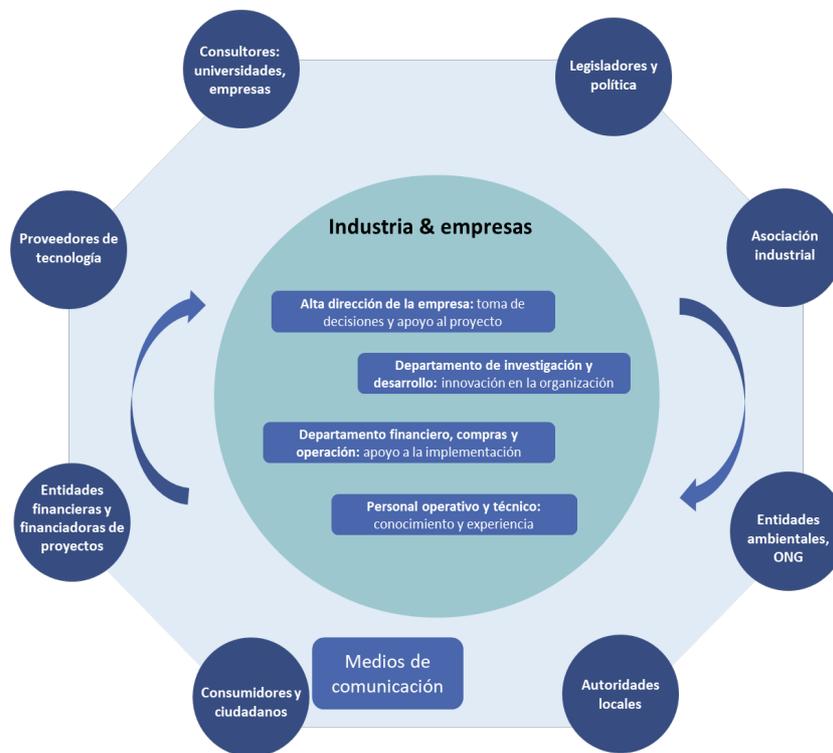


Figura 33. Actores que interactúan para impulsar los bioenergéticos

Nota: Figura adaptada de “Opciones técnicas para la reconversión bioenergética de las industrias, Manual Práctico Orientativo 2a edición”, BIOFIT, 2022.

## 1.2. Biorrefinería y su rol en los bioenergéticos

La biomasa vegetal es rica en una gran variedad de nutrientes, sustancias químicas, y biomateriales que la convierten en una materia prima valiosa para el desarrollo de productos de valor agregado. Sin embargo, para abordar la complejidad de la composición de la biomasa, especialmente la vegetal, se planteó el

concepto de biorrefinería. Este concepto se refiere a la conversión de materias primas vegetales en un espectro de productos valiosos que incluyen productos químicos, comida, materiales y energía.

La biomasa requiere ser tratada para su uso en la producción de químicos, materiales, alimentos o combustibles, haciendo uso de diferentes procesos y tecnologías. Lo que dependerá principalmente, de la composición de la biomasa y los productos que se deseen obtener. Los procesos de transformación permiten obtener precursores o plataformas, que posteriormente se convertirán en los productos finales, lo que se resume en la Figura 34.



Figura 34. Elementos que integran el concepto de biorrefinería

Nota: Elaboración propia.

El concepto de biorrefinería, busca aprovechar al máximo los recursos disponibles, a través de extracciones o procesos de transformación que permiten la recuperación u obtención de productos y subproductos que son la materia prima para otras transformaciones, siguiendo una cascada que debe resultar en el aprovechamiento energético de la biomasa como punto final, sin destruir o desaprovechar otras sustancias de valor agregado que se puedan recuperar de los residuos.

Agregando a la definición anterior, una biorrefinería se puede definir como una instalación industrial que utiliza biomasa como materia prima para la producción de una amplia gama de productos y energía. Una biorrefinería es análoga a las refinerías tradicionales de petróleo, sin embargo, su diferencia radica en que la biorrefinería busca aprovechar de manera eficiente los recursos renovables para obtener diversos productos, maximizando la eficiencia del procesamiento y disminuyendo los impactos ambientales de la generación de residuos.

Dependiendo del producto favorecido de la biorrefinería, ésta puede definirse como orientada a la energía o también orientada al producto. Un enfoque interesante de biorrefinería es el de “biomass cascading” o en castellano, biomasa en cascada. En este enfoque se realizan operaciones posteriores para procesar y reducir la biomasa a productos clave de valor añadido, siguiendo los principios de la jerarquía de residuos al garantizar la conservación a largo plazo, lo que promueve la economía circular. Es así que se recomienda que primero se recuperen sustancias de alto valor agregado de la biomasa residual como carotenoides, flavonoides, azúcares, ácidos orgánicos, y fibras naturales. Luego, las corrientes de biomasa remanentes en el proceso, se usan para obtener biocombustibles o para la producción de energía. Esta estrategia de valorización se conoce como uso material primero y uso en energía al final.

Por otro lado, la biorrefinería también tiene un enfoque “en fase temprana”, que es una estrategia útil para realizar análisis preliminares de los aspectos de sostenibilidad en la evaluación de la valorización de biomasa,

donde se incluyen aspectos económicos, medioambientales, sociales, de seguridad y salud, solamente usando datos de laboratorio. Este enfoque es útil en fases de desarrollo y escalado debido a que la implementación de una biorrefinería requiere de la optimización y ajuste de las condiciones de los procesos que la conforman. Por tanto, el enfoque de biorrefinería en etapa temprana proporciona una primera evaluación que busca identificar las rutas de valorización de residuos prometedoras y alternativas, pero no las condiciones finales y óptimas.

Una biorrefinería, tiene la capacidad de producir insumos y productos como químicos, combustibles, fertilizantes, alimentos funcionales, o materiales sostenibles, todos ellos podrían reemplazar los productos derivados de fuentes no renovables y disminuir la huella de carbono.

La transformación de la biomasa en productos de valor agregado se realiza a través de diversas tecnologías, algunas de las más utilizadas son:

- **Extracciones selectivas:** son técnicas de extracción de diferentes niveles tecnológicos que tienen como objetivo recuperar sustancias de alto valor agregado que están presentes en la biomasa, como por ejemplo, compuestos fenólicos antioxidantes y compuestos bioactivos.
- **Pirólisis y gasificación:** consiste en someter la biomasa a temperaturas altas que la descompone y fragmenta en moléculas más simples, lo que permite obtener gases de síntesis, líquidos combustibles y carbón.
- **Fermentación:** a través de la digestión utilizando microorganismos en condiciones aerobias o anaerobias, se descompone la biomasa y se obtiene biogás, etanol, y otros productos metabólicos que son fuentes de combustible.

Las tendencias del mercado nacional e internacional dirigen el consumo a los productos sostenibles obtenidos a través de procesos con baja huella de carbono y respetuosos con el medio ambiente, lo cual busca reducir la dependencia a los combustibles fósiles de la economía tradicional. Por tanto, la biorrefinería juega un papel importante como una tecnología que impulsa el desarrollo de bioenergéticos y derivados, usando de manera responsable la biomasa disponible.

### **1.3. Logística y cadenas de valor**

En general, la agricultura es el sector que puede suministrar la mayor cantidad de biomasa renovable, especialmente en países con diversidad de cultivos y pisos térmicos como en Colombia. Los cultivos herbáceos son una fuente importante de biomasa aprovechable energéticamente, resaltando las cascarillas y pajas, que son considerados residuos de la actividad agrícola. Además, la biomasa proveniente del sector forestal, refiriéndose a biomasa leñosa principalmente, es una fuente importante de energía, especialmente en entornos rurales.

Uno de los retos principales de utilizar biomasa en la obtención de energía es la logística, que depende en principio del tipo de biomasa, su densidad, composición, lugar de plantación, entre otros. Por lo anterior, es necesario desplegar los procesos y actividades necesarios para garantizar el suministro de biomasa hasta el lugar de producción de energía o el destino final. Estas actividades son requeridas desde la cosecha, y requieren de manipulación, transporte, almacenamiento e incluso procesamiento para garantizar que la biomasa no cambie sus condiciones, y permanezca uniforme para los procesos de transformación térmica a los que serán sometidos.

Las estrategias para acondicionar la biomasa hasta su uso final, y mantener las condiciones adecuadas para el procesamiento, se pueden resumir a continuación:

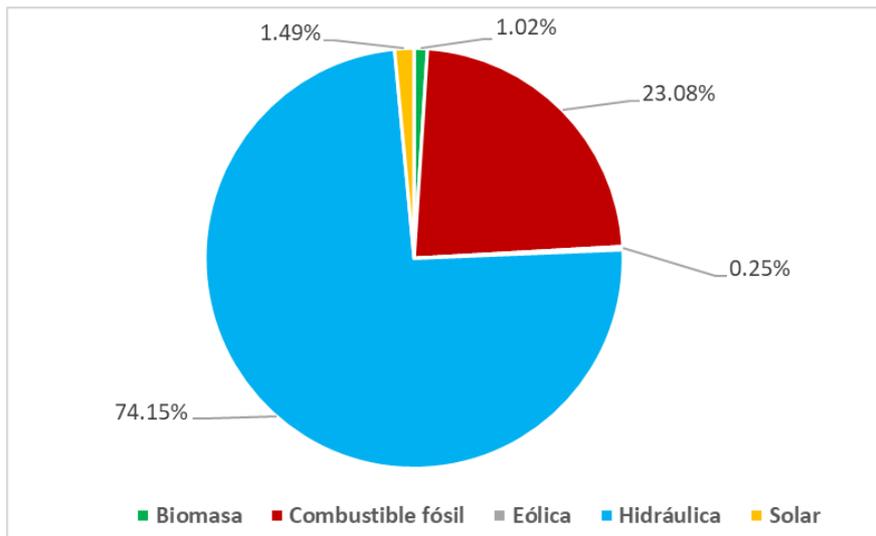
- **Peletización:** consiste en convertir la biomasa en comprimidos cilíndricos, se realiza con leña o astillas de madera, con el fin de aumentar la densidad y mejorar las propiedades térmicas de la biomasa. Se fabrican con diversas materias primas pero el contenido de ceniza del pellet puede variar. La norma que define la fabricación de pellets de madera es la ISO 17225-2:2014.
- **Astillado:** se realiza picando la biomasa leñosa, lo que forma astillas que se pueden quemar de forma eficiente. Se realiza en residuos madereros mediante trituración con herramientas como rodillos, martillos o mayales.
- **Pre-tratamientos térmicos:** consiste en diferentes tecnologías que tienen como objetivo aumentar la densidad energética de la biomasa y hacerla hidrofóbica. La tecnología más utilizada es la torrefacción, seguida de la explosión de vapor y procesos hidrotérmicos. Luego de que la biomasa se somete a los procesos térmicos, se peletiza para homogeneizar y uniformar sus propiedades fisicoquímicas.
- **Pirólisis:** transforma la biomasa en ausencia de oxígeno a temperaturas elevadas para obtener bio-oil, gas de síntesis y biochar, que luego pueden ser transformados en biocombustibles. Este procesamiento permite gestionar grandes volúmenes de biomasa para su valorización térmica.

Son varias las tecnologías disponibles para transformar la biomasa y garantizar la homogeneidad en sus propiedades en el tiempo, sin embargo, se requiere de inversión en equipos e infraestructura en zonas clave donde la biomasa pueda ser procesada en los tiempos adecuados para evitar su descomposición, y mejorar sus propiedades térmicas.

## **2. Oferta y demanda energética y emisiones en Colombia**

Colombia es un país que tiene una oferta importante de energía a partir de fuentes renovables gracias a la disponibilidad de recursos naturales. La energía hidroeléctrica en el país corresponde al 74% de la oferta total de energía (Figura 35) que fue de 80686.5 GWh en 2023. El principal riesgo de este tipo de energía es el cambio climático y los fenómenos meteorológicos asociados al “Niño” y la “Niña” que alteran la disponibilidad de agua en las hidroeléctricas. En segundo lugar, en la oferta energética de Colombia se encuentran los combustibles fósiles con una participación del 23%. Sin embargo, la quema de combustibles fósiles genera emisiones de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global y a la contaminación ambiental. Por otro lado, la inestabilidad en los precios de los combustibles tradicionales, la poca estimulación de explotación minera de carbón, gas y petróleo, entre otras situaciones, generan incertidumbre en el suministro y acceso a este tipo de energías.

Finalmente, las energías renovables como la solar, eólica y de biomasa, tienen participaciones en la oferta energética de Colombia, que no superan el 3% del total de la oferta. Por tanto, los esfuerzos políticos han definido como prioridad la diversificación de la matriz energética de Colombia, permitiendo la adopción de fuentes de energías no convencionales y renovables. Sin embargo, aún faltan muchos esfuerzos en términos legales, de regulación, de estimulación, aceptación social y de gobernanza para observar cambios importantes en la diversificación de la matriz energética del país.



**Figura 35. Oferta energética de Colombia por tecnología para el año 2023**

Nota: Figura adaptada de Sinergox XM informes SIN 2023, <https://sinergox.xm.com.co/oferta/Paginas/Informes/GeneracionSIN.aspx>

Para el mes de junio de 2023, la demanda energética en Colombia fue de 6581,64 GWh-mes, representando un aumento del 6% con el consumo nacional para el año y mes anterior. La región Caribe es la que mayor crecimiento en el consumo energético. La explotación de minas y canteras presentó un aumento del 11% junto con el transporte y almacenamiento, según datos presentados por la empresa XM. Respecto a la demanda energética no regulada de Colombia, el sector que mayor requerimiento energético presentó fue la industria manufacturera (39%), seguido por la explotación de minas y canteras (29%), como se observa en la Figura 36.

Estos sectores económicos son de suma importancia para el país, encontrando en ellos la mayor generación de PIB. Por tanto, es de suma importancia para las entidades gubernamentales y empresas del sector energético garantizar el suministro oportuno de energía manteniendo la soberanía energética. Por otro lado, el sector denominado “otros” tiene la tercera participación en la demanda energética de Colombia, encontrando en éste, el sector de transporte y otros 14 sectores importantes para el país. Los demás sectores, como comercio, administración pública y defensa, además de agricultura y ganadería, requieren aproximadamente el 14% de la energía total, que fue en promedio de 834 GWh-mes para el primer trimestre de 2023, según datos reportados por UPME.

Es importante mencionar, que el crecimiento en sectores económicos como la industria, el comercio o el transporte, va a requerir de mayor demanda energética que debe ser garantizada por el país, en el contexto actual de la oferta energética poco diversificada que tiene Colombia. Soluciones como el aprovechamiento de la biomasa presentan un potencial interesante para el sector industrial y agrícola, que son actividades que pueden generar grandes volúmenes de biomasa y materiales aprovechables energéticamente. La inversión directa en logística, procesos y tecnologías de transformación son un paso importante para la mayor participación de bioenergéticos en Colombia.

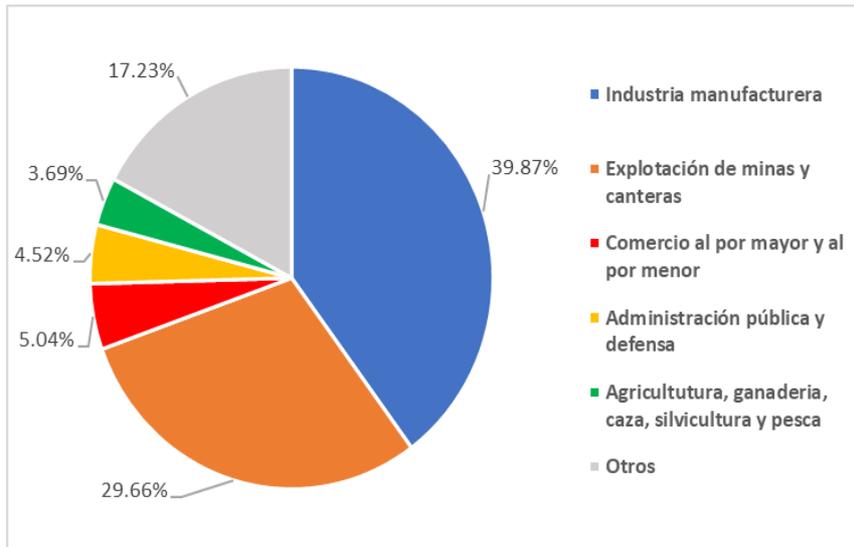


Figura 36. Demanda energética por sector, primer trimestre de 2023

Nota: Figura adaptada de "Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia máxima 2023-2037", UPME, 2023. Base de datos XM, 2023.

### 3. Contexto del sector de bioenergéticos en el mundo

El mercado de los biocombustibles está tomando cada vez más importancia en el mundo, con un valor total de exportaciones en EEUU de \$5.25 billones (miles de millones) de USD en el año 2022, con biodiesel y mezclas, y etanol. EEUU reporta que sus principales mercados de exportación de biocombustibles son Canadá, Corea del Sur, y la Unión Europea. Luego aparece Latino América con Perú y Brasil como protagonistas con mercados de \$275.26 y \$177.39 millones de USD. En la Figura 37 se muestra la tendencia creciente de mercados de exportación para el biodiesel y etanol que exporta EEUU.

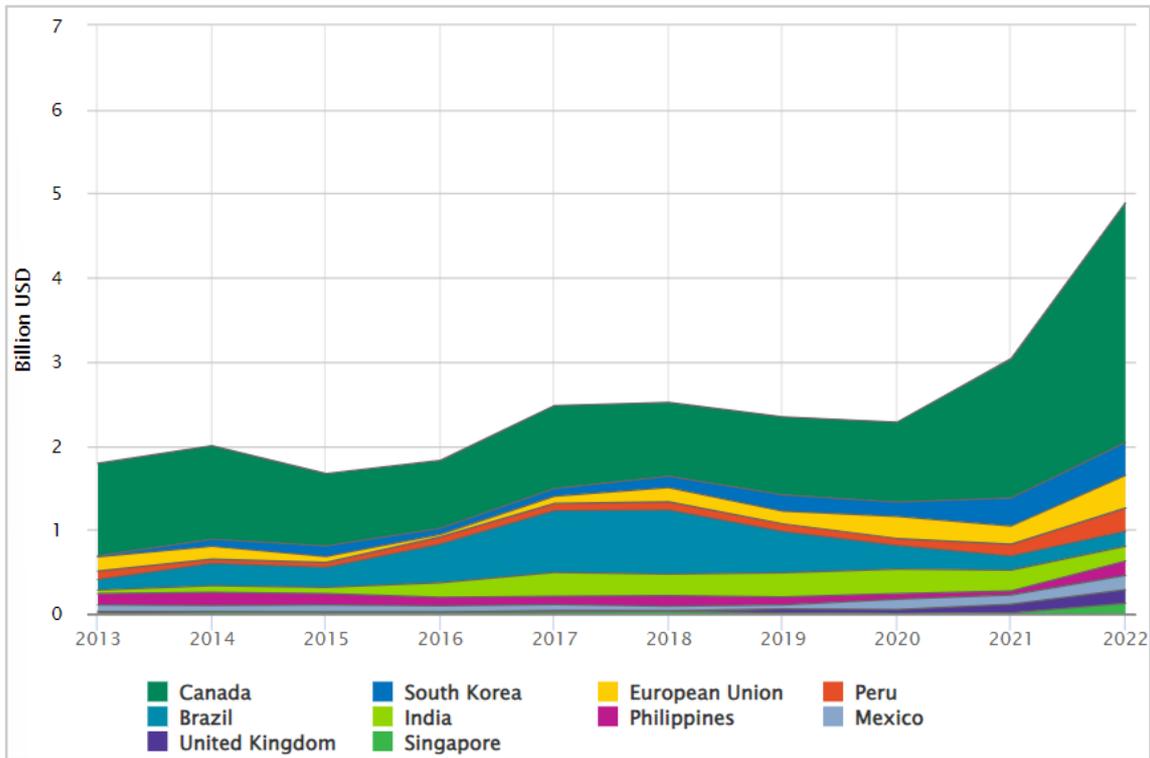


Figura 37. Principales mercados de exportación de biocombustibles de USA a otros, 2013-2020

Nota: tomado de <https://fas.usda.gov/data/commodities/biofuels>. Foreign Agricultural Service. US Department of Agriculture.

Lo anterior, indica que hay un interés creciente en países industrializados y extractivos de recursos, en adoptar el uso de combustibles de origen renovable, y el caso de Canadá es el que llama la atención por su creciente importación de biocombustibles. También, países de Latino América como Brasil y México importan biocombustibles, lo que sugiere que su producción en esos países no cubre su demanda.

La tendencia en el mundo es la implementación de bioenergéticos, sin embargo, su implementación varía en todos los países y regiones dependiendo de factores como la disponibilidad de recursos, las políticas gubernamentales, inversiones en tecnologías sostenibles y la conciencia ambiental de la sociedad. A pesar de todos estos factores, hay regiones y países que están a la vanguardia en el desarrollo e implementación de bioenergéticos, para reducir su dependencia a combustibles fósiles y contribuir al desarrollo sostenible.

- **Europa:** La Unión Europea (UE) actualmente tiene unos planes muy ambiciosos para incentivar la producción y uso de energías renovables.. En este sentido, destacan:
  - (i) El denominado “Fit for 55 package” que propone actualizar la legislación climática europea y en los temas de bioenergía destaca el protagonismo de los combustibles sostenibles para la aviación (REFuelEU aviation) y los marítimos (fuelEU maritime), considera el uso de suelo y el cultivo de maderables (LULUCF) y hace énfasis en la eficiencia energética.
  - (ii) El acta industrial cero neto (EU Net Zero Industry Act) que da un protagonismo importante a la bioenergía.
  - (iii) La política para mercados del hidrógeno y gases descarbonizados (Hydrogen and decarbonized gas market package) incentiva la captura de CO2 en la producción de combustibles sintéticos.

(iv) Las estrategias tecnológicas para la plataforma europea (STEP) contemplan un refuerzo técnico a las biotecnologías existentes.

(v) En el corto plazo, se encuentra el denominado Horizon Europe Work Program 2022-2023 que entre otros temas, estudia cómo movilizar la capacidad de la infraestructura industrial para el uso de combustibles avanzados. Adicionalmente, en este mismo programa, se discute la contribución en los planes de inversión europeos InvestEU a la producción de mezclas combustibles, y por otra parte, en HORIZON-CL5-2024-D3-01-05 se dedica al tema de desarrollo de tecnologías para la fijación del carbono de gases biogénicos.

Así mismo, se destaca el esfuerzo de diversos países en el impulso a los bioenergéticos, donde los casos son múltiples y muy variados. Un ejemplo es La “Hoja de Ruta del Biogás” de España que sirve como instrumento para articular lo establecido en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC 2021-2030) y en la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética. Esta hoja de ruta está incluida en el Hito #114 “Finalización de las medidas definidas en la Hoja de Ruta del Biogás” de la Reforma C7.R4 “Marco para la innovación y desarrollo tecnológico de las energías renovables” del Componente 7 “Despliegue e integración de energías renovables” del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, en la Política Palanca 3 “Transición energética justa e inclusiva” correspondiente al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

- **Norte América:** Los Estados Unidos y Canadá, producen biocombustibles como el etanol a partir de cultivos de maíz, además, de que utilizan biomasa vegetal para generar calor y electricidad. La Oficina de Tecnologías de Bioenergía del Departamento de Energía de los Estados Unidos (BETO) reconoce la expansión de la economía basada en biomasa en los Estados Unidos. Esta oficina busca apoyar las prioridades nacionales, específicamente el objetivo de establecer una economía de energía limpia al 100% y lograr emisiones netas cero para el año 2050. BETO enfatiza el papel crítico de una fuerza laboral competente en el avance de las tecnologías de bioenergía, indicando la importancia de individuos capacitados para impulsar la innovación y el progreso en el campo. En este sentido, desarrolló el Mapa de Carreras en Bioenergía, una herramienta educativa interactiva que destaca más de 60 posiciones y 100 trayectorias profesionales en cinco subsectores de la industria de la bioenergía. Explora ocupaciones, ilustra trayectorias y detalla la educación necesaria para cada carrera, brindando una visión integral del sector.

Por su parte, en Canadá se encuentran:

- (i) Estándar de Combustibles Renovables (RFS) para aumentar el uso de combustibles renovables, incluidos biocombustibles, en el transporte.
- (ii) Programa EcoEnergy para Biocombustibles que ofrece incentivos a productores de biocombustibles para aumentar la producción de alternativas renovables a la gasolina y el diésel
- (iii) Estándar de Combustibles Limpios (CFS) diseñado para reducir la intensidad de carbono de los combustibles
- (iv) Estrategia Nacional para la Bioeconomía que incluye la bioenergía
- (v) Programas Provinciales
- (vi) Directrices para la biomasa forestal
- (vii) Programas para el uso de residuos agrícolas.

- **Asia:** países como China y la India han aumentado sus inversiones en el uso de bioenergía, fortaleciendo la producción de biogás y otros biocombustibles. En términos de política pública se destacan:
  - (i) En el 13º Plan Quinquenal (2016-2020), China estableció objetivos para incrementar la capacidad de generación de energía renovable, enfocándose en bioenergía.
  - (ii) En la Política de Tarifas de Alimentación para Proyectos de Biomasa, China ha incentivado la producción de electricidad usando biomasa.
  - (iii) Estrategias en el Marco de la Franja y la Ruta buscando promover la cooperación en la producción sostenible de biocombustibles y la utilización eficiente de la biomasa.
  
- **Oceanía:** En Australia se encuentra:
  - (i) Metas de energía renovable (Renewable Energy Target RET) que tiene el objetivo de aumentar la proporción de energías renovables en la matriz energética australiana. Incluye objetivos específicos para bioenergía.
  - (ii) Corporación para el financiamiento de energías limpias (Clean Energy Finance Corporation CEFC) que financia proyectos de energía renovable, incluyendo aquellos relacionados con bioenergía, para acelerar la transición hacia tecnologías limpias. Hoja de ruta de la bioenergía (Bioenergy Roadmap): Australia ha desarrollado hojas de ruta específicas para la bioenergía, estableciendo objetivos y estrategias para su desarrollo sostenible.

Por su parte, en Nueva Zelanda se crearon:

  - (i) Estrategia de bioenergía (Bioenergy Strategy) para fomentar el desarrollo sostenible de la bioenergía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
  - (ii) Políticas de Energías Renovables (Renewable Energy Policies) que abarcan la bioenergía como parte integral de su compromiso con la sostenibilidad.
  
- **Brasil:** Este país ha trabajado en producir biocombustibles, por lo que su uso en Brasil es extendido, específicamente el etanol derivado de caña de azúcar, el cual utilizan para el transporte, en mezclas con gasolina. Realizó la integración de la Política Nacional de Biocombustibles RenovaBio, la Ruta 2030 Programa de Movilidad y Logística, el Programa de Control de Polución de Vehículos de Motor (PROCONVE), el Programa para el Marcado de Vehículos de Brasil (Brazilian Vehicle Labelling Program), El Programa para los Combustibles Sostenibles para la Aviación (PROBIOQAV), la Regulación para las Tecnologías de Captura y Almacenamiento de Carbono, El Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV), el incremento de los límites de etanol en mezcla con gasolina de E18-E27.5 a E22-E30. Desde el punto de vista económico se destaca, que cuenta con CBIO-Decarbonization Credits 2023 que fue creado con una expectativa de financiar USD700 millones en proyectos de bioenergía.

## Anexo 6. Potencial de producción de bioenergéticos en Colombia

### 1. La biomasa como un motor de la bioenergía

La producción de bioenergéticos, en general, se basa en la transformación de biomasa renovable, a partir de la cual, a través de diferentes procesos tecnológicos, se obtienen bioenergéticos, calor, y derivados. Los procesos de transformación convierten la biomasa en una materia prima, reduciendo la generación de desperdicios y maximizando los recursos en uso, lo cual está alineado con las bases del desarrollo sostenible y la economía circular.

El potencial de generación de bioenergía, dependerá de la disponibilidad y composición de la biomasa, pudiendo ser tan variada como productos agrícolas, residuos agrícolas, o residuos municipales. Generalmente, la biomasa residual se envía a disposición final lo que genera una gran cantidad de residuos que terminan en rellenos sanitarios, incinerados, o acumulados en espacios abiertos, entre otras prácticas incorrectas de gestión de residuos. Es en este contexto, que hay un gran potencial energético en la biomasa colombiana que no se está aprovechando.

La gestión de los residuos para generar energía proporciona una alternativa sostenible, para que menos residuos terminen en prácticas no adecuadas para su gestión, transformándolos en productos derivados de valor agregado y en energía. La Figura 38 presenta el esquema de gestión de biomasa que debe favorecer la transformación de ésta a bioenergéticos.

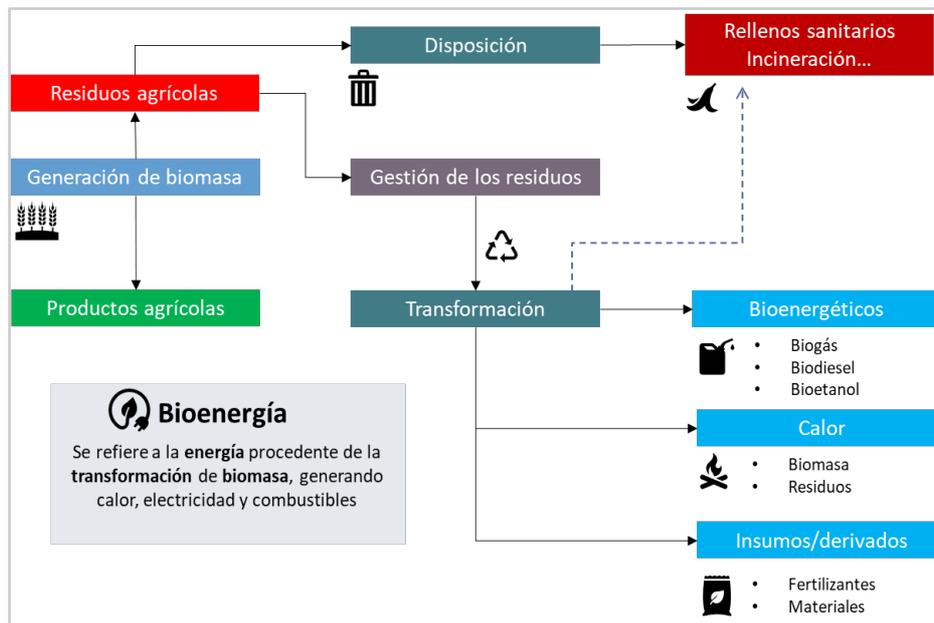


Figura 38. Esquema del proceso de gestión para el aprovechamiento de la biomasa

Nota: Figura de elaboración propia.

Colombia es un país agrícola con grandes áreas de tierra cultivable y con una geografía montañosa que permite la existencia de una surtida variedad de climas en varios pisos térmicos. Por lo anterior, en Colombia se produce una gran cantidad de cultivos, dentro de los cuales se encuentran como los más relevantes el

plátano, caña de azúcar, maíz, palma de aceite, arroz, café, y cacao. En el territorio nacional, importantes áreas sembradas de estos cultivos se han reportado por la Unidad de Planeación Rural y Agrícola (UPRA) en la Evaluaciones Agrícolas Municipales (EVA), lo cual se presenta en la Figura 39.

Por tanto, una gran cantidad de residuos agrícolas provenientes de las actividades agrícolas de estos cultivos presentan una oportunidad para estimular la producción de biocombustibles, energía renovable, y derivados, siguiendo un esquema de biorrefinería para aprovechar al máximo los recursos disponibles y minimizar al máximo los desperdicios.

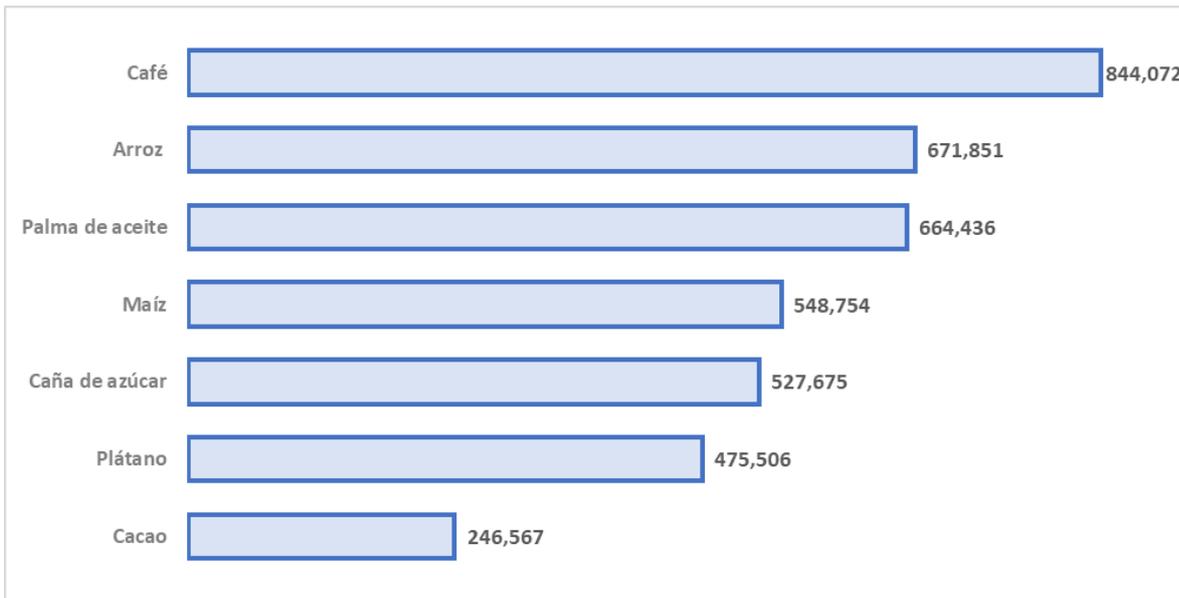


Figura 39. Área sembrada (ha) principales cultivos bioenergéticos, 2022

Nota: Figura adaptada de base de datos EVA 2022, UPRA.

Adicionalmente, otras industrias productoras de alimentos como la ganadera, porcícola, y avícola, son una fuente de biomasa residual rica en microorganismos provenientes de las heces de los animales. En condiciones de fermentación, estos residuos median la producción de biogás, rico en metano, el cual se utiliza como combustible en diversas aplicaciones.

## 2. Bioenergía aprovechando biomasa

Los residuos de postcosecha de diferentes cultivos son recursos que pueden ser aprovechables para producir bioenergía. El aprovechamiento de los residuos puede lograrse mediante técnicas como la digestión anaeróbica para la producción de biogás, la pirólisis para obtener biochar y gases, y la fermentación para la obtención de biocombustibles líquidos. Los productos obtenidos por las diferentes técnicas mencionadas se pueden usar para la obtención de energía eléctrica.

Para el proceso de transformación de biomasa en energía eléctrica, existen a nivel mundial dos tecnologías con altos TRLs ([Technology Readiness Level](#)) que se consideran en la categoría “waste-to-energy”, éstas son: tratamiento térmico (básicamente incineración) y producción de biogás por digestión anaeróbica. En ambos procesos se observan eficiencias de conversión en el rango de 20 a 30%. En la estimación de la convertibilidad

de la biomasa en energía es importante tener en cuenta las características físicas y químicas de los residuos, porque éstas pueden tener un efecto importante en la energía producida.

Para determinar el potencial energético de biomasa residual, se hace la estimación del poder calorífico inferior (cuyas siglas en inglés son LHV, Low Heating Value) que representa el máximo potencial de la biomasa que puede ser aprovechado. Una de las formas de estimar el LHV es en función del análisis elemental o último de la biomasa y de la tecnología de transformación a energía. Para efectos de este estudio se hizo la estimación del poder calorífico inferior de residuos de los cultivos más relevantes en Colombia, para lo cual se asumió un porcentaje de humedad del 30%, 0% de cenizas en la biomasa y el análisis último presentado en la Tabla 15.

**Tabla 15. Análisis último %(w/w) en base seca y libre de cenizas de residuos agrícolas**

Biomasa residual	C	H	O	N	S
Cascarilla de café	52,1367	6,5700	39,8200	1,5367	0,0667
Cascarilla de cacao	51,2867	5,9600	38,3900	3,4233	0,1833
Cascarilla de arroz	48,3192	6,0085	44,9077	0,7708	0,1531
Paja de arroz	47,7218	5,8018	44,5618	1,1055	0,1473
Paja de maíz	48,8233	5,7500	44,1333	0,5367	0,0433
Racimo de fruta vacío de palma de aceite	50,7243	6,2700	41,3486	1,0271	0,3086
Cáscara de palmiste de palma de aceite	48,8200	6,1300	43,9300	1,0600	0,0600
Fibra de mesocarpio de palma de aceite	48,5300	6,0900	44,1200	1,1600	0,0900
Bagazo de caña de azúcar	49,6550	6,0720	43,9130	0,4640	0,0970
Cáscara de banano	45,6200	6,2150	46,6600	1,2650	0,2400

Nota: Tabla de elaboración propia con datos del análisis último (C:carbono; H:hidrógeno; O:oxígeno; N:nitrógeno; S:azufre) del estudio de Daniel Durán y colaboradores (2023) *Review of chemical characterization methods and data for compositional analysis of fruit residues: Current status and opportunities*, el cual actualmente está sometido a revisión en la revista *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

En la Figura 40 se presentan los resultados del poder calorífico inferior estimado para los diferentes residuos de interés, donde se observa que el LHV varía de acuerdo al residuo y que es mayor para la incineración en comparación a la biodigestión. En la Figura 41 se presenta el potencial de energía eléctrica que se puede obtener a partir del poder calorífico inferior de los residuos.

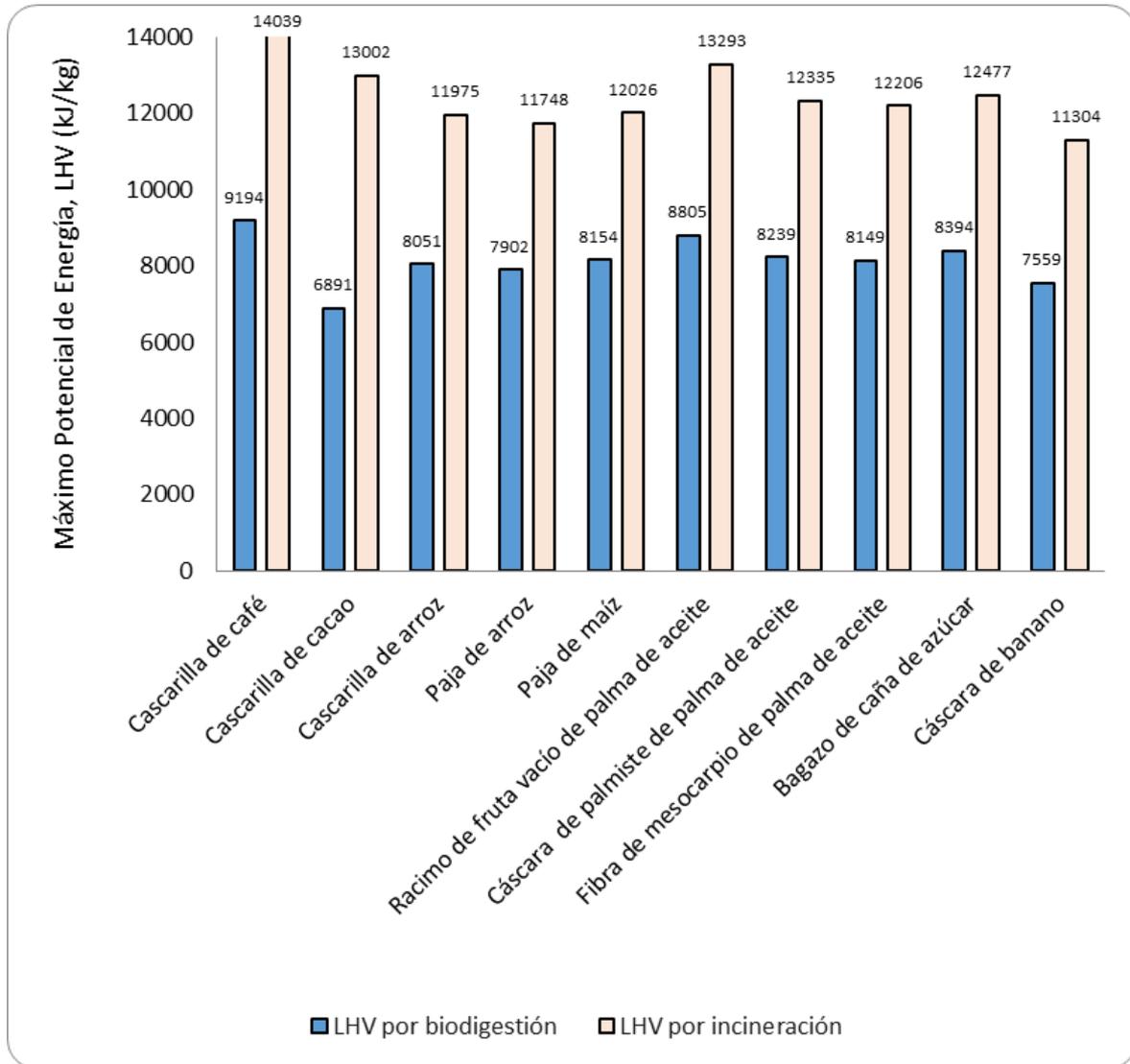


Figura 40. Potencial de energía por incineración y biodigestión de algunos residuos agrícolas

Nota: Figura de elaboración propia.

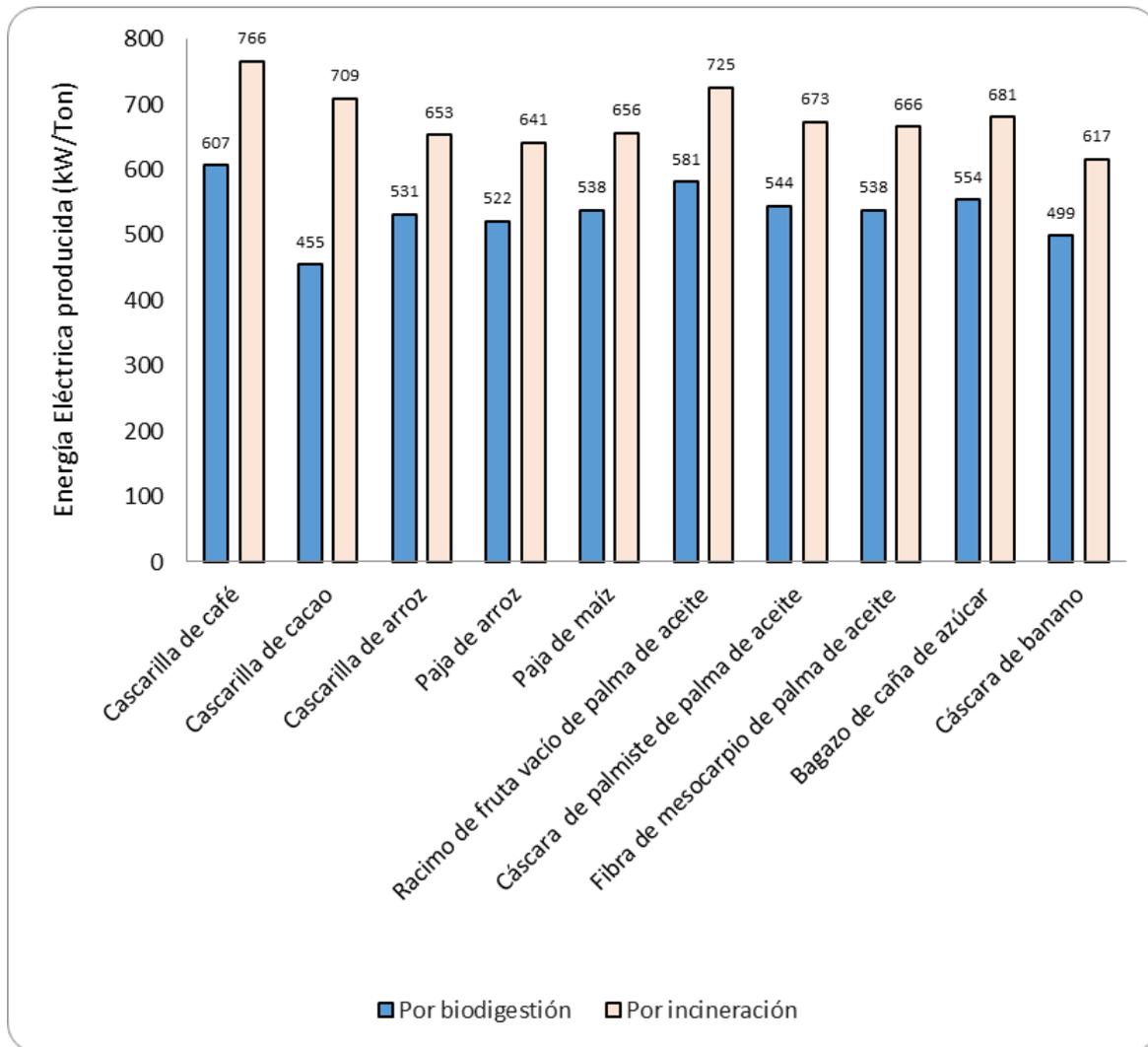


Figura 41. Potencial de energía a partir de algunos residuos agrícolas

Nota: elaboración propia. Las condiciones para la estimación de la energía eléctrica fueron para: i) por biogás se supuso el uso una turbina de gas, con relación de presiones de 8 y temperatura a la salida de la combustión 850°C; ii) por incineración de la biomasa se supuso el uso de una turbina de vapor con presión alta de 10 MPa y presión baja de 10 kPa.

No toda la energía estimada con el LHV es convertible en energía eléctrica, la eficiencia del proceso de conversión depende de la operación y equipos utilizados. Por ejemplo, usando turbinas de vapor, las máximas eficiencias posibles dependen de altas presiones en las calderas, una opción no siempre disponible que además depende de consideraciones metalúrgicas y de seguridad. Generalmente, a presiones subcríticas de agua (menores que 22.1 MPa), sin implementar opciones de sobrecalentamiento, recalentamiento y regeneración, se pueden tener eficiencias de conversión a energía eléctrica en el orden de 30 a 40%. Por otra parte, con turbinas de gas modernas y relaciones de compresión de 8 a 15, las eficiencias varían entre el 15 y el 35%, siendo la máxima temperatura del sistema (obtenida a la salida de la combustión) un factor importante.

Debido a que los valores de eficiencia de los procesos de conversión de la energía disponible en energía eléctrica son relativamente bajos, hacer el cálculo del potencial de conversión a energía eléctrica de la

biomasa sin la consideración de la eficiencia del proceso, resultaría en una sobreestimación importante, por lo que, a pesar de que la literatura usa y reporta el LHV como el máximo potencial de energía, en este trabajo se implementa la corrección de la eficiencia del proceso de conversión.

### **3. Producción de bioenergéticos en Colombia**

#### **3.1. Bioenergéticos líquidos**

La caña de azúcar se considera un cultivo energético, debido a que a partir de la biomasa que genera, rica en azúcares, se puede obtener etanol, además de que los residuos del cultivo, como el bagazo de caña, se pueden incinerar directamente en calderas para generar vapor, debido a su bajo contenido de humedad comparado con otros residuos.

Así mismo, la palma de aceite permite la obtención de biodiesel a partir del aceite vegetal extraído de su fruto, el cual se mezcla con diésel tradicional para su uso en motores de combustión. Por otro lado, todos los demás cultivos generan biomasa residual que puede ser aprovechada en cogeneración energética, o como fuente de calor para su uso en procesos de transformación que requieran energía.

En Colombia, la infraestructura, inversiones y esfuerzos en torno a la producción de bioetanol y biodiesel han sido impulsados por el gobierno nacional desde el año 2005 con la implementación de mandatos de mezclas de biocombustibles, por lo que estos dos bioenergéticos son de gran importancia en Colombia.

La producción de bioetanol y biodiesel en los últimos años, se muestra en la Figura 42. El bioetanol ha disminuido en producción desde el año 2018, llegando a 350 millones de litros en 2022, siendo este año crítico para el sector de bioetanol debido a las condiciones climáticas adversas presentadas, lo que llevó a los productores a preferir la producción de azúcar. Colombia tiene actualmente 7 destilerías de etanol, con capacidad de 660 millones de litros, siendo la caña de azúcar la materia prima y de los 14 ingenios azucareros, 6 de ellos cuentan con refinerías para etanol ubicadas principalmente en la región del Valle del Cauca (Foreign Agricultural Service. US Department of Agriculture EEUU., 2023.).

Uno de los proyectos más grandes de Colombia en torno al bioetanol es Bioenergy, ubicada en Puerto Gaitán, del departamento del Meta. A pesar de contar con el apoyo de Ecopetrol, la junta directiva decidió liquidar la empresa. La compañía se reorganizó (ahora Agrícola de los Llanos) gracias a una inyección de 10 millones de dólares a través de inversión extranjera y préstamos bancarios, logrando salvar la empresa y alrededor de 750 empleos. Este proyecto genera 35 MW/h de energía a partir del bagazo de la caña, de los cuales 19 MW/h se envían a la red eléctrica nacional, siendo el restante utilizado para la operación de la planta. Este caso, muestra que, con la infraestructura adecuada, las áreas de cultivo gestionadas y los inversionistas interesados, se puede dinamizar el mercado de bioenergéticos en Colombia, mientras que la voluntad política puede no ser suficiente por sí sola.

Por su parte, el biodiesel ha presentado un aumento en la producción desde el año 2020, llegando a valores aproximados de 780 millones de litros en el último año 2023. El consumo de biodiesel en Colombia depende de la producción nacional para cumplir con las mezclas de biocombustibles que el gobierno establece. Por tanto, el país no importa ni exporta biodiesel, por lo que la producción depende de la reglamentación del momento. Actualmente hay 12 plantas de biodiesel operando en Colombia, usando aceite de palma como materia prima. La infraestructura se ubica principalmente en la costa norte del país, otras en Meta,

Santander, Cundinamarca y Antioquia (Foreign Agricultural Service. US Department of Agriculture EEUU., 2023.)

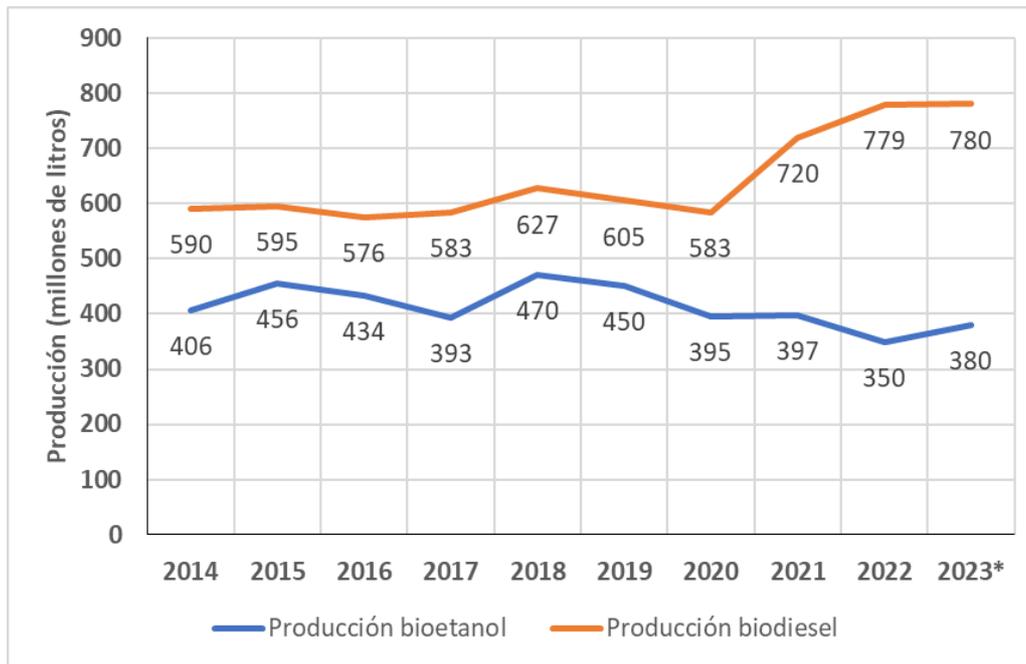


Figura 42. Producción de bioetanol y biodiesel en Colombia

Nota: adaptado del informe Biofuels Annuals, 2023. US Department of Agriculture.

\*Hasta la fecha junio de 2023

El marco legal colombiano exige que se utilicen biocombustibles en mezcla con los combustibles tradicionales como diésel y gasolina, sin embargo, la amenaza del cambio climático puede alterar la producción y por tanto, obliga a cambiar la normatividad para asegurar el suministro de combustibles. Por esta razón, Colombia importa etanol mientras las mezclas de etanol con gasolina se han modificado en los últimos años variando del 4% al 10%. Por su parte, la producción de biodiesel ha sido estable en el tiempo, por lo que se mantiene en un sólido 10% en mezcla con combustible tradicional. Los periodos de lluvias abundantes favorecen el cultivo de la palma de aceite, pero no el de la caña. Los subsidios a los combustibles fósiles y las fuertes regulaciones del mercado energético, hacen que el sector de biocombustibles permanezca rezagado conforme avanza en el mundo. Otro aspecto importante que no permite la exportación de biodiesel colombiano a los mercados más grandes es la restricción regulatoria y ambiental, ya que el aceite de palma no está aprobado para el cumplimiento de las obligaciones del Estándar de Combustibles Renovables de EEUU, y en el RED II de Europa, por lo que hay un panorama de incertidumbre en torno al crecimiento de este sector.

### 3.2. Biogás en Colombia

El biogás es una de las formas más eficientes para la producción de energía a partir de biomasa mediante una tecnología ambientalmente beneficiosa, que permite reducir las emisiones de gases invernadero en relación con las producidas por combustibles fósiles. La formación de biogás es un proceso biológico que ocurre naturalmente cuando la biomasa es descompuesta en una atmósfera húmeda y en ausencia de aire,

mediante la acción de microorganismos; este proceso se conoce como digestión anaerobia (Scano et al. 2014).

La producción de biogás por fermentación anaerobia es un proceso que ocurre en cuatro fases: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis (Jaiganesh, Nagarajan, and Geetha 2014). Cada fase es realizada por un grupo diferente de microorganismos que producen hidrógeno, acetato, ácidos grasos y finalmente metano y dióxido de carbono, entre otras sustancias. Para que la digestión anaerobia se lleve a cabo adecuadamente, se debe controlar el ambiente de digestión, el pH, la temperatura del biodigestor, el tiempo de retención, el contenido de agua de la biomasa y la relación C/N de la materia prima (Pessuto et al. 2016).

De acuerdo a un estudio desarrollado por la UPME y la Universidad Nacional de Colombia (UNAL) en el 2018, titulado *Estimación del potencial de conversión de biogás de la biomasa en Colombia y su aprovechamiento*, se identificaron 17 fuentes de biomasa residuales para la producción de biogás en Colombia. Para las fuentes identificadas se hizo la estimación del total del potencial teórico y técnico de producción de biogás, dando valores de 149.436 TJ/año para el teórico y de 53.554 Tj/año para el técnico. De las fuentes de biomasa residual, tres son de origen pecuario, 8 agrícola, 2 residuales y 4 del sector de alimentos.

De acuerdo con Naturgas, los sectores para el año 2023 que fortalecen la apuesta por el desarrollo de biogás fueron (Sandoval Y., 2023):

- Caña de Azúcar: es el sector líder en la producción de bioenergía en Colombia. En este rubro se aprovecha el bagazo de la caña como combustible para sus calderas y para la producción de etanol, que se mezcla con gasolina que posteriormente se suministra al sector transporte. A julio de 2023, había cuatro ingenios con plantas para tratar sus efluentes, con una capacidad aproximada de 7.480 toneladas/día.
- Palma de Aceite: Colombia cuenta con 560.000 hectáreas cultivadas por más de 6.000 productores. En esta agroindustria es posible generar biogás, el cual se puede producir a partir de la digestión anaerobia de aguas residuales de plantas extractoras de aceite de palma y se caracteriza por su alto contenido de metano (50 % a 60 %), lo que permite redirigirlo a la generación térmica o eléctrica. Para el 2023 la producción de biogás en este sector fue de 133 millones de metros cúbicos/años, para una generación eléctrica de 60 Megavatios (MW). Adicionalmente, la biomasa agrícola, residuos
- Porcicultura: granjas de pequeña y mediana escala se enfocan en el aprovechamiento de los residuos orgánicos derivados de la industria porcina (porcinaza) por medio de la instalación de biodigestores tipo bolsa y Taiwán. Este subsector procesa un flujo de 1.200 toneladas de efluentes por día, con una producción de 600 m<sup>3</sup>/h de biogás al 63 % de metano, para una generación de 576.000KW/mes.
- Avicultura: es el sector que menos ha implementado proyectos de biogás debido a que el uso de la gallinaza o pollinaza se enfoca en abonos orgánicos o enmienda, pues resulta ser mucho más costo eficiente. Sin embargo, se han implementado plantas de generación eléctrica con una capacidad de 0,8 MW, como producto del tratamiento de 164 metros cúbicos/día de agua con efluentes avícolas

Otras iniciativas del sector agroindustrial: algunas compañías, cuyas cadenas de producción tienen relación con la agricultura, como la industria cervecera y láctea, han implementado procesos de aprovechamiento de materia orgánica, donde se utilizan 1.935 m<sup>3</sup>/día de biogás y se desarrollan tecnologías de purificación, produciendo 400 metros cúbicos (m<sup>3</sup>) por hora con 60 % de contenido de metano.