



FEB
20
25

Documento de Discusión

Análisis preliminar del Plan
Indicativo de Abastecimiento

de **Bioenergía**

Región **Pacífico**
Colombia



Unidad de Planeación
Minero Energética



PIBE - Pacífico

© UPME

Av. Calle 26 # 69 D-91 Torre 1 - Piso 9

Bogotá - Colombia

Tel.: +57 6012220601

upme.gov.co

**UNIDAD DE PLANEACIÓN
MINERO ENERGÉTICA - UPME**

ÓMAR ANDRÉS CAMACHO MORALES
Ministro de Minas y Energía

JAVIER EDUARDO CAMPILLO JIMÉNEZ
Viceministro de Energía

CARLOS ADRIÁN CORREA FLÓREZ
Director General UPME

MAURICIO ANDRÉS PALMA OROZCO
Subdirector de Hidrocarburos UPME

JÉSSICA ARIAS GAVIRIA
Subdirectora de Demanda UPME

INGRID VIVIANA GARZÓN GARZÓN
Gerente proyecto Enfoque Territorial UPME

MAXIMILIANO BUENO LÓPEZ
Asesor de la Dirección General UPME

DANIELA PACHÓN
Asesora de la Dirección General UPME

ISLEANY ANGULO QUIÑONES
Asesora Ministro de Minas y Energía

COLABORADORES UPME:

SUBDIRECCIÓN DE HIDROCARBUROS:

FERNANDO CARDEÑO LÓPEZ
M. LILIANA BELTRÁN MORATTO
HENRY OLIVEROS CARVAJAL
MAGDA MALLÉN SIERRA URREGO

CLAUDIA GÓMEZ HERRERA
Profesional Convenio UPME-ANH

SOFÍA GIRALDO VESGA
Pasante UDEA

SUBDIRECCIÓN DE DEMANDA:

ANDREA LACHE MUÑOZ
HÉCTOR HERNANDO HERRERA FLÓREZ
LAURA FLECHAS MEJÍA
VERÓNICA ORTIZ CERÓN

GRUPO ENFOQUE TERRITORIAL:

EDINSON BOHÓRQUEZ PIRAQUIVE
ANDRÉS CEFERINO GUTIÉRREZ
DIANA CAROLA MARTÍNEZ MONTAÑO
MÓNICA CRISTINA CASTAÑEDA LASSO
ANDRÉS FELIPE DUARTE RODRÍGUEZ
JOHN EDISON ENRÍQUEZ OCHOA
FREDY GABRIEL BAUTISTA RUIZ
FERNANDO FELIPE MUÑOZ
Profesional Convenio UPME-FENOGE

COMUNICACIONES:

LINDA CÁRDENAS RAMÍREZ
Asesora de Comunicaciones

DIEGO PEÑARANDA JUYÓ
Diseño y diagramación

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	5
1. REGIÓN DEL PACÍFICO	6
2. EL CONCEPTO DE LA BIOENERGÍA	8
3. ESTADO DEL ARTE DE LA BIOENERGÍA	10
3.1 CONTEXTO INTERNACIONAL	10
3.1.1. Biocombustibles líquidos:.....	12
3.1.2. Biogás y biometano:.....	13
3.2 CONTEXTO NACIONAL	15
3.2.1 Política energética	16
3.2.2 Planes UPME	17
3.2.3 Normativa	18
3.3 CONTEXTO REGIÓN DEL PACÍFICO	19
3.3.1 Cauca.....	20
3.3.2 Chocó	20
3.3.3 Nariño.....	20
3.3.4 Valle del Cauca	21
4. CARACTERIZACIÓN DE INFORMACIÓN	22
4.1 OFERTA DE BIOENERGÍA Y BIOMASAS.....	22
4.2 GESTIÓN DE RESIDUOS/BIMASAS/SUBPRODUCTOS A NIVEL NACIONAL Y REGIONAL.....	25
4.3 METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	26
4.3.1 Potenciales teóricos (desde las biomاسas)	26
4.3.2 Potenciales técnicos (bioenergéticos)	28
4.4 ENFOQUE TERRITORIAL	32
5. MENSAJES FINALES Y TRABAJO FUTURO	34
BIBLIOGRAFÍA	37
ANEXOS.....	40

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 4-1. Consideraciones definidas para incluir en el cálculo del potencial técnico de los bioenergéticos	29
Tabla 4-2. Eficiencias de los procesos de generación de energía	30
Tabla 4-3. Territorios que tienen condiciones especiales	32

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1-1. Subregiones de los departamentos de la Región del Pacífico	6
Figura 2-1. Fuentes de origen de las biomasas	8
Figura 3-1. Oferta total de energía a nivel mundial por fuente	10
Figura 3-2. Oferta global de biomasa y biocombustibles	11
Figura 3-3. Consumo mundial de energía por fuente	11
Figura 3-4. Demanda global de biocombustibles líquidos	12
Figura 3-5. Uso de biocombustibles en el sector transporte	13
Figura 3-6. Proyección de potencial producción de biogás y biometano a nivel mundial, PJ/a	14
Figura 3-7. Expectativas de producción de biogases (biogás y biometano) en la Unión Europea	14
Figura 3-8. Escenarios de producción de biometano a nivel global	15
Figura 4-1. Esquema general de biomasas y bioenergéticos	23
Figura 4-2. Aplicaciones, procesos y bioenergéticos actuales y potenciales en PIBE Pacífico	24
Figura 4-3. Cantidad de UPAs que tienen gestión de residuos agrícolas, forestales y pecuarios a nivel nacional y de la Región del Pacífico	25
Figura 4-4. Potencial energético teórico de residuos	28
Figura 4-5. Potencial energético técnico de residuos	31
Figura 4-6. Potencial teórico estimado vs potencial técnico estimados para el año 2023	31
Figura 4-7. Áreas condicionales y de exclusión en la Región del Pacífico	33

Introducción

La Unidad de Planeación Minero Energética-UPME como entidad responsable de la planificación, investigación y generación de información del sector minero energético, debe garantizar que, en todas las fases de las actividades o acciones relacionadas con este sector, se respeten y protejan los criterios de la gradualidad, la participación ciudadana, y la coordinación y concurrencia entre la nación y los territorios. Esto incluye tanto la etapa de planeación como la generación de información y estudios [1]. En tal sentido, este documento relaciona el Plan Indicativo de Bioenergía para la Región del Pacífico (en adelante PIBE Pacífico) con el fin de contar con un referente en la formulación de las iniciativas y políticas bioenergéticas para la Región del Pacífico y buscando sentar las bases para un análisis integral en versiones futuras del PIBE Pacífico y lo que será el PIBE Nacional.

En este sentido, este documento es un preámbulo que busca concentrarse en áreas clave y delimita el alcance a información crítica para la toma de decisiones iniciales. Lo anterior, en la búsqueda del fortalecimiento de las capacidades de planificación y gestión en bioenergía, contribuyendo al desarrollo sostenible de la Región del Pacífico y su integración en la transición energética del país.

Desde la UPME se delimitó como Región del Pacífico a los departamentos: Chocó, Cauca, Nariño y Valle del Cauca. Como se muestra preliminarmente en este documento, estas regiones poseen un potencial de desarrollo bioenergético ya que tiene una vocación agrícola y pecuaria significativa, pero a su vez, el aprovechamiento en aplicaciones bioenergéticas de los residuos, biomasas, y subproductos de las cadenas de valor de esta región no ha sido aprovechada en gran medida.

Ahora bien, en la actualidad el uso de la bioenergía puede contribuir y brindar beneficios para la descarbonización de la matriz energética, al reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En este sentido, como se muestra en el documento, la bioenergía ha incrementado su participación en la matriz energética a nivel mundial y se posiciona como una alternativa sostenible al uso de los combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica, la calefacción, el transporte y la industria, pero además, ofrece beneficios ambientales y socioeconómicos, tales como la recuperación de tierras y la creación de empleo y la mejora de la salud mediante la promoción de tecnologías de cocina limpia. Sin embargo, el desarrollo de cadenas de valor bioenergéticas exige la implementación de marcos y criterios obligatorios que garanticen la sostenibilidad en su producción y uso, especialmente a escala comercial. Este panorama internacional sugiere un horizonte prometedor para Colombia, dado su alto potencial bioenergético y la abundancia de recursos disponibles en sus territorios.

De manera general, el presente documento presenta los resultados preliminares de la línea base de las materias primas potenciales para la producción de bioenergéticos en la Región del Pacífico obtenidos a partir de la producción de cultivos agrícolas (tales como arroz, banana, maíz, café, palma, plátano, caña de azúcar y caña panelera), producción pecuaria (avícola, porcina, bovina, equina, caprina, ovina y bufalina), residuos urbanos (plantas de tratamiento de aguas residuales y rellenos sanitarios) y otros residuos industriales (cervecería, lácteos y pesqueros). En etapas posteriores de PIBE Pacífico, se analizarán otras biomasas y bioenergéticos existentes y potenciales para dicha región.

Por último, con este documento preliminar se busca mostrar el trabajo desarrollado al interior de la entidad el cual sienta las bases de lo que será el documento final del PIBE Pacífico el cual será desarrollado en detalle durante el 2025. Lo anterior, con el objetivo de que los planes de bioenergía regional y nacional de la entidad presenten escenarios prospectivos de oferta y demanda de los bioenergéticos para diferentes periodos, ajustados a las identificaciones potenciales de materias primas del país, potenciales proyectos y acciones que se puedan materializar con la participación de los sectores productivos, las entidades de gobierno tanto a nivel nacional como territorial y las comunidades.

1. REGIÓN DEL PACÍFICO

En este capítulo se busca describir los aspectos más importantes que justifican la priorización de la región del pacífico para la elaboración del primer plan indicativo de bioenergía, lo anterior, de acuerdo al potencial evidenciado y el desarrollo normativo que generan aspectos diferenciadores con otras regiones, aspectos que serán desarrollados con mayor detalle a lo largo del documento.

La Región del Pacífico (Figura 1-1. Subregiones de los departamentos de la Región del Pacífico) representa aproximadamente el 6,42% del área del territorio nacional conformada por los departamentos de Chocó, Cauca, Nariño y Valle del Cauca, en donde se puede evidenciar un gran potencial de desarrollo bioenergético ya que tiene una vocación agrícola y pecuaria significativa que ofrece una oportunidad única para promover el desarrollo sostenible y resiliente de la región.

Figura 1-1. Subregiones de los departamentos de la Región del Pacífico



Fuente: Elaboración UPME

El Chocó es un departamento estratégico para el aprovechamiento de recursos naturales por su ubicación geográfica, posee potencial de fuentes de energía renovables que han sido poco estudiadas como el sol, el recurso hídrico, las mareas, el viento, la geotermia y la biomasa. En lo que respecta al departamento de Nariño, de acuerdo al estudio del potencial de biomasa estimado, en 2014 se demostró que la región tiene la capacidad de convertirse en un líder en la producción de energía renovable en Colombia. El aprovechamiento de los residuos agropecuarios para generar biogás, bioetanol, biodiésel y bioabonos ofrece una vía viable hacia un futuro más sostenible, con importantes beneficios económicos, sociales y ambiental.

El Cauca, gracias a sus cultivos de caña y las actividades pecuarias presentan un alto potencial para generar a partir de biomasa, particularmente en las subregiones Norte y Centro y finalmente, el Valle del Cauca cuenta con un ruta para la descarbonización del departamento.

Así mismo, en el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, la Región del Pacífico ha sido una de las regiones priorizadas a nivel nacional y territorial para el desarrollo de los compromisos climáticos y sobre la biodiversidad establecidos en los convenios internacionales suscritos por el país, siendo el desarrollo bioenergético de la región un punto clave para alcanzar el desarrollo de estos compromisos, en línea con lo anterior, el Plan Plurianual de Inversiones (PPI) 2023-2026 establece incentivos para el desarrollo de proyectos relacionados con la bioenergía en donde se incluyen los departamentos que confirman la región del pacífico.

Sin embargo, a pesar del potencial de la región se evidencia que el aprovechamiento en aplicaciones bioenergéticas de los residuos, biomasas, y subproductos de las cadenas de valor de estos dos sectores ha sido bajo, de acuerdo con la información publicada en 2019 en la última Encuesta Nacional Agropecuaria-ENA [2].

Teniendo en cuenta lo anterior, la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) prioriza la Región del Pacífico para la elaboración del primer Plan Indicativo de bioenergía regional (PIBE Pacífico), en el marco de su misionalidad de planeación integral, con enfoque intersectorial, territorial y el desarrollo minero energético del país, lo cual permitirá alcanzar una cobertura nacional de planeación bioenergética, siendo esta región un buen punto de referencia nacional para implementación y consolidación de la información socio-ambiental completa y precisa.

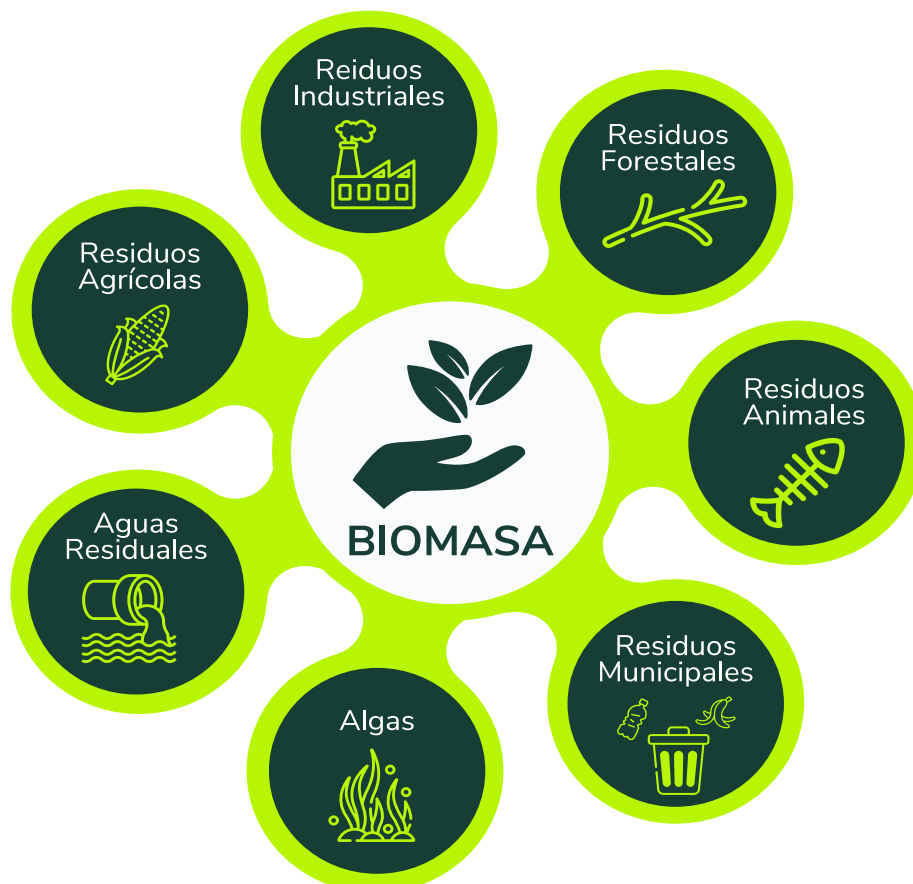
2. EL CONCEPTO DE LA BIOENERGÍA

A continuación, se buscará brindar un concepto acerca de la bioenergía a partir de lo definido por la normatividad colombiana y la Agencia Internacional de Energía con el objetivo de conocer los diferentes tipos de fuentes, su potencial en el marco de la transición energética y sus procesos de transformación.

De acuerdo con el artículo 5 de la Ley 1715 de 2014 en Colombia, la energía de la biomasa se considera una Fuente No Convencional de Energía Renovable – FNCER que se basa en la degradación espontánea o inducida de cualquier tipo de materia orgánica que ha tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico, fotosíntesis, así como de procesos metabólicos de los organismos heterótrofos, y que no contienen o hayan estado en contacto con trazas de elementos que confieren algún grado de peligrosidad.

En función de la energía que se puede obtener y de la composición de la biomasa, es posible aplicar a esta procesos físicos y químicos para su transformación. Los procesos químicos pueden ser: (a) bioquímicos, que involucran la acción de microorganismos para descomponer la materia orgánica, y (b) termoquímicos, que utilizan altas temperaturas para convertir la biomasa en productos energéticos. A través de estos procesos, es posible obtener una variedad de formas de energía, como: térmica, eléctrica y combustibles en estado líquido, sólido y gaseoso. La elección del proceso depende tanto de las características de la biomasa como la fuente de origen de la biomasa (ver Figura 2-1. Fuentes de origen de las biomosas) y el tipo de energía deseada, optimizando así su aprovechamiento en diferentes aplicaciones energéticas.

Figura 2-1. Fuentes de origen de las biomosas



Fuente: Elaboración UPME

Por otro lado, la Agencia Internacional de la Energía (IEA por sus siglas en inglés) [3] define que la bioenergía que es derivada de la biomasa que contiene carbono absorbido es una fuente con emisiones netas cercanas a cero. Puesto que se considera que la generación del carbono de la biomasa que ha sido utilizada para la producción de la energía, permite la captura de una cantidad equivalente, conllevando a que las emisiones sean bajas

Lo anterior, posiciona a la bioenergía como una solución estratégica en la transición hacia un sistema energético descarbonizado. Entre sus principales características se incluyen:

- Su disponibilidad y carácter renovable.
- Su aplicación en electricidad, calor y transporte.
- Su integración con la infraestructura energética existente;
- Su capacidad de almacenamiento para respaldar energías renovables intermitentes.
- Sus emisiones netas nulas derivadas de la captura de CO₂ durante la fotosíntesis.

Adicionalmente, cuando la bioenergía se combina con tecnologías de captura y almacenamiento de carbono, se considera como la generación de emisiones negativas. Estas características convierten a la bioenergía en una fuente energética versátil y fundamental para alcanzar los objetivos climáticos globales. Su contribución a la mitigación del cambio climático es significativa, siempre que se asegure la sostenibilidad en todas las etapas de su cadena de valor, desde el cultivo de la biomasa y el uso de los residuos, hasta su conversión eficiente en productos energéticos.

3. ESTADO DEL ARTE DE LA BIOENERGÍA

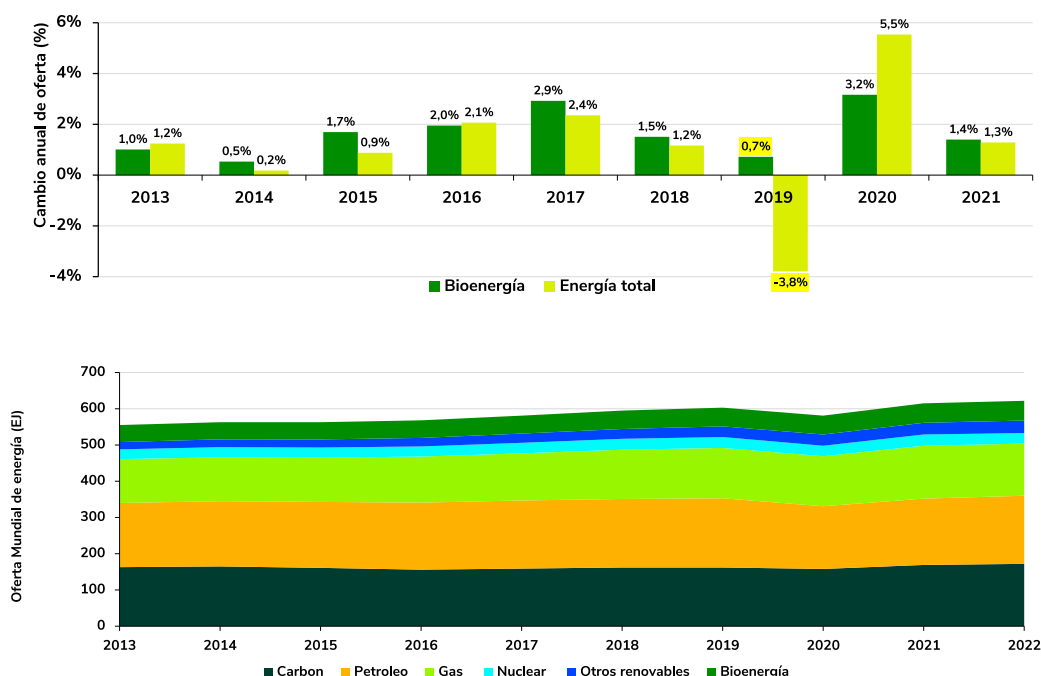
En este capítulo, se presentan algunas generalidades sobre la oferta, producción, demanda, materias primas relacionadas con la bioenergía y reportadas por Agencias internacionales tales como la Agencia Internacional de Energía y la Agencia Mundial de Bioenergía, en el contexto internacional.

Ahora bien, a nivel nacional se presenta un panorama general del potencial energético de biomasa que presenta el país, del mismo modo, se muestra el estado actual de la política energética y la normatividad que se ha emitido buscando el desarrollo de la bioenergía en Colombia. Particularmente en el contexto nacional, se realiza un análisis detallado sobre la región pacífico, presentando las acciones que buscan posicionar la región en el mapa de la matriz energética a través de FNCER, así como también se presenta un análisis del potencial de bioenergía de la región.

3.1 Contexto internacional

De acuerdo con la información publicada por la Agencia Mundial de Bioenergía (WBA por sus siglas en inglés) [4] para el periodo 2013 a 2022, la oferta total de energía a nivel global ha registrado un incremento aproximado del 12%. Estos datos son consistentes con los informes de la IEA [5], los cuales respaldan la tendencia general observada en los energéticos y bioenergéticos. Por su parte, la oferta de renovables ha aumentado en ese mismo periodo, en aproximadamente un 33%, aportando entre 8% y 9% del total de la energía ofertada a nivel global (Figura 3-1. Oferta total de energía a nivel mundial por fuente).

Figura 3-1. Oferta total de energía a nivel mundial por fuente

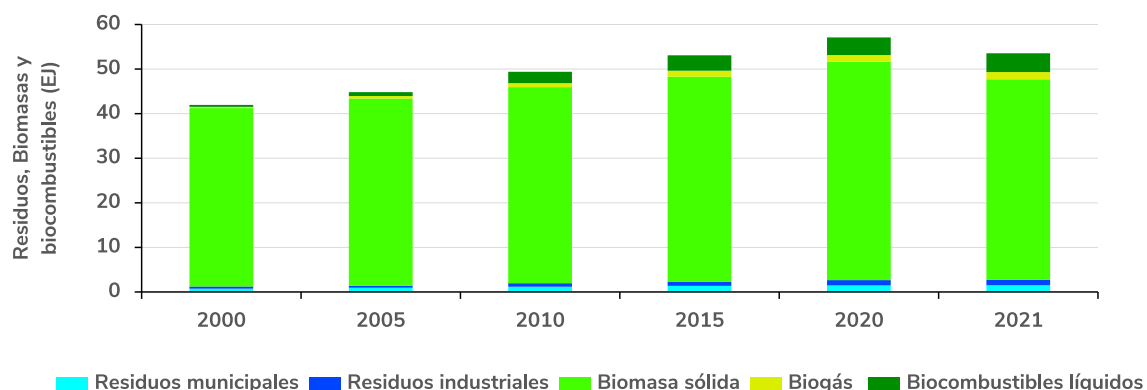


Fuente: Elaboración UPME con información de [4]

La Figura 3-1. Oferta total de energía a nivel mundial por fuente muestra que, a lo largo del tiempo, el cambio anual en la oferta de energía ha sido relativamente estable, estando alrededor de los 600 EJ. Ahora bien, en lo que respecta al cambio anual de oferta, en el 2019 se observa un cambio del orden de -3,8 puntos porcentuales para la energía total, mientras que la bioenergía presentó un cambio de 0,7%.

Por otro lado, la Figura 3-2. Oferta global de biomasa y biocombustibles refleja un crecimiento sostenido de la oferta global de biomasa y biocombustibles entre 2000 hasta 2020, con un incremento acumulado de aproximadamente del 28%, sin embargo, se evidencia una leve contracción en el periodo 2020-2021 atribuible a la disminución en la oferta de biomasa sólida, mientras que los residuos industriales, residuos municipales y biogás mantuvieron niveles relativamente constantes. Este descenso puede estar vinculado a las disrupciones causadas por la pandemia de 2019.

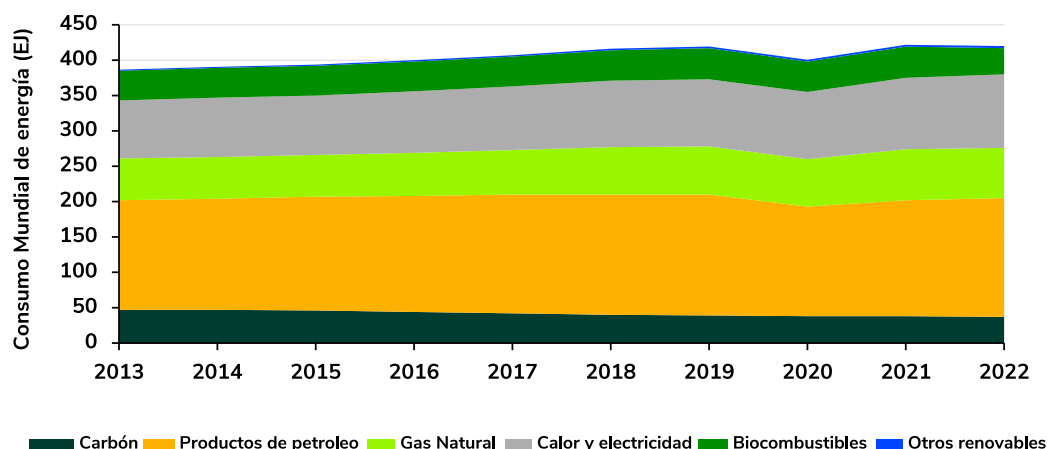
Figura 3-2. Oferta global de biomasa y biocombustibles



Fuente: Elaboración UPME con información de [4]

En términos específicos, los residuos municipales, residuos industriales, biomasa sólida, biogás y biocombustibles líquidos han mostrado aumentos significativos 104%, 142%, 13%, 455% y 859% respectivamente. Estos datos destacan un crecimiento acelerado en la producción de biogás y biocombustibles, marcando una tendencia positiva que respalda su rol estratégico en la transición energética global.

Figura 3-3. Consumo mundial de energía por fuente



Fuente: Elaboración UPME con información de [4]

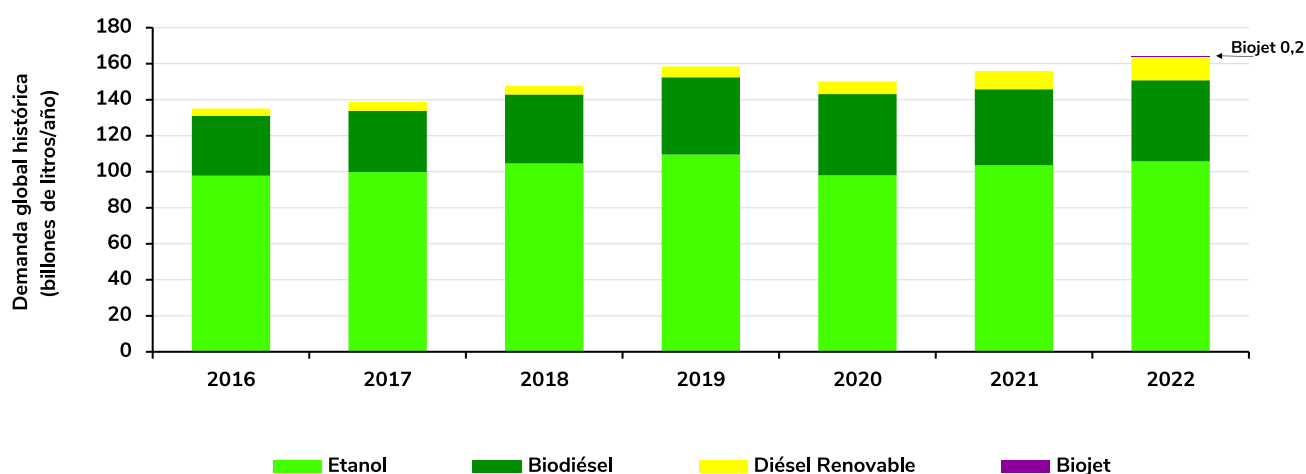
La Figura 3-3. Consumo mundial de energía por fuente muestra que el consumo mundial de energía, entre los años 2013 y 2022, se evidencian cambios significativos en el uso de diferentes recursos energéticos. Durante este periodo el carbón experimentó una notable disminución (-21%) lo que podría estar asociado a la falta de incentivos para su uso en el sector industrial debido a su alto impacto ambiental. Por otra parte, el GN presentó, para el mismo periodo un aumento del 20%, reflejando una tendencia hacia su uso como fuente energética de transición en el contexto de la lucha contra el cambio climático, pero también planea interrogantes sobre la dependencia continua de los combustibles fósiles en el futuro energético global.

En cuanto a los biocombustibles, se evidenció un incremento del 5%. Así mismo, el calor y la electricidad, que incluyen el uso de biomásas y fuentes renovables, presentaron un crecimiento significativo del 23%.

3.1.1 Biocombustibles líquidos:

En el contexto histórico internacional los biocombustibles líquidos más representativos en demanda han sido en el siguiente orden el biodiésel, el bioetanol y el diésel renovable y recientemente los biocombustibles de aviación; este último con una participación comparativa todavía marginal como se presenta en la Figura 3-4. Demanda global de biocombustibles líquidos.

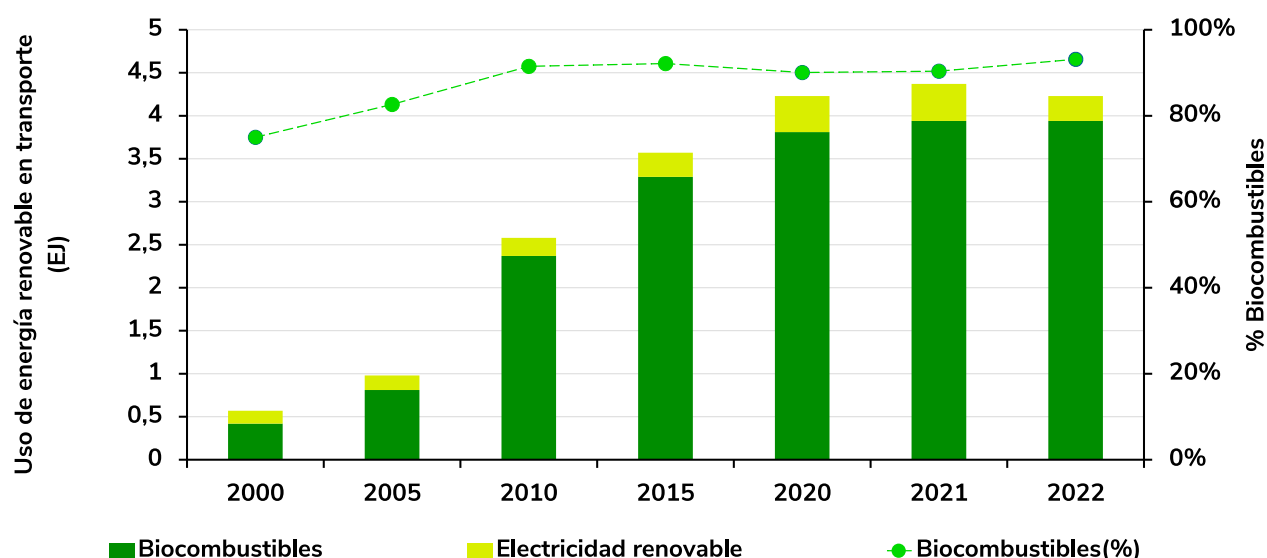
Figura 3-4. Demanda global de biocombustibles líquidos



Fuente: Elaboración UPME con información de [4]

De manera significativa en el sector transporte los biocombustibles han tenido una participación mayoritaria en el conjunto de renovables como se presenta en la siguiente Figura 3-5. Uso de biocombustibles en el sector transporte, lo cual les da un papel estratégico en este sector, pues han tenido una participación mayor al 75 % desde el año 2000.

Figura 3-5. Uso de biocombustibles en el sector transporte



Fuente: Elaboración UPME con información de [4]

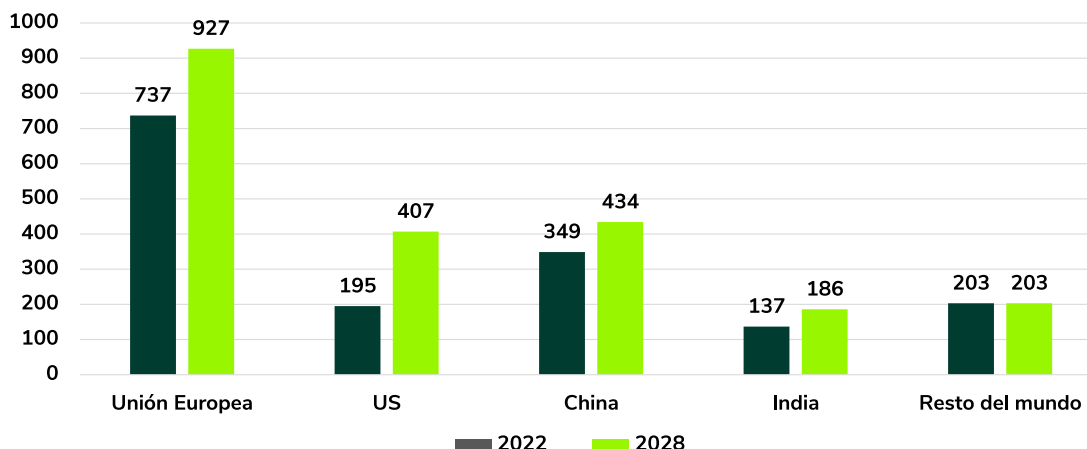
De acuerdo con los resultados presentados en la Figura 3-5. Uso de biocombustibles en el sector transporte se observa que las tecnologías en este sector transporte no han podido aumentar significativamente, por el contrario, a 2022 el porcentaje de los biocombustibles en el transporte alcanza la cifra histórica más alta con un 93%.

3.1.2 Biogás y biometano

La Hoja de Ruta de Biogás en España (2022) señala que, en Europa, para 2019, existían 18.943 instalaciones dedicadas a la producción de biogás, generando un total de 193 TWh de este. En cuanto al biometano, el sector contaba con 725 plantas, lo que representó un aumento del 16% más que en 2018, con una producción total de 26,7 TWh [6]. Los mayores productores de biometano como combustible para vehículos en 2016 fueron Alemania, Suecia, Suiza, el Reino Unido y los Estados Unidos. A nivel internacional, se estima que aproximadamente 500 plantas producen biogás, que es posteriormente mejorado a calidad de gas natural, alcanzando una capacidad de producción equivalente a unos 50 PJ/año [7].

La Figura 3-6. Proyección de potencial producción de biogás y biometano a nivel mundial, PJ/a presenta las proyecciones de producción de biogases (biogás + biometano) para el periodo 2022 – 2028, según datos de la IEA. Durante ese tiempo, los países con los mayores aumentos previstos incluyen la Unión Europea, que lidera con un crecimiento proyectado de 737 PJ/a en 2022 a 927 PJ/a en 2028, seguida por Estados Unidos, China e India. Estas cifras reflejan una tendencia positiva y acelerada hacia la adopción de biogases como una fuente energética clave, reforzando su papel estratégico en la transición energética global y en la búsqueda de sistemas más sostenibles.

Figura 3-6. Proyección de potencial producción de biogás y biometano a nivel mundial, PJ/a

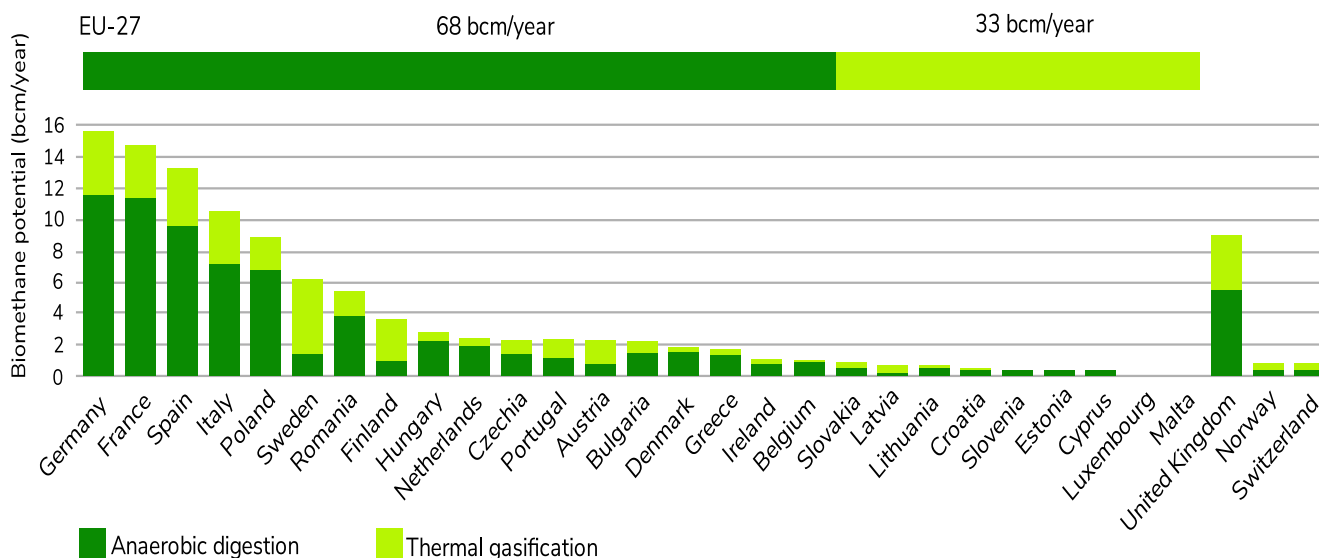


Fuente: Elaboración UPME con información de [8]

Resulta llamativo el pronóstico para el “resto del mundo”, en el cual se evidencia una producción de biogases (biogás y biometano) sin variaciones entre 2022 y 2028. Este estancamiento no contrasta con casos destacados como el de Brasil, que en 2020 alcanzó una producción de 1,83 billones de m³ por año (equivalente a aproximadamente 38,4 PJ/a) [9], y cuya proyección para 2023 estimó un potencial teórico en el corto plazo de 10,8 billones de m³ por año (cerca de 226,8 PJ/a) [10]. Estas cifras evidencian un considerable potencial de crecimiento en mercados emergentes que no se refleja en las proyecciones globales.

En el contexto internacional, se estima que, para 2040, Europa podría alcanzar una producción de 111 bcm (miles de millones de m³) de biometano, de los cuales 101 bcm corresponderían a la Unión Europea (UE-27) [11].

Figura 3-7. Expectativas de producción de biogases (biogás y biometano) en la Unión Europea

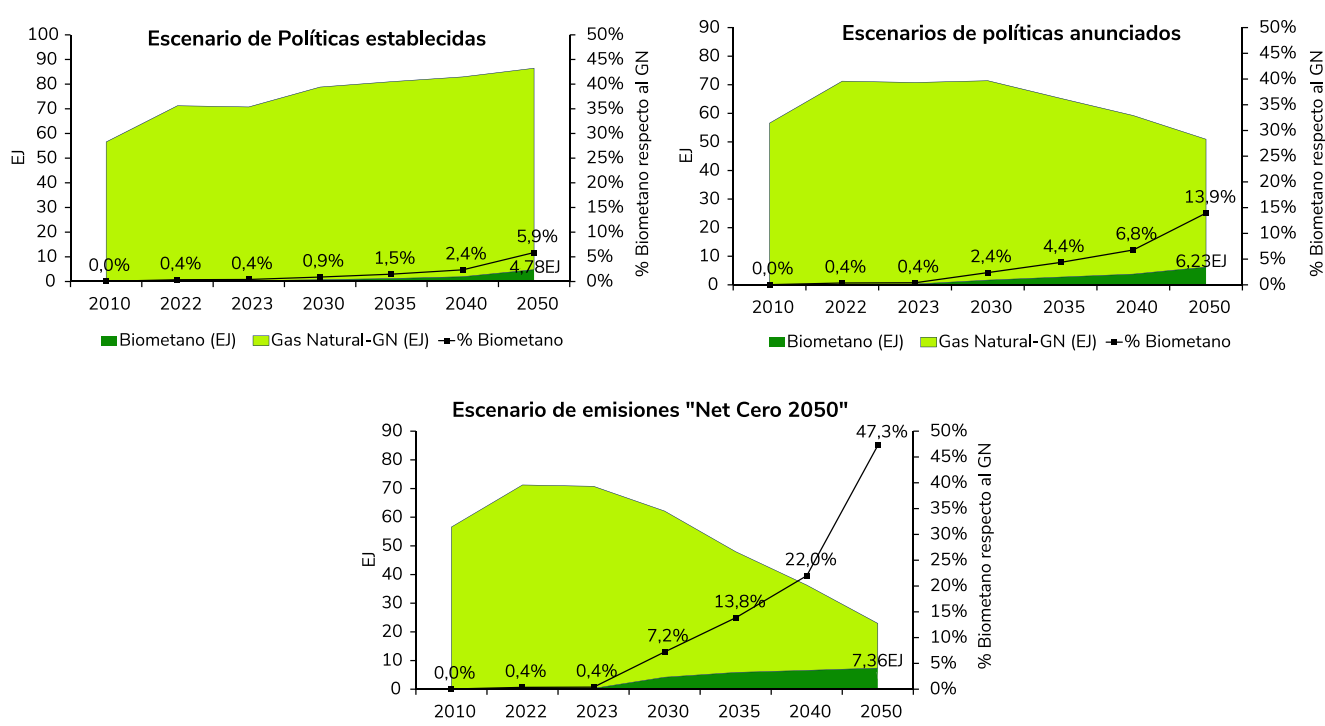


Fuente: Tomado de [11]

La Figura 3-7. Expectativas de producción de biogases (biogás y biometano) en la Unión Europea destaca el potencial de producción de biogases en la Unión Europea, estimado en 68 bcm (aproximadamente seis veces la producción de gas natural de Colombia en 2023) a través de la ruta de digestión anaeróbica y 33 bcm (equivalente a tres veces la producción de Colombia en 2023) mediante gasificación termoquímica. Estos volúmenes representan, respectivamente, 2.576 TBTU/a (2.720 PJ) y 1.250 TBTU/a (1.320 PJ). Este potencial subraya el papel crucial que pueden desempeñar estas tecnologías en la transición hacia un sistema energético sostenible, mitigando los impactos ambientales del uso de combustibles fósiles [12].

Por otro lado, la IEA proyecta para 2024 la producción de biometano bajo tres escenarios: políticas establecidas, políticas anunciadas y emisiones netas cero al 2050 [13]. La Figura 3-8. Escenarios de producción de biometano a nivel global. muestra una comparación entre estas proyecciones y la demanda proyectada de gas natural, destacando además la proporción de biometano respecto al gas fósil en cada escenario. Este análisis proporciona una visión clara de cómo el biometano puede contribuir a la reducción de la dependencia de combustibles fósiles y al cumplimiento de los objetivos climáticos.

Figura 3-8. Escenarios de producción de biometano a nivel global



Fuente: Elaboración UPME con información de [13]

La Figura 3-8. Escenarios de producción de biometano a nivel global. también presenta los escenarios de producción global de biometano proyectados por la IEA hasta 2050. En todos los escenarios (políticas establecidas, anunciadas y de emisiones netas cero) se observa un crecimiento progresivo moderado, lo cual es un indicador positivo para alcanzar los objetivos de transición energética sostenible. Este crecimiento está directamente vinculado a la producción de biogás y depende significativamente de las políticas que se implementen para aprovechar el potencial de las biomásas, residuos y subproductos.

3.2 Contexto Nacional

Colombia cuenta con un amplio historial de propuestas y estudios relacionados con la bioenergía, las biomásas y los bioenergéticos, los cuales constituyen una base fundamental para el desarrollo de po-

líticas públicas. Entre 2009 y 2024 se han revisado y analizado detalladamente documentos específicos, que proporciona referentes históricos claves para la formulación de los Planes de Bioenergía liderados por la UPME en articulación con el Ministerio de Minas y Energía.

En este contexto, se identificaron diversos estudios relacionados con las biomasas, la bioenergía y los bioenergéticos, los cuales se encuentran detallados en la Tabla 1 del ANEXO 1. Estos trabajos abordan temáticas esenciales como: i) potenciales de biomasa y energéticos; ii) normatividad y regulación; iii) planeación energética; iv) escenarios de proyección energética; v) variables técnicas económicas, sociales, ambientales, cambio climático; vi) sostenibilidad de los bioenergéticos; vii) relacionamiento institucional y gobernanza, entre otros.

Estos estudios representan insumo valioso para el desarrollo del PIBE Pacífico, proporcionando referencias históricas y técnicas para orientar las estrategias del programa. Sin embargo, dado el nivel actual de desarrollo de la bioenergía en el país, es imprescindible fortalecer ciertos aspectos. Esto incluye la gestión de biomasas, residuos, subproductos y los bioenergéticos bajo criterios de sostenibilidad, con el objetivo de lograr un aporte más disruptivo y significativo tanto para el país como para los territorios, promoviendo así un impacto positivo a largo plazo en el marco de la transición energética. A continuación, se presenta el desarrollo en materia de política energética, desarrollo normativo y señales de planeación que impactan directamente el desarrollo de la bioenergía.

3.2.1 Política energética

Colombia en el marco del acuerdo de París asumió el compromiso de reducir los Gases de Efecto Invernadero – GEI al 51% para el año 2030, lograr “carbono neutralidad” a 2050, entre otros, pero con la base de una consolidación de los esfuerzos desde los territorios.

Así mismo, tiene un compromiso global en cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible que, para efectos de este análisis, se hace mayor énfasis en el objetivo No. 7, en tanto la energía accesible y no contaminante aporta a la calidad de vida de las comunidades. El desarrollo de la bioenergía (calor, electricidad, uso mecánico o materia prima para la industria química a partir de biomasas) le aporta, principalmente, a este objetivo por su capacidad de generar calor y electricidad limpios y el aprovechamiento de los residuos derivados de las actividades agrícolas, pecuarias, urbanas e industriales, creando, adicionalmente, una economía circular de aprovechamiento de los residuos para la generación de energías de menor impacto ambiental respecto de las de origen fósil [14].

Sin embargo, su impacto no limita a ese objetivo, si no que por sus características claramente se relacionan con los ODS 1 Fin de la pobreza; ODS 4 Educación y calidad; ODS 5 Igualdad de género; ODS 10 Reducción de la desigualdad; ODS 11 Ciudades y comunidades sostenibles, objetivos que se ven potenciados al articularse con otras políticas sectoriales de protección social incluyentes, promoviendo la responsabilidad compartida en el hogar y la familia. Así mismo, puede tener un impacto ambiental positivo generado a partir de la producción de bioenergéticos por lo que adicionalmente aúna esfuerzos para el fortalecimiento de los ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento, ODS 14: Vida Submarina y ODS: 15 Vida de Ecosistemas Terrestres [25]. Adicionalmente, tiene impacto en el ODS 13: Acción por el clima y en el ODS 9 Industria Innovación e Infraestructura: ODS 8 Trabajo decente y crecimiento económico).

Para lo anterior y con el propósito de dar cumplimiento a la meta propuesta, el Plan nacional de Desarrollo 2022-2026, ha establecido un enfoque integral para impulsar la transición energética, en el que las fuentes no convencionales de energías renovables (FNCER) como la bioenergía, el biogás y la biomasa juegan un papel estratégico. En este marco, el PND promueve el desarrollo de plantas de generación de energía renovable mediante un marco regulatorio específico, y la creación de incentivos para la democratización de la generación de energía, aprovechando la valorización energética de residuos sólidos, y la transformación

de lixiviados de rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de aguas residuales. Estos esfuerzos apuntan a reducir la dependencia de los combustibles fósiles y a contribuir a los objetivos de descarbonización del país [15].

En línea con el PND, el Plan Plurianual de Inversiones (PPI) 2023-2026 establece incentivos para el desarrollo de proyectos relacionados con la bioenergía, en especial en regiones con alto potencial, tales como Caquetá, Nariño, Valle del Cauca, Chocó, Meta, Cauca, Sucre, Bolívar y Casanare.

En consecuencia, Colombia tiene como prioridad la Política la Transición Energética Justa-TEJ, buscando así una transformación social, ecológica, económica y tecnológica que implica el tránsito de sistemas energéticos basados predominantemente en combustibles fósiles hacia aquellos con un mayor protagonismo de las energías renovables, con el objetivo de aprovechar las oportunidades en las energías solar, eólica y biomasa del país. Para ello, es esencial la construcción de caminos prospectivos que incorporen las distintas apuestas de Transición Energética Justa que ha planteado el Gobierno Nacional.

A continuación, se presentan algunas recomendaciones de la TEJ relacionadas con usos de la bioenergía:

- La bioenergía, a través del aprovechamiento de la biomasa y biogás para la producción de energía eléctrica, crecería, apalancándose en un uso efectivo a los residuos agrícolas, pecuarios, urbanos e industriales, así como en procesos asociativos a nivel territorial hasta alcanzar cerca de 3,2 GW.
- Se prioriza la sustitución de combustibles fósiles por bioenergía, biogás y SAF como clave en la descarbonización.
- Uso del biogás y bioenergía para eliminar carbón en procesos de calor para 2040. Para 2050, se espera que la bioenergía alcance una participación del 23%, acompañada por el biogás y el hidrógeno verde; iv) La bioenergía tiene un rol crucial en ZNI, sustituyendo leña por biogás y biomasa moderna. La electrificación del sector residencial será prioritaria, reduciendo progresivamente el consumo de gas natural y leña [16].

Se estima que los valores máximos de capacidad instalada para el biogás son de 4.200 MW, y para la biomasa de 3.000 MW [17]. En donde, el escenario TEJ muestra que la bioenergía, a través del aprovechamiento de la biomasa y biogás para la producción de energía eléctrica, crecería, apalancándose en un uso efectivo a los residuos agrícolas, pecuarios, urbanos e industriales, así como en procesos asociativos a nivel territorial. Este energético puede aportar firmeza y flexibilidad a la red, a la vez que ofrece una oportunidad para que las comunidades energéticas, organizadas en torno al acopio, aprovechamiento y revaloración de los residuos de distintos orígenes, puedan hacer parte de esta nueva actividad económica.

Dada la relevancia de la bioenergía para la transición energética, la UPME ha avanzado en estudios de diagnóstico y análisis de prospectiva de bioenergéticos en los diferentes planes institucionales. En la siguiente sección se presentan las principales conclusiones y/o recomendaciones de cada uno de los planes.

3.2.2 Planes UPME

De acuerdo a lo definido en el Decreto 2121 de 2023, la UPME tiene por objeto “planear en forma integral, indicativa, permanente y coordinada con los agentes del sector minero energético, el desarrollo y aprovechamiento de los recursos mineros y energéticos; producir y divulgar la información requerida para la formulación de política y toma de decisiones (...)”, como resultado de lo anterior, la entidad realiza la publicación de documentos sectoriales que contienen señales de planeación que permiten la toma de decisiones. Entre los documentos que tienen relación directa con la bioenergía se encuentra, el Plan Energético Nacional (PEN) [18] que es un documento de prospectiva energética que plantea escenarios indicativos de largo

plazo para la consecución de los objetivos de política pública, en su versión PEN 2022-2052, en los escenarios presentados se realizan recomendaciones habilitantes y supuestos relacionados con la bioenergía, en donde se plantea de manera general la sustitución del carbón por la biomasa en diferentes porcentajes.

Ahora bien, en términos de eficiencia energética, la entidad pone a disposición de los interesados el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROURE) [19], por medio del cual se establece un lineamiento de política pública para promover el mejor uso de los recursos energéticos, desde su producción hasta su consumo en los diferentes sectores y actividades de la economía. Entre las acciones y medidas analizadas en su versión más reciente, se evidencia que existe potencial en los sectores residencial, sustituyendo la leña en actividades como la cocción y en el sector industrial con la implementación de buenas prácticas de operación, lo que permitirá impulsar el uso de bioenergéticos.

Por otro lado, en planes como el Plan Indicativo de Abastecimiento de Combustibles Líquidos PIACL, se evidencia potenciales en términos de biocombustibles debido a la oferta de alcohol carburante en departamentos como el Valle del Cauca y el Cauca, esto como consecuencia de los cultivos de caña de azúcar; sin embargo, la estacionalidad de este tipo de cultivos, supone un reto analizar; en el Plan de Abastecimiento de Gas Natural-PAGN, los escenarios de oferta incluyen de manera indirecta las cantidades de biometano que se están generando en la Planta San Fernando en Medellín y que se está entregando a la red de gas residencial [20].

Finalmente, el Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica – PIEC establece el aprovechamiento de la biomasa disponible, así como desarrollar mecanismos de planeación que permitan la continuidad de los proyectos en torno a la bioenergía buscando el fortalecimiento de tres dimensiones del desarrollo sostenible y, por último establece la biomasa como posible alternativa de suministro de energía eléctrica en zonas aisladas y el Plan Nacional de Sustitución de Leña – PNSL, permite evidenciar el potencial para el biogás en los departamentos con alto contenido de biomasa residual y, adicionalmente, con el establecimiento de iniciativas o proyectos impulsados por empresas consolidadas en las actividades agrícolas.

De lo anterior, se pueden evidenciar señales que la UPME a través de sus planes sectoriales, ha dado de forma clara para incentivar el desarrollo de las actividades que propendan por una efectiva inclusión de los biocombustibles.

3.2.3 Normativa

En esta sección se realiza la recopilación de todo el marco normativo que a la fecha se encuentra vigente y que enmarca el desarrollo de la bioenergía en el país por medio de incentivos, habilitadores, requisitos de prestación del servicio, así mismo, permite evidenciar la necesidad de generar actualización regulatoria, con el objetivo de continuar establecido un marco normativo claro, que elimine las barreras y permita una participación adecuada de estos combustibles.

En el año 2014 se expide la Ley 1715 [21] por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales en el Sistema Energético Nacional y, de manera indirecta, incentiva el uso del biogás o del biometano para generación de energía eléctrica o acciones o medidas de gestión eficiente de la energía. Esta ley establece incentivos para: i) deducción de impuestos: 50% del total de la inversión realizada en un periodo de hasta 15 años; ii) exclusión del IVA: equipos y elementos para la construcción, instalación, montaje y operación de sistemas de control y monitoreo del medio ambiente; iii) exención en el gravamen arancelario; iv) depreciación acelerada.

Particularmente, el uso del biogás y/o biometano a partir de los residuos sólidos, es habilitado mediante el CONPES 3874 de 2016 [22] y busca prevenir la generación de residuos para minimizar que estos vayan a vertederos y disminuir, de esta manera, la generación de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Para el sector de gas combustible, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) expiden la Resolución CREG 240 de 2016 [23] por medio de la cual se plantea, de manera directa, la adopción de las normas aplicables al servicio público domiciliario de gas combustible con biogás y biometano; sin embargo, dadas las dinámicas del sector se identifica la necesidad de hacer ajustes a las disposiciones contenidas en la Resolución con el fin de potenciar la utilización de estos bioenergéticos y con ello, su producción.

Posteriormente, por medio de la Ley 2036 de 2020 [24], el Congreso de la República promueven la participación de las entidades territoriales en los proyectos de generación de energías alternativas renovables en donde también se incluyen proyectos de generación, distribución, comercialización y autogeneración a pequeña escala y generación distribuida con FNCER que incluyen biomasa.

El desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática se encuentra promovido por la Ley 2169 de 2021 [25], en donde también se incentiva el uso del biogás o biometano para generación eléctrica. Se podría aplicar estrategias sobre biogás o biometano para generación de electricidad tales como: i) Aprovechamiento de biogás en rellenos sanitarios; ii) Gestión del biogás mediante quema y/o aprovechamiento en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales; iii) Captura y uso de biogás derivado de la biomasa residual de los procesos agroindustriales; iv) Generación eléctrica y autogeneración a través de FNCER.

En el CONPES 4075 de 2022 [26] se reconoce desaprovechamiento de los recursos disponibles, como la biomasa residual o de origen agroindustrial, para esto, entre 2022 y 2023 el Ministerio de Minas y Energía: a) realizaría la identificación de las oportunidades del biogás; b) la identificación del biogás como alternativa de sustitución de leña y c) Avance a 2025 PNSL en el que se consideran escenarios de sustitución con biogás, esto se fortalece con la Resolución 40165 de 2024 [27] en donde se plantea la utilización del biogás y el biometano como alternativas para la sustitución del uso de la leña, además de que estos bioenergéticos deberán estar enmarcados como servicio público domiciliario, de conformidad a su reconocimiento y pago de acuerdo con lo señalado en el artículo 89.3 de la Ley 142 de 1994.

Asimismo, el CONPES 4129 de 2023, Política Nacional de Reindustrialización, establece acciones específicas bajo la responsabilidad del Ministerio de Minas y Energía, orientadas a promover el desarrollo sostenible y el aprovechamiento eficiente de recursos bioenergéticos. Entre estas acciones se destacan: i) Diseñar un programa en conjunto con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio para la creación y desarrollo de esquemas de valorización de residuos que permitan generar energía y otros subproductos de manera altamente eficiente, fomentando la economía circular y garantizando emisiones mínimas; y, ii) Elaborar una estrategia para incentivar el desarrollo y aprovechamiento por parte de la industria local de materias primas de origen orgánico y biomasa residual, con una proyección hacia el abastecimiento de mercados tanto nacionales como internacionales. Estas iniciativas refuerzan el compromiso del país con la sostenibilidad, al integrar políticas que vinculan la bioenergía con la economía circular, la valorización de residuos y el fortalecimiento de la industria local, alineándose con los objetivos de transición energética y desarrollo económico sostenible [28].

3.3 Contexto Región del Pacífico

Se presentan a continuación los aspectos más importantes de los 4 departamentos de la Región del Pacífico, que en sus contenidos tienen transversalidad y elementos comunes con los propósitos del PIBE Pacífico, así como, el potencial en materia de biomasa.

3.3.1 Cauca

Desde el punto de vista energético, el Plan de Desarrollo indica que el departamento tiene un alto potencial para la explotación de fuentes de energías alternativas de diferentes tipos, como la solar, eólica, biomasa, mareomotriz y geotérmica.

Por otro lado, el potencial bioenergético del Cauca, estimado en el Plan de Energización Rural Sostenible - PERS [29] a partir de residuos agropecuarios fue:

- Agrícola: 234.297 TJ/año de caña de azúcar, 5.043,58 TJ/año de caña de panela y 3.123,23 TJ/año de café. Los residuos de otros cultivos como plátano, maíz y arroz suman un total de 5.497,61 TJ/año.
- Pecuario: Los sectores avícola y bovino representan la mayor fuente de energía pecuaria, con 108.987 TJ/año y 95.922 TJ/año respectivamente.

El departamento del Cauca tiene un alto potencial para generar energía renovable a partir de biomasa, particularmente en las subregiones Norte y Centro, donde se concentran los cultivos de caña y las actividades pecuarias.

3.3.2 Chocó

El departamento, por su ubicación geográfica, posee potencial de fuentes de energía renovables que han sido poco estudiadas como la energía solar, el recurso hídrico, las mareas, el viento, la geotermia y la biomasa, las cuales hacen del Chocó un departamento estratégico para el aprovechamiento de estos recursos naturales.

El potencial energético de departamento, a partir de la biomasa agrícola y forestal, es prometedor. La diversificación de fuentes de biomasa, como el arroz, el maíz, la caña panelera, la yuca (17,58 MWh/a en 2014) y los residuos forestales (9,7171E9 MWh/a en 2014), ofrece una oportunidad única para generar energía renovable y promover el desarrollo sostenible [30].

El programa Planificación minero-ambiental de la región plantea realizar acciones para lograr la Planificación Energética Renovable del departamento con la implementación de programas de investigación, capacitación, asistencia técnica y tecnológica, así como la gestión de estímulos a la economía circular y la diversificación productiva de las zonas mineras.

3.3.3 Nariño

El Plan de Desarrollo Departamental 2024 – 2027 [31], plantea el desarrollo de nuevas fuentes de generación de energía como la solar, eólica, biomasa y geotermia, entre otras, con el fin de dar acceso a la energía

en las Zonas No Interconectadas (ZNI), así mismo, impulsar el desarrollo de las comunidades. Por otro lado, establece la necesidad de impulsar el desarrollo de investigaciones que permitan estimar el potencial real de energía eólica, solar, geotérmica, biomasa, entre otros y desarrollar proyectos de generación limpia.

El estudio del potencial de biomasa en Nariño estimado en 2014 demostró que la región tiene la capacidad de convertirse en un líder en la producción de energía renovable en Colombia. El aprovechamiento de los residuos agropecuarios para generar biogás, bioetanol, biodiésel y bioabonos ofrece una vía viable hacia un futuro más sostenible y resiliente, con importantes beneficios económicos, sociales y ambiental [32].

3.3.4 Valle del Cauca

El Plan de Desarrollo del Departamento del Valle del Cauca 2024-2027 [33] se encuentra estructurado por los siguientes acápite: i) estratégico; ii) plan plurianual de inversiones; iii) capítulos especiales; iv) disposiciones especiales. El plan incluye un subprograma Ruta de Descarbonización, en el que establece un camino con el cual impactar en el desarrollo del departamento sin perder de vista la sostenibilidad y la reducción de los efectos negativos del cambio climático. Se centra principalmente, en la expansión de las redes de interconexión al sistema nacional o mediante la implementación de energía solar con soluciones asiladas e independientes a la interconexión con otras fuentes amigables con el medio ambiente.

Sin embargo, para materializar el potencial evidenciado en los diferentes departamentos, se requieren inversiones en infraestructura y tecnología que permitan la recolección, transporte y procesamiento de los residuos. También es necesario establecer políticas gubernamentales que incentiven el uso de energía limpia y favorezcan la inversión en proyectos de biomasa. La colaboración entre el sector público y privado, junto con el apoyo de las comunidades locales, será esencial para maximizar los beneficios de la biomasa.

4. CARACTERIZACIÓN DE INFORMACIÓN

A continuación, se presentan los resultados de la línea base de las materias primas potenciales para la producción de bioenergéticos en la Región del Pacífico obtenidos a partir de la producción de cultivos agrícolas (tales como arroz, banano, maíz, café, palma, plátano, caña de azúcar y caña panelera), producción pecuaria (avícola, porcina, bovina, equina, caprina, ovina y bufalina), residuos urbanos (plantas de tratamiento de aguas residuales y rellenos sanitarios) y otros residuos industriales (cervecería, lácteos y pesqueros). En etapas posteriores de PIBE Pacífico, se analizarán otras biomásas y bioenergéticos existentes y potenciales de la Región del Pacífico.

4.1 Oferta de bioenergía y biomásas

La UPME visualiza la bioenergía derivada de biomásas, residuos, y subproductos como una fuente estratégica para impulsar el desarrollo regional y nacional. En el marco del PIBE Pacífico, se promoverá un aprovechamiento progresivo y sistemático de los bioenergéticos actuales y potenciales, construido desde las particularidades del territorio. Este enfoque busca potenciar el desarrollo de las cadenas de valor bioenergéticas y contribuir al cumplimiento de las metas nacionales de carbono neutralidad y resiliencia climática en el corto, mediano y largo plazo.

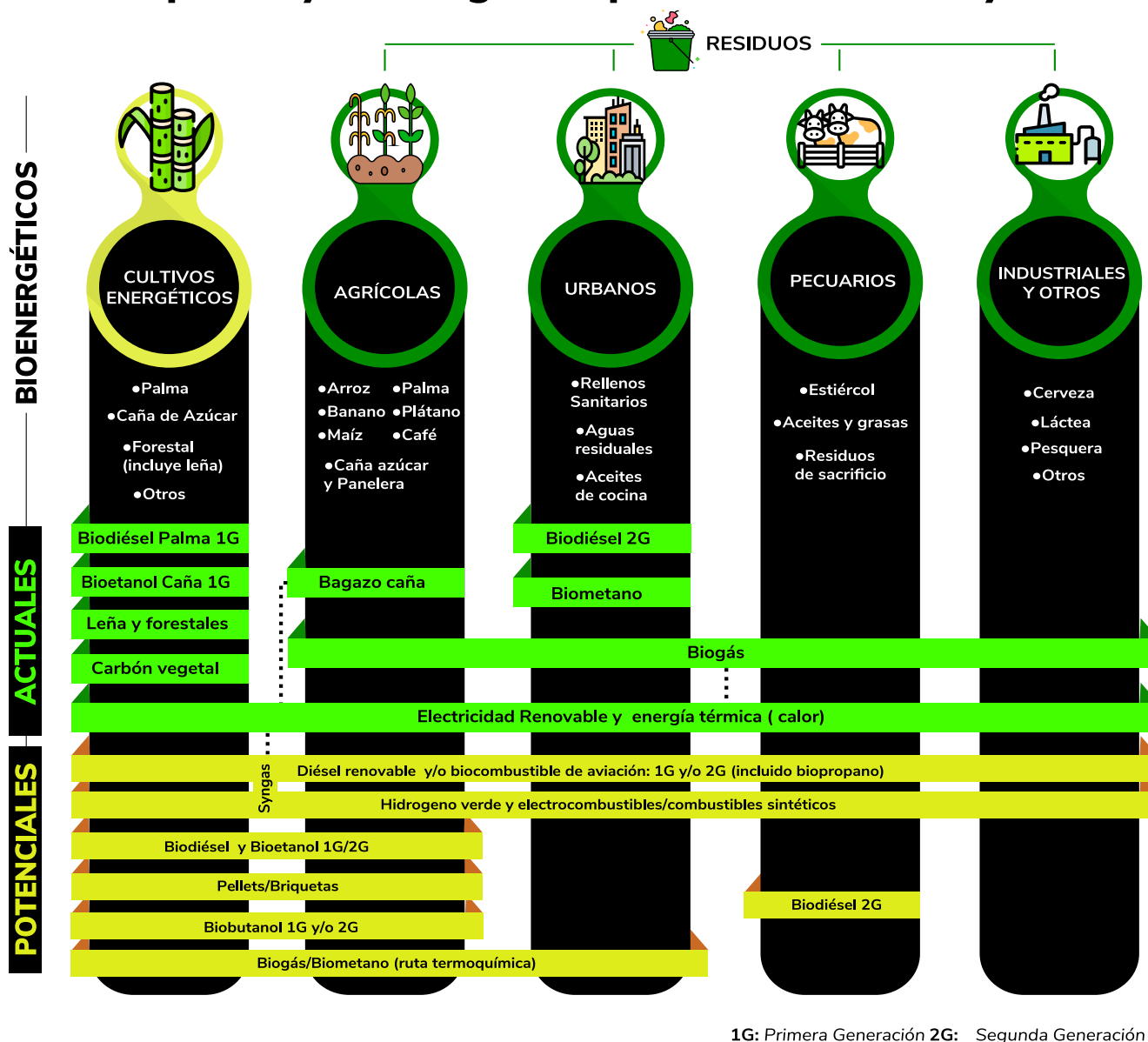
En este contexto, las biomásas han sido clasificadas en dos categorías principales, como se detalla en la Figura 4-1. Esquema general de biomásas y bioenergéticos:

- Cultivos energéticos, que incluyen palma, caña de azúcar, cultivos forestales y otros potenciales
- Residuos agrícolas, urbanos, pecuarios e industriales

Así mismo, se distingue entre los bioenergéticos actuales y los potenciales, considerados estratégicos para las regiones. Estos bioenergéticos son utilizados como fuentes para la generación de energía eléctrica, calor y combustibles para el transporte, posicionándolos como elementos esenciales para diversificar la matriz energética y fortalecer la sostenibilidad territorial en el Pacífico colombiano.

Figura 4-1. Esquema general de biomásas y bioenergéticos

Materias primas y bioenergéticos para PIBEs Nacional y Pacífico



Fuente: Elaboración UPME

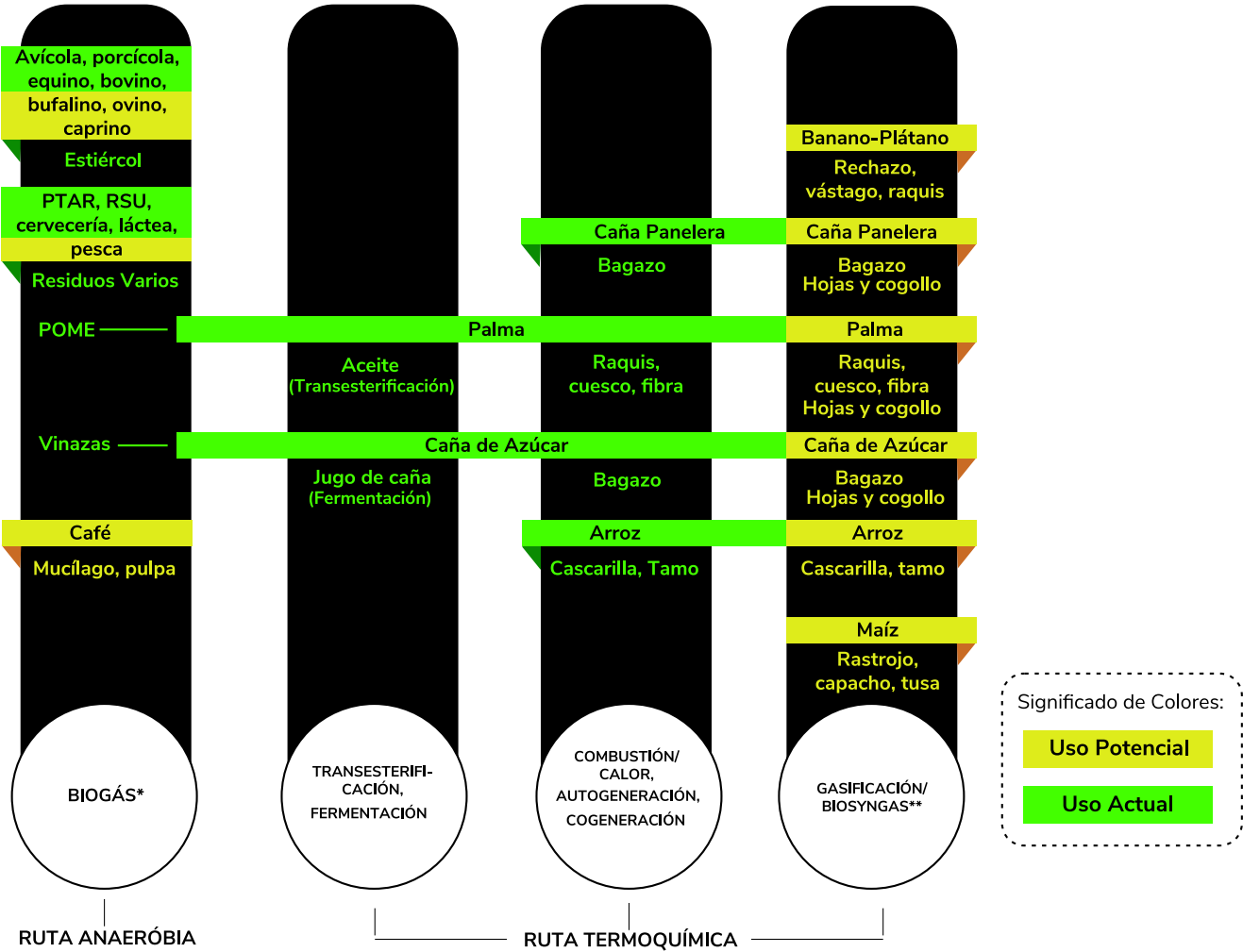
Es importante señalar que los biocombustibles (biodiésel y bioetanol) tienen un papel significativo para la demanda de combustibles líquidos del país. Actualmente, todos los vehículos con motores diésel y gasolina operan con mezclas de combustibles que incluyen un 10% de biodiésel o bioetanol, obtenidos principalmente de cultivos como la palma y la caña de azúcar respectivamente. Estos bioenergéticos comercializados en el país, cumplen con importantes indicadores de sostenibilidad ambiental, económico y social [34] y, además, han mostrado beneficios como la autosuficiencia energética, la mejora ambiental y el desarrollo rural, respaldados por la Ley 693 de 2001 y el CONPES 3510 de 2008.

Otros usos destacados de la bioenergía en el país incluyen la generación de electricidad y calor; y la producción de biometano a partir de residuos como los de la caña, palma, y pecuarios, así como de plantas de tratamiento de aguas residuales y rellenos sanitarios.

En la Región del Pacífico, además del uso del biodiésel y el bioetanol, también se genera bioenergía pro-

cedente de fuentes como el bagazo de caña de azúcar y panelera, residuos de las industrias láctea y cervecera, las aguas residuales de plantas de beneficio de aceite de palma (POME por sus siglas en inglés) e instalaciones como los rellenos sanitarios como El Guabal y Presidente y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Cañaveralejo. En la Figura 4-2. Aplicaciones, procesos y bioenergéticos actuales y potenciales en PIBE Pacífico, se presenta de manera diferencial los procesos y materias primas de acuerdo a sus componentes de base anaerobia o base termoquímica; en el primer caso se produce básicamente biogás y en el segundo caso se pueden tener procesos de: i) combustión, para generación de calor; ii) autogeneración y cogeneración, para generar electricidad y calor; iii) fermentación, para producir etanol; iv) Transesterificación, para producir biodiésel; v) hidrotatamiento, para producir combustibles sintéticos como el diésel renovable y los biocombustibles de aviación y v) gasificación, para producir biosyngas y a partir de este otros tipos de combustibles (incluido los biocombustibles de aviación). Lo anterior con el fin de tener claridad de los procesos y bioenergéticos actuales y potenciales tratados en el PIBE Pacífico.

Figura 4-2. Aplicaciones, procesos y bioenergéticos actuales y potenciales en PIBE Pacífico



Fuente: Elaboración UPME

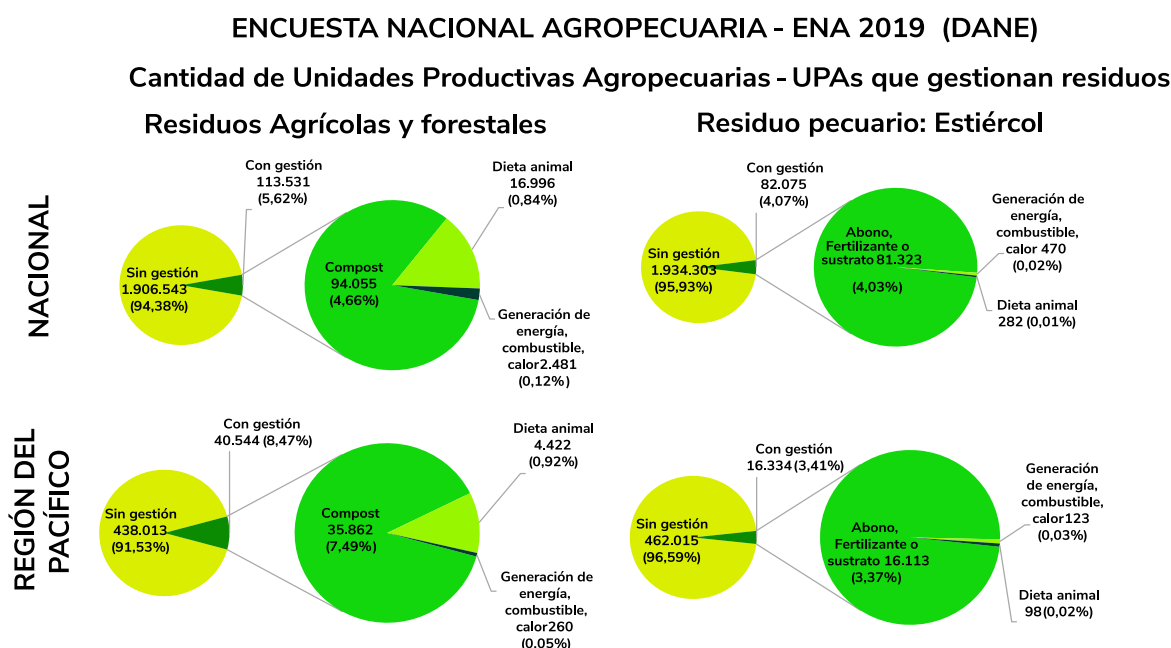
*El biogás producido puede ser empleado como bioenergético ACTUAL para: i) directamente por combustión para generar electricidad, calor; ii) indirectamente como intermedio para producir biometano. El biogás tiene otras potenciales aplicaciones por ejemplo para producir hidrogeno.

**El Biosyngas producido (mezcla mayoritaria de CO+H₂) puede ser empleado como bioenergético POTENCIAL para: i) directamente por combustión para generar electricidad, calor ii) indirectamente como intermedio para producir biometano (también conocido como gas natural sintético), biocombustibles de aviación, otros hidrocarburos.

4.2 Gestión de residuos/biomasas/subproductos a nivel nacional y regional

De acuerdo con la información de la Encuesta Nacional Agropecuaria 2019 del DANE [2], el número de Unidades Productoras Agropecuarias (UPAs) que hacen la gestión de residuos agrícolas, forestales y pecuarios en general en el país es muy bajo (Figura 4-3. Cantidad de UPAs que tienen gestión de residuos agrícolas, forestales y pecuarios a nivel nacional y de la Región del Pacífico), ya que más del 94% de estas UPAs a nivel nacional y más del 91% a nivel de Región Pacífico no hacen gestión de residuos.

Figura 4-3. Cantidad de UPAs que tienen gestión de residuos agrícolas, forestales y pecuarios a nivel nacional y de la Región del Pacífico



Fuente: Elaboración UPME con información de [2]

De manera específica, las UPAs de la Región del Pacífico que hacen gestión de residuos agrícolas y forestales para uso y aprovechamiento en generación de energía, combustibles y calor se encuentra alrededor de los 0,05% y en lo que respecta a los residuos pecuarios se encuentran 0,02 puntos porcentuales por debajo en comparación a los residuos mencionados anteriormente, esto sugiere un reto y una oportunidad muy importante para el país y los territorios enfocados en proyectar un mayor aprovechamiento de los residuos. En este sentido el PIBE Pacífico planteará acciones orientadas a incrementar el uso y aprovechamiento de tales residuos en aplicaciones bioenergéticas sin entrar en detrimento de los demás aprovechamientos tales como el compost y la dieta animal.

A continuación, se presentan los resultados de la línea base de las materias primas potenciales para la producción de bioenergéticos en la Región del Pacífico obtenidos a partir de la producción de cultivos agrícolas (tales como arroz, banano, maíz, café, palma, plátano, caña de azúcar y caña panelera), producción pecuaria (avícola, porcina, bovina, equina, caprina, ovina y bufalina), residuos urbanos (plantas de tratamiento de aguas residuales y rellenos sanitarios) y otros residuos industriales (cervecería, lácteos y pesqueros). Se deberá tener muy presente que la UPME ha definido que en etapas posteriores de PIBE Pacífico, se analizarán otras biomasas y bioenergéticos existentes y potenciales de la región Pacífica tales como: forestales, leña, otros cultivos (tales como y no limitados a coco, el cacao, sorgo/cebada y yuca), potenciales cultivos sin producción actual en el país (por ejemplo, jatropha, camelina), aceites usados de cocina y los biocombustibles biodiésel y bioetanol.

4.3 Metodología de cálculo

Para realizar un análisis de los potenciales bioenergéticos se hace necesario como primera medida calcular los potenciales teóricos de las biomásas, residuos o subproductos de las diferentes cadenas de valor de los cultivos energéticos, agrícolas, pecuarios, urbanos e industriales antes descritos.

Este potencial bioenergético teórico se define como el máximo contenido de energía que tiene en este caso una biomasa y es el punto de referencia más importante para cuantificar magnitudes de aprovechamiento energético. Para calcular el potencial bioenergético teórico típicamente se siguen metodologías de cálculo establecidas en la literatura científica y técnica que incluyen la cantidad de biomásas, factores de residuos, la humedad y los poderes caloríficos inferiores de las respectivas biomásas en base seca [35], [36], [37], [38], [39].

Por su parte el potencial técnico se define como la fracción del potencial energético teórico que bajo diferentes consideraciones o supuestos permite hacer una estimación cercana a la disponibilidad de energía real. El potencial técnico está determinado por: i) tipo de tecnología; ii) conversión y eficiencia logradas en los procesos; iii) otras restricciones y limitaciones, por ejemplo, ecológicas y de ley [37], [39].

4.3.1 Potenciales teóricos (desde las biomásas)

El potencial teórico se calcula a nivel subregional, con el objetivo de identificar potenciales focos de bioenergía a pequeña escala (soluciones individuales, soluciones comunitarias y comunidades energéticas) como también a mediana y gran escala de acuerdo con el tipo de residuo. Lo anterior permitirá la identificación de potenciales cantidades de biomásas bajo acciones estratégicas que incluyan:

- Potenciales proyectos de producción de bioenergéticos.
- Identificar variables de enfoque territorial específicas de las subregiones.
- Vincular actores sectoriales de las subregiones.
- Identificar otros potenciales usos no energéticos competitivos con la aplicación bioenergética.
- Identificar capacidades de acopio de biomásas en los territorios que sean viables y sostenibles.

Lo anterior permite identificar información necesaria por subregiones para determinar variables de necesidades de sitios de acopio de las biomásas, usos actuales de las biomásas, disponibilidad subregional de residuos, potenciales puntos de transformación de los residuos a bioenergéticos.

Para determinar los potenciales teóricos, se consultó la base de datos disponible de la Unidad de Planeación Agropecuaria-UPRA del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Sostenible y de manera específica la página AGRONET [40], en donde se encuentra información sobre la producción de cultivos agrícolas y pecuaria. A partir de los datos allí publicados sobre cultivos agrícolas y pecuarios se calcularon los respectivos potenciales teóricos para producir bioenergía.

De manera análoga la información sobre los residuos urbanos, para el caso de los rellenos sanitarios se consultó en el Sistema Único de Información-SUI y a partir de esta información se calcularon las cantidades totales de residuos sólidos dispuestos en cada municipio y departamento de la Región del Pacífico. Ahora bien, en lo que respecta a los valores de referencia de generación de biogás, se utilizaron los valores reportados por el estudio de la Universidad Nacional-TECSOL y para los residuos urbanos (Rellenos sanitarios

y plantas de tratamiento de aguas residuales), residuos industriales y pesqueros solo se analizó y se documentó para el año 2023, teniendo presente que para el caso de los residuos urbanos las infraestructuras no tienen un comportamiento de crecimiento anual que permita asociar crecimientos en la temporalidad definida para las biomásas agrícolas y pecuarias de 2018-2023; en el caso de los residuos de pesca artesanal e industrial, los datos consultados en el SEPEC indican información más completa para el año 2023. Para la industria cervecera y láctea se define solo incluir el año 2023.

- Una primera estimación de la cantidad potencial de biometano se calculó tomando como referencia un factor de generación de biogás reportado por el estudio de la Universidad Nacional-TECSOL en el que se indica un valor de 66 m³ de biogás por cada tonelada de residuo. Ahora bien, es importante tener presente que de acuerdo a la CRA¹, no es recomendable, en términos de eficiencia, la implementación de sistemas para la quema del metano en los rellenos sanitarios que reciben menos de 300 toneladas por su baja generación de biogás.
- Para calcular los potenciales bioenergéticos teóricos de las Plantas de Tratamiento de Aguas residuales, se consultó la información disponible en el SUI sobre los parámetros de DQO² y DBO³ antes y después de los tratamientos primarios y secundarios de las plantas de tratamiento y a partir de esta información y los factores de producción de biogás se calcularon respectivos valores teóricos para las PTAR más representativas de la Región del Pacífico.
- El cálculo de los residuos industriales de cervecería [41] y láctea [42] fueron consultados en las respectivas páginas de los sectores y a partir de esta información y los factores de residuos se calcularon los respectivos potenciales teóricos de biogás.
- Para el caso de los residuos de pesca artesanal se consultó información del Sistema del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano-SEPEC [43] y se estimó una generación de residuo entre el 40-50% en peso del total de pesca. A partir de esta información se aplicó un factor de residuo de 125 L de biogás/kg de residuo y de esta manera se estimó el potencial teórico de biogás a partir de los residuos de pesca.

Los resultados de las estimaciones de los potenciales bioenergéticos teóricos, con énfasis en el nivel subregional para cada departamento y para cada tipo de residuo agrícola y pecuario se presentan en el ANEXO 1 de este documento (ver figuras 2 hasta figura 18 de este ANEXO 1) los cuales están siendo considerados como la línea base histórica de producción bioenergética de biogás en dicha región. A continuación, se presenta de manera general las siguientes observaciones:

- Los potenciales bioenergéticos teóricos agrícolas que tuvieron de manera tendencial decrecimiento fueron: i) arroz, en Nariño; ii) Maíz, en los 4 departamentos; iii) Caña panelera, en Valle y Nariño (ver Tabla 3 del ANEXO 1.).
- Los potenciales bioenergéticos teóricos pecuarios que tuvieron de manera tendencial decrecimiento fueron: i) Avícola, en Cauca y Nariño; ii) Bovino, en Valle y Cauca; iii) Porcinos, en Chocó; iv) Ovino, en Chocó, Cauca y Nariño; v) Caprino, en Cauca; y vi) Equino, en Nariño (ver Tabla 4 del ANEXO 1).
- Los demás potenciales bioenergéticos analizados agrícolas y pecuarios tuvieron crecimiento.

Los resultados sobre los potenciales bioenergéticos que presentaron decrecimiento tendencial (de 2018 a 2023), sugieren una preocupación asociada al desarrollo agropecuario decreciente de los respectivos cultivos en los territorios, pero también es desfavorable para potenciales proyectos bioenergéticos con estas biomásas. Lo anterior ratifica la necesidad de articular y mejorar (entre el sector productivo, entidades de gobierno nacional y territorial y las comunidades) cada vez más, aquellos programas y estrategias de desarrollo y aprovechamiento de residuos o subproductos generados en las cadenas de valor de cultivos claves en el país.

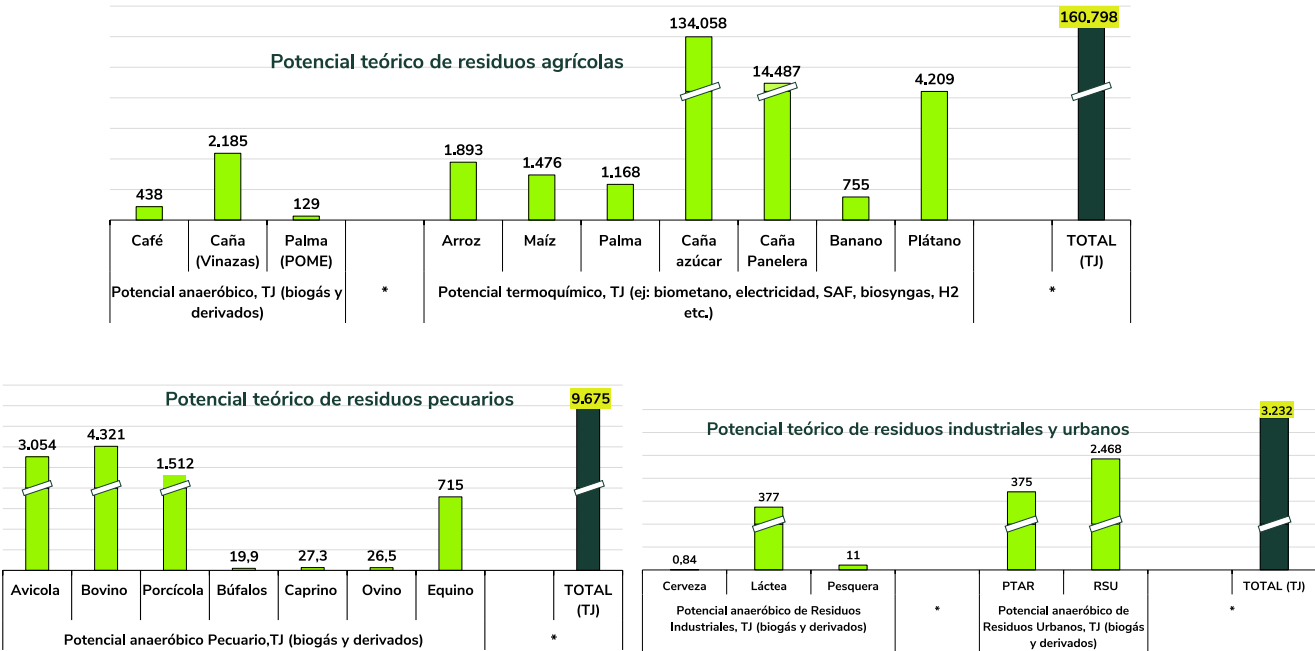
1 Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico

2 Demanda Química de Oxígeno

3 Demanda Biológica de Oxígeno

Sin embargo, es positivo en los demás casos en los que se notan crecimientos leves y moderados tendencias, lo cual es beneficioso para considerar escenarios prospectivos sobre el uso de bioenergéticos derivados de una mayor y progresiva disponibilidad de biomasas en los territorios. Se deberá tener presente que la información presentada en este ANEXO 1 es sobre los potenciales bioenergéticos teóricos para el año 2023. A continuación en la Figura 4-4. Potencial energético teórico de residuos, se presenta el potencial energético teórico agrícola, pecuario e industrial y urbano del 2023 compilado, lo cual es presentado de manera disgregada para cada biomasa, departamento y subregión en el ANEXO 1 en las figuras y tablas allí presentadas:

Figura 4-4. Potencial energético teórico de residuos



Fuente: Elaboración UPME con información de [40], [41], [42], [43], [44]

Los resultados mostraron en todos los casos potenciales bioenergéticos significativos para la región y para el país (ver Figura 4-4. Potencial energético teórico de residuos); estos resultados indican que en 2023 en términos potenciales el mayor aporte bioenergético se pudo haber dado a partir de las biomasas generadas en el sector agrícola, principalmente con un mayor aporte de la industria de la caña de azúcar y la caña panelera. Le siguen el sector pecuario con mayor aporte de la producción avícola, bovina, porcina y de manera llamativa la producción equina.

4.3.2 Potenciales técnicos (bioenergéticos)

El potencial técnico bioenergético en bioenergía está definido como una fracción del potencial teórico, en condiciones y limitaciones que estén vigentes de manera particular para cada bioenergético. Sobre este aspecto, el estudio de 2018 enfocado en la producción de biogás llevado a cabo por la Universidad Nacional de Colombia y la empresa TECSOL [38] definió el potencial factible (que corresponde al mismo potencial técnico) para el biogás, como el obtenido a partir de consideraciones de su aprovechamiento, tales como facilidad de recolección y transporte, densidad de la oferta, para finalmente incorporar externalidades de tipo ambiental, social y económico. Tomando como referencia este estudio, y en el marco del presente avance del PIBE Pacífico, se definieron las siguientes consideraciones (Tabla 4-1. Consideraciones definidas para incluir en el cálculo del potencial técnico de los bioenergéticos) para el cálculo del potencial técnico aplicado a cada sector para la producción del biogás:

Tabla 4-1. Consideraciones definidas para incluir en el cálculo del potencial técnico de los bioenergéticos

Sector *	Consideraciones
Pecuario	● Se aplica un factor de disponibilidad del 70% ● Avícola se descuentan las aves de traspatio por dispersión, se descuentan las gallinas ponedoras por oferta una vez al año de gallinaza toma el 81% de la oferta regional ● Porcícola: Se descuentan los animales de traspatio ● Ruta anaeróbica
Agrícola**	● Arroz, Palma (no se incluye hojas y cogollo 22%), caña azúcar y panelera (no se incluye hojas y cogollo 38% en azúcar y 21 % en panelera). Disponibilidad 70%, de la cual el 80% en autogeneración, cogeneración con eficiencia energética del 75%; el otro 20% uso potencial en gasificación/biosyngas***, con una eficiencia energética del 65%. Ruta termoquímica ● Maíz, banano, plátano: disponibilidad 70%, eficiencia del uso potencial en gasificación/syngas 65%. Ruta termoquímica ● Café disponibilidad 70% y el factor de conversión a biogás ya está incluido. Ruta anaeróbica
Urbanos	● Disponibilidad 70% ● Ruta anaeróbica
Industriales	● Lácteo: Se contabiliza grasas y lodos se descuentan Suero por uso como alimento de cerdos, 60% de la oferta regional ● Disponibilidad 70% ● Ruta anaeróbica
*De acuerdo con lo reportado en el estudio de la UNAL se define en todos los casos una producción de biogás con un contenido de 60% de metano y un poder calorífico de 214.89 kJ/Nm³. **Para el caso de la caña de azúcar se reportó en 2021 que la agroindustria de la caña produce entre 6 y 7 millones de toneladas de bagazo anualmente, volumen del cual 5-6 millones se destinan a la cogeneración de energía, y el resto es captado para la producción de papel y cartón [45], a 2023 se reporta una producción de bagazo de 7.5 millones de toneladas [40]. ***Para los procesos en los que solo se hace el proceso de gasificación para producir biosyngas se reportan conversiones de energía del orden de 59 a 65% para residuos de madera [46].	

El estudio de la UNAL-TECSOL, clasificó los distintos tipos de biomásas en: i) biomásas dispersas aquellas producto de la cosecha y que normalmente quedan abandonadas en el campo y para su aprovechamiento se debe desarrollar una logística de recolección costosa; ii) biomásas agrupadas corresponden a aquellas que se generan en procesos agroindustriales con un tamaño medio de generación como es el caso de la industria avícola y porcícola intensiva que se maneja en galpones, y iii) biomásas concentradas que corresponde a las generadas en procesos agroindustriales e industriales de gran escala como es el caso de la palma de aceite, la cervecera, RSU entre otros, en los cuales no hay necesidad de logística para su recolección pues se generan en un solo punto en cantidad suficiente para su valorización energética. Los tres tipos de biomásas se incluirán para el presente análisis del PIBE Pacífico teniendo presente potenciales soluciones que se puedan proyectar a pequeña escala (por ejemplo, familiar o comunitaria).

Respecto al potencial técnico de los procesos termoquímicos (cogeneración, autogeneración, gasificación) para generar electricidad, calor y biosyngas (ver Figura 4-2. Aplicaciones, procesos y bioenergéticos actuales y potenciales en PIBE Pacífico) se definieron las siguientes consideraciones: i) la eficiencia de los procesos está determinada principalmente por la tecnología incluyendo la escala y la materia prima; ii) las variaciones por el transporte no fueron consideradas. En tal sentido el presente análisis define un valor de eficiencia del 35% para los procesos termoquímicos en los que se genera electricidad y de 70% de eficiencia total, entendido estos como porcentajes técnicos conservadores. Lo anterior basado en reportes de literatura científica y técnica que indican valores de eficiencias de generación de energía (tecnologías típicas) a partir de biomasa como se presenta en la Tabla 4-2. Eficiencias de los procesos de generación de energía.

Para las anteriores eficiencias (35% y 70%), no se incluyó promediar el rango de eficiencia la tecnología de generación con los motores Stirling, teniendo presente que su uso no es común en el país; sin embargo, para aplicaciones particulares de esta tecnología en algún territorio será válido su utilización, pero se deberá tener en cuenta que efectivamente tendrá eficiencias menores [47].

Tabla 4-2. Eficiencias de los procesos de generación de energía

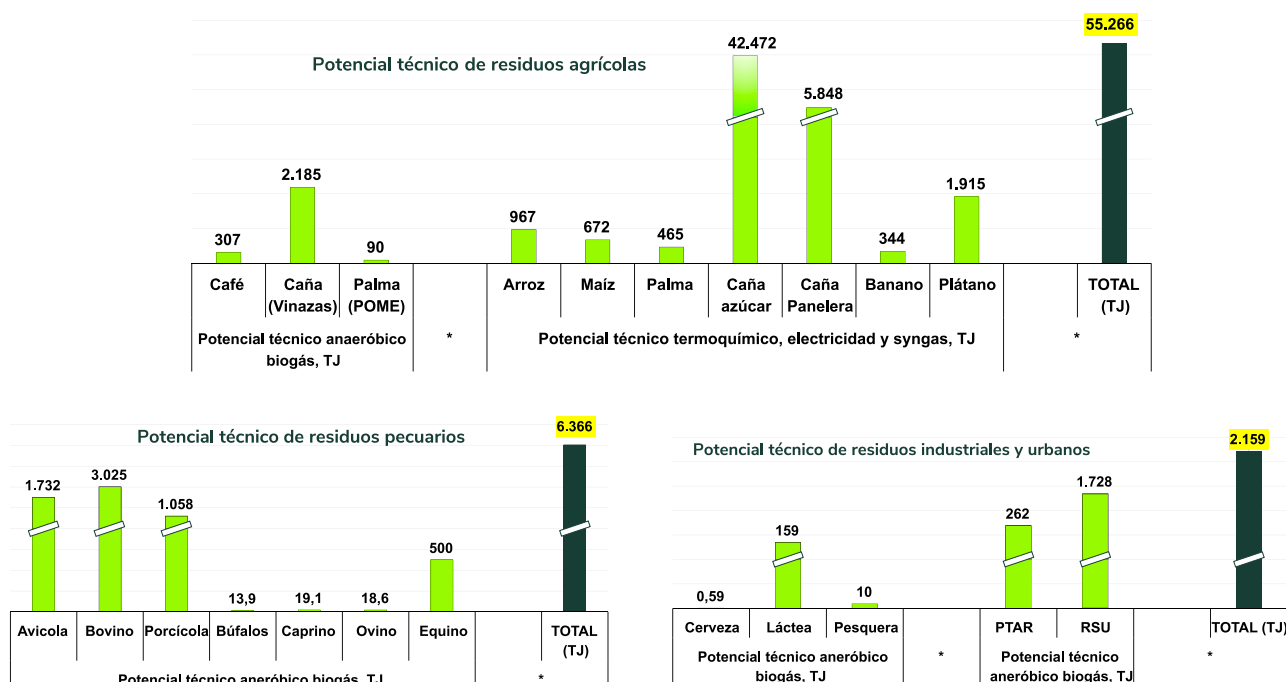
Tecnologías	Eficiencia eléctrica % (LHV)	Tamaño (MWe)
Cogeneración*	35-40	10-50
Ciclos de vapor dedicados	30-35	5-25
Ciclo Combinado de Gasificación Integrado	30-40	10-30
Gasificación + motor	25-30	0,2-1
Motor Stirling	11-20	<0,1
*Tanto los procesos que incluyen biomasa (o biogás) para producir calor y electricidad en ciclo combinado alcanzan 40 a 80% de eficiencia total [48]		

Para los casos en los que se considere el proceso de gasificación para producir biosyngas se tomará como punto de partida para el presente análisis en el PIBE Pacífico: i) una conversión de energía del 62% de los potenciales energéticos teóricos de las biomasa tomando como referencia los reportado en la Tabla 4-2. Eficiencias de los procesos de generación de energía[46]; ii) rendimiento de biosyngas de 2,4 Nm³/kg de biomasa; iii) poder calorífico de 5,2 MJ/m³.

4.3.2.1 Resultados de potenciales técnicos:

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones para los procesos de base anaerobia y termoquímica se calcularon solo para el año 2023 los respectivos potenciales técnicos de todos los residuos considerados en el presente reporte. Se presentan en la Figura 4-5. Potencial energético técnico de residuos de manera general los resultados de los potenciales técnicos de los respectivos bioenergéticos considerados.

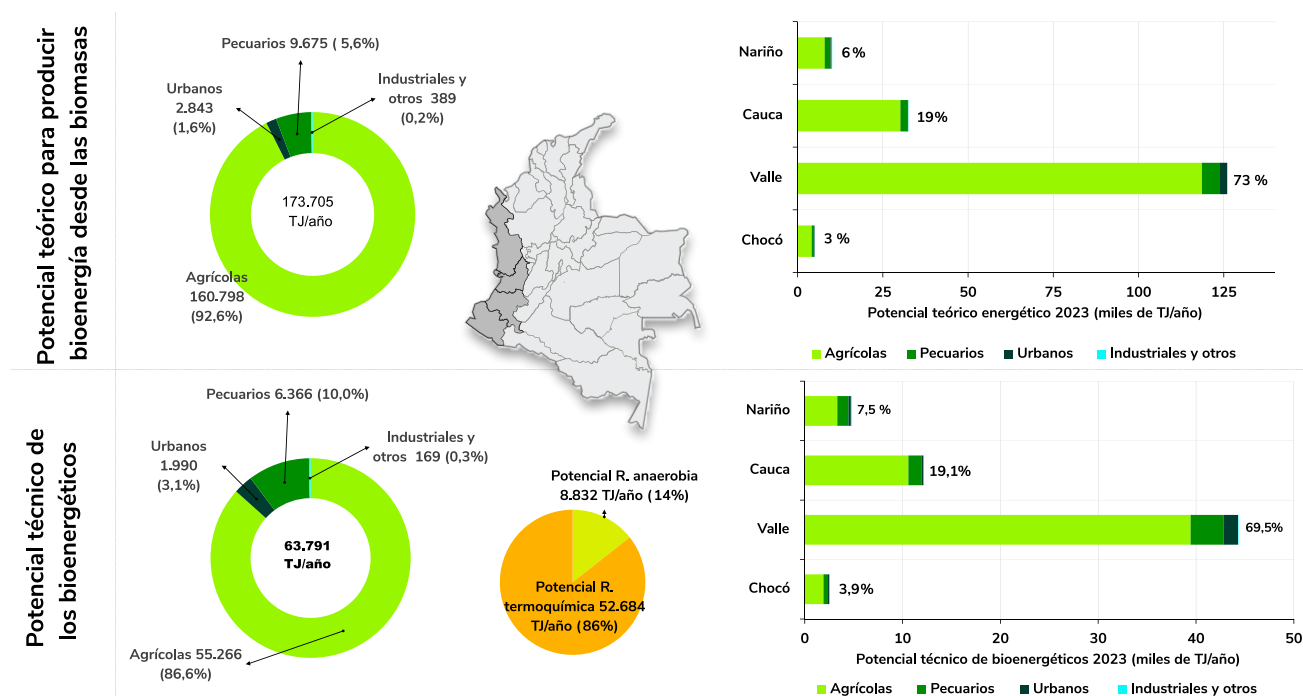
Figura 4-5. Potencial energético técnico de residuos



Fuente: Elaboración UPME con información de [40], [41], [42], [43], [44]

Los resultados indicaron que el potencial teórico total (todas las biomásas) en la región del Pacífico para el año 2023 representaron un valor de 173.705 TJ/año, mientras que el respectivo potencial técnico pudo representar un valor de 63.791 TJ/año, lo cual constituye una reducción general del 36% respecto al potencial teórico calculado; lo anterior se puede ver con más detalle en la Figura 4-6. Potencial teórico estimado vs potencial técnico estimados para el año 2023.

Figura 4-6. Potencial teórico estimado vs potencial técnico estimados para el año 2023



Fuente: Elaboración UPME

En 2023, predominantemente la Región del Pacífico colombiano pudo alcanzar un mayor potencial técnico bioenergético en las cadenas de valor agrícolas (hasta 86,6%) como se presenta en la Figura 4-6. Potencial teórico estimado vs potencial técnico estimados para el año 2023. El mayor potencial de la región pudo ser de origen termoquímico (86%), con un 14% de potencial de procesos anaeróbicos. La mayor participación de potenciales bioenergéticos técnicos la tiene el departamento del Valle del Cauca con un 69,5%, seguido de Cauca con un 19,1%, Nariño con un 7,5% y Chocó con un 3,9%. Del potencial bioenergético teórico el 84,6% corresponde a biomásas de la caña de azúcar (bagazo con 52,2%, hojas y cogollo con 32,4%). Los anteriores resultados probablemente sean una buena aproximación de lo que actualmente es el potencial bioenergético de esta Región.

Se deberá tener presente que el potencial bioenergético teórico de las biomásas se calculó a partir de metodologías ampliamente conocidas y referenciadas previamente. Por su parte el potencial técnico, toma consideraciones de estudios previos las cuales pueden variar de acuerdo a las particularidades de los proyectos para la transformación (tipo de tecnología, escala del proyecto, variación de la calidad de las materias primas, variables ambientales y sociales etc) de las biomásas para producir bioenergéticos, lo cual sugiere que se puedan tomar los valores aquí presentados (estimaciones de potenciales técnicos), pero que para cada caso particular en los futuros proyectos se incluyan la mayor cantidad posible de consideraciones ajustadas a la medida e información primaria de los territorios, sectores y procesos que tienen impacto sobre los cálculos de los potenciales técnicos.

4.4 Enfoque territorial

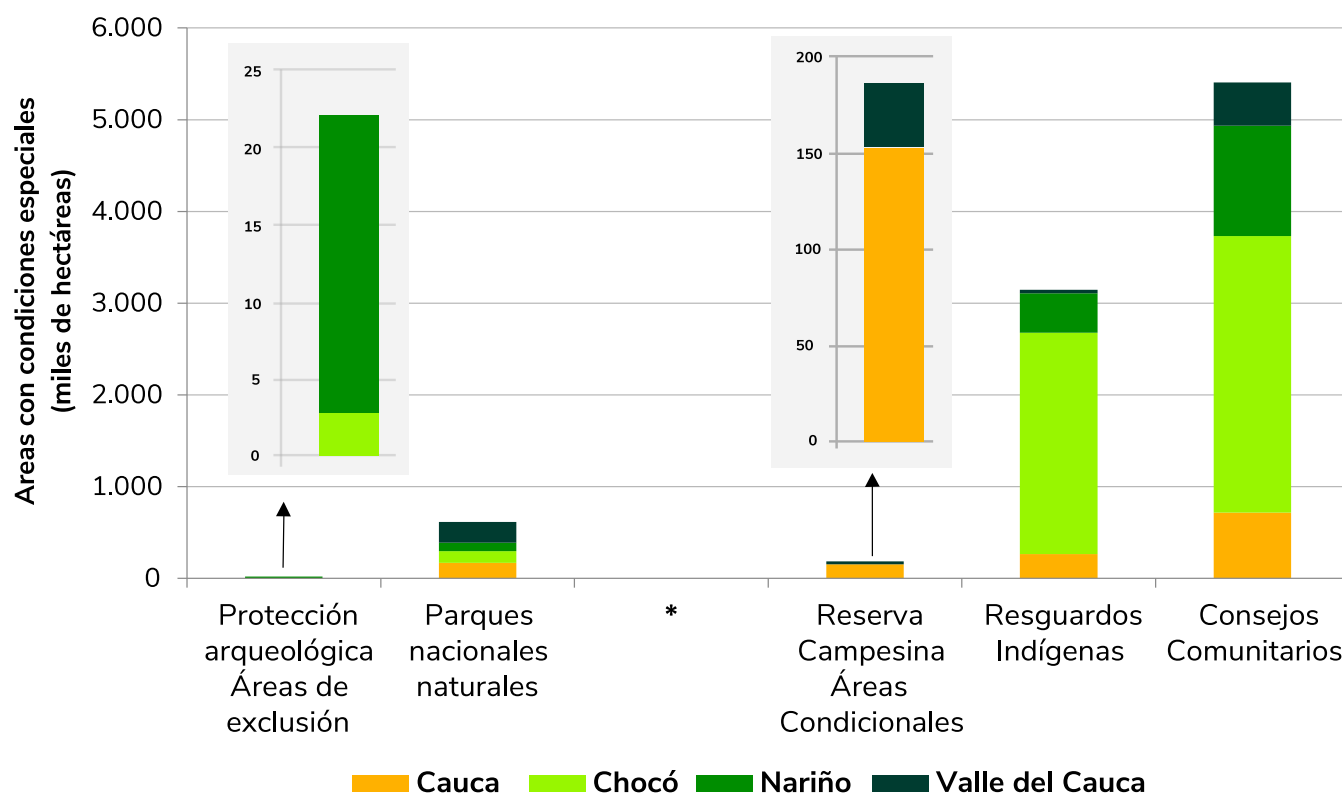
El concepto de territorio y su implicación para el PIBE Pacífico. La Resolución UPME 339 de 2022 establece la siguiente definición de territorio: “Para los procesos de planeación de la UPME el territorio debe ser entendido como un conjunto de sistemas en el que confluyen múltiples actores, con propósitos individuales e intereses diversos. Estos actores pueden llegar a autogestionarse y gobernarse en función de un propósito común, y generar una identidad colectiva y sentido de pertenencia a partir de esto. Sin embargo, esta no es una característica indispensable para definir el territorio, ya que al entenderse como una unidad homogénea no es posible garantizar que los intereses converjan.

En la Tabla 4-3. Territorios que tienen condiciones especiales y Figura 4-7 se presentan los tipos de zonas que se sugiere excluir de actividades productivas, y territorios con condicionales sociales para tener en cuenta, y extensión de estas áreas que tienen condiciones especiales.

Tabla 4-3. Territorios que tienen condiciones especiales

Territorios con exclusión para actividades productivas de energía	Territorios que tienen condicionales para actividades productivas de energía
* Parques Nacionales Naturales: Ley 99/1993, Decreto 2811/1974, Decreto 622 de 1977, Decreto 2372 de 2010. Decreto 1076 de 2015 * Patrimonio arqueológico de la nación: Artículos 63 y 72 de la Constitución Política Nacional, Ley 163 de 1959, Ley 397 de 1997, Ley 1185 de 2008, Decreto 138 de 2019	* Consejos comunitarios: Artículo 63 Constitución Política Nacional, Ley 70 de 1993 * Resguardos indígenas: Artículo 63 Constitución Política Nacional, Ley 21 de 1991, Convenio 169 de la OIT de 1989 * Zonas de reserva campesina: Ley 160 de 1994. Resoluciones específicas Agencia Nacional de Tierras

Figura 4-7. Áreas condicionales y de exclusión en la Región del Pacífico



Fuente: Elaboración UPME con información de [49], [50], [51], [52]

A partir de esta primera identificación presentada en este apartado, se avanzará en las etapas posteriores del PIBE Pacífico en actividades que permitan de manera efectiva alcanzar una planificación y gestión territorial adecuada.

5. MENSAJES FINALES Y TRABAJO FUTURO

Reconociendo la relevancia y potencial de la Región del Pacífico, desde la UPME se identificaron aspectos claves necesarios para la efectiva materialización que promoción del uso de biocombustibles y su potencial desarrollo en el país en diferentes aplicaciones, estos aspectos, no solo se encuentran enmarcados en términos técnicos, sino también por aspectos territoriales y ambientales, así como, la actualización en materia de señales de política y actualización regulatoria, se presenta este capítulo, en el que se destacan de manera general los principales retos identificados que serán abordados en mayor detalle en el documento final del Plan Indicativo de Bioenergía – PIBE Pacífico.

Aspectos generales:

- De manera transversal a todos los capítulos proyectados para el año 2025 en el PIBE Pacífico, se tendrá en cuenta la incorporación de las variables sociales, ambientales y de enfoque diferencial, para fortalecer la planeación en el territorio.
- Se potenciará el entendimiento del territorio, en variables fundamentales de sostenibilidad de los bioenergéticos que incidan en la planeación, vinculando entre otros, aspectos tecnológicos, económicos, sociales, formación a manera de asistencia técnica y ambientales.
- El abordaje de las cadenas de valor, implica el análisis de la disponibilidad de materias primas en los territorios, incluyendo consideraciones étnicas y culturales, donde se reconozcan los actores de poder para la toma de decisiones en diferentes regiones.
- Se involucrarán los actores relevantes en los territorios en el proceso de incorporación de enfoque territorial, para generar mayor apropiación de la construcción y posteriores resultados del PIBE Pacífico. A partir de estos primeros resultados, se podrían proponer zonas de interés para proyectos muy específicos, donde a partir de un análisis de contexto, se analicen los posibles impactos de los proyectos de bioenergía en diferentes escalas.
- Existe un reto y una oportunidad muy importante para el país y los territorios enfocados en proyectar un mayor aprovechamiento de los residuos. En este sentido el PIBE Pacífico planteará acciones orientadas a incrementar el uso y aprovechamiento de tales residuos en aplicaciones bioenergéticas (como la producción de biogás y biometano) sin entrar en detrimento de las demás aplicaciones tales como el compost y la dieta animal.

Regulación y normativa de calidad:

En el marco del presente avance del PIBE Pacífico, y de acuerdo con las anteriores identificaciones, sumado al análisis de documentos normativos de calidad de Europa y Brasil [53], [54], [53], [55], [56] se identificó que los propósitos de la Resolución CREG 240 de 2016 sugieren posibles cambios estructurales a saber:

- Con respecto al biogás se identifica que a la fecha no existe un referente internacional técnico/normativo que permita blindar los límites y las especificaciones de calidad señalados en la Resolución CREG 240 de 2016 que garanticen la seguridad en su uso como un Servicio Público Domiciliario de gas combustible con biogás (SPDBG) en el marco de la Ley 142 de 1994 para usuarios regulados; tampoco se identifica un estudio técnico nacional que soporte tales límites específicos establecidos en esta resolución.

- El análisis también sugiere que el biogás si pueda ser gestionado de manera efectiva como un bioenergético que pueda tener directrices de política energética en Colombia y la Región Pacífico y que siga lineamientos de normativas internacionales ampliamente reconocidas y de esta manera puedan promover su uso y su potencial desarrollo en el país en aplicaciones tales como : i) a escala domiciliaria con soluciones individuales y comunitarias, que incluyen por ejemplo cocción, iluminación y generación de calor; y ii) a pequeña escala, mediana escala y gran escala para aplicaciones de generación de energía eléctrica, generación de calor, generación de iluminación, producción de biometano principalmente.
- A partir de los potenciales biomásicos del país, se deben calcular y proyectar porcentajes de mezcla de biometano, ya sea en modalidad voluntaria u obligatoria, en el Sistema Nacional de Transporte (SNT) de gas natural. Esta proyección permitirá promover la integración progresiva del biometano con el gas natural, aprovechando su menor huella de carbono y contribuyendo a la reducción de emisiones de GEI.
- Para el caso de biometano como un Servicio Público Domiciliario de Biometano-SPDBM, es pertinente actualizar la Resolución CREG 240 de 2016 en los siguientes aspectos: i) límite de contenido de oxígeno, de siloxanos y de inertes; ii) índice de Wobbe; iii) incluir otros requerimientos de especificaciones para el SPDBM, de acuerdo a los referentes internacionales vigentes de países, por ejemplo, de Europa y Brasil; iv) revisar las condiciones de calidad en condiciones RUT; iv) incluir número de normas de referencia. Al respecto se puede consultar en la tabla 2 del ANEXO 1 un comparativo de los parámetros de calidad exigidos al biometano en Colombia, Brasil y Europa.
- La claridad y avance de los anteriores aspectos sobre biogás y biometano permitirá blindar los propósitos de otros documentos regulatorios actuales y futuros en el país como la Ley 2169 de 2021 la cual indica medidas a incorporar tales como: i) Promover el diseño e implementación de sistemas de aprovechamiento de biogás en rellenos sanitarios existentes y el diseño de nuevos rellenos o nuevas celdas, llevando a cabo estudios de viabilidad técnica y económica que permitan garantizar la operación de estos sistemas; ii) Promover la reducción de emisiones de GEI a partir del aumento en la cobertura de la gestión de las aguas residuales domésticas y la gestión del biogás mediante quema y/o aprovechamiento en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) con tecnologías anaerobias; iii) 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.

Biogás y biometano:

- Los resultados indican que, en términos de potenciales de producción de biogás y biometano en la Región del Pacífico, el sector agrícola tiene una alta participación, seguido por el sector pecuario, urbano e industrial
- Dado que existe una utilización importante del biogás a partir de biomásas en la región, los resultados sugieren que se puede aumentar de manera significativa la producción de biogás (y potencialmente el biometano), a partir de un mayor aprovechamiento de las biomásas, residuos y subproductos de las diversas cadenas de valor antes mencionadas con alto potencial bioenergético
- Para lograrlo, en el marco del PIBE Pacífico como parte del trabajo futuro se evaluará como consolidar y mejorar las políticas energéticas en torno a estos biogases, que hasta el momento han sido estimulados de manera efectiva solo para la generación de energía eléctrica. Este impulso debe estar respaldado por una normativa regulatoria que garantice el desarrollo sostenible del aprovechamiento bioenergético. Para ello, es fundamental que: i) se pueda tomar lo más destacado de la experiencia en el país obtenida con las políticas con la generación con Fuentes No Convencionales de Energía Renovable, el biodiésel y el bioetanol, ii) se pueda aportar de manera significativa a las metas ambientales nacionales; iii) se puedan seguir lineamientos y experiencias internacionales sobre políticas energéticas de desarrollo del biogás y el biometano.

- A su vez, los referentes internacionales, sobre biogás y biometano incluyen aspectos claves como: i) tipo de parámetros exigibles y límites de calidad, ii) lineamientos de obligatorio cumplimiento a nivel nacional sobre las diferentes tecnologías de producción y su implementación a diferentes escalas, iii) los certificados de origen y sostenibilidad para el biometano.
- De acuerdo a los significativos potenciales identificados sobre biogás y biometano en el presente trabajo, estos sugieren como trabajo futuro que en el marco del PIBE Pacífico se deban analizar posibles proyectos (en los 4 departamentos), para la producción de biogás y biometano bajo criterios de sostenibilidad teniendo en cuenta variables como: i) identificación si los municipios o las subregiones pueden convenientemente ser proveedores de biomasas o productores de los bioenergéticos; ii) la cantidad de biomasas disponibles en los municipios o subregiones o industrias; iii) La logística de transporte; iv) El acondicionamiento necesario de las biomasas; v) los costos de producción; vi) Una estimación de incentivos necesarios para proyectos diferentes a generación de energía eléctrica; vii) estimación de costos de producción; viii) Potenciales puntos de ubicación de plantas o infraestructuras; ix) aprovechamiento de subproductos como el digestato en los casos que se permita; x) verificación de regulación y normativa de calidad actual.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Presidencia de la República, Decreto 2121 de 2023. 2023. Accessed: Jan. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=226770>
- [2] DANE, “Encuesta Nacional Agropecuaria ,” Bogotá, 2019. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena#anexos>
- [3] IEA, “Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach - 2023 Update,” 2023. Accessed: Oct. 01, 2024. [Online]. Available: https://iea.blob.core.windows.net/assets/9a-698da4-4002-4e53-8ef3-631d8971bf84/NetZeroRoadmap_AGlobalPathwaytoKeepthe1.5CGoalinReach-2023Update.pdf
- [4] World Bioenergy Association, “The Global Bioenergy Statistics report 2024,” 2024. Accessed: Dec. 12, 2024. [Online]. Available: <https://www.worldbioenergy.org/global-bioenergy-statistics/>
- [5] IEA, “World Energy Outlook 2024,” 2024. Accessed: Dec. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>
- [6] Secretaría de Estado de Energía de España, “Hoja de ruta biogás (España),” 2022. Accessed: Dec. 18, 2024. [Online]. Available: <https://www.miteco.gob.es/es/energia/novedades/consejo-ministros-aprueba-hoja-ruta-biogas.html>
- [7] IRENA, “Biogas for road vehicles : technology brief,” p. 58, 2018.
- [8] IEA, “Renewables 2023 – Analysis and forecasts to 2028,” 2023. Accessed: Dec. 18, 2024. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>
- [9] CIBIOGÁS, “Panorama do Biogás 2020 .” Accessed: Dec. 26, 2024. [Online]. Available: <https://materiais.cibiogas.org/nota-tecnica-panorama-do-biogas-2020-nt-01-2021>
- [10] CIBIOGAS, “Panorama do Biogás no Brasil em 2023.” Accessed: Dec. 26, 2024. [Online]. Available: <https://materiais.cibiogas.org/panorama-do-biogas-2023>
- [11] European Biogas Association (EBA), “Biogases towards 2040 and beyond ,” 2024. Accessed: Dec. 18, 2024. [Online]. Available: <https://www.europeanbiogas.eu/biogases-towards-2040-and-beyond/>
- [12] European Biogas Association (EBA), “Gasification: diversification of biomass processing and waste utilisation,” 2024. Accessed: Dec. 18, 2024. [Online]. Available: <https://www.europeanbiogas.eu/gasification-diversification-of-biomass-processing-and-waste-utilisation/>
- [13] IEA, “World Energy Outlook 2024,” 2024. Accessed: Dec. 12, 2024. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>
- [14] ONU, “Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible.” Accessed: Dec. 17, 2024. [Online]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- [15] DNP, “Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026,” 2022, [Online]. Available: www.dnp.gov.co
- [16] MinEnergía, “Escenarios-TEJ-2024,” 2023, Accessed: Oct. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.minenergia.gov.co/documents/12383/Escenarios-TEJ-2024.pdf>
- [17] MinEnergía, “Potencial energético subnacional y oportunidades de descarbonización en usos

de energía final,” 2023. Accessed: Nov. 30, 2024. [Online]. Available: https://www.minenergia.gov.co/documents/10443/4._Potencial_energ%C3%A9tico_subnacional_y_oportunidades_de_descarbonizaci%C3%B3n_en_uso_zlqm9dM.pdf

[18] UPME, “Actualización Plan Energético Nacional (PEN) 2022- 2052,” 2024. Accessed: Dec. 17, 2024. [Online]. Available: https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2022_2052/PEN_2022_2052_Tomo1_VF.pdf

[19] UPME, “Plan de Acción indicativo PROURE,” 2022. Accessed: Oct. 20, 2024. [Online]. Available: https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PROURE/Documento_PROURE_2022-2030_v4.pdf

[20] Gestor del Mercado de Gas Natural en Colombia, “Energía Inyectada | BEC.” Accessed: Dec. 18, 2024. [Online]. Available: <https://www.bmcbec.com.co/informaci%C3%B3n-operativa/energ%C3%ADa-inyectada>

[21] Congreso de Colombia, Ley 1715. Colombia, 2014.

[22] Departamento Nacional de Planeación, “CONPES 3874-Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos,” 2016. Accessed: Dec. 10, 2024. [Online]. Available: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>

[23] CREG, “Resolución 240 de 2016.” Accessed: Aug. 26, 2024. [Online]. Available: https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0240_2016.htm

[24] Congreso de Colombia, “LEY 2036 DE 2020.” Accessed: Sep. 18, 2024. [Online]. Available: <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30039617>

[25] Presidencia de la República de Colombia, Ley 2169 de diciembre de 2021. Colombia, 2021, p. 34. [Online]. Available: https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY_2169_DEL_22_DE_DICIEMBRE_DE_2021.pdf

[26] Departamento Nacional de Planeación, “CONPES 4075-Política de Transición Energética,” 2022. Accessed: Dec. 10, 2024. [Online]. Available: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4075.pdf>

[27] MinEnergía, “Resolución 40165 de 2024.” Accessed: Sep. 18, 2024. [Online]. Available: [https://www.suin-juriscol.gov.co/clp/contenidos.dtl/Resolucion/30051673?fn=document-frame.htm\\$f=templates\\$3.0](https://www.suin-juriscol.gov.co/clp/contenidos.dtl/Resolucion/30051673?fn=document-frame.htm$f=templates$3.0)

[28] Departamento Nacional de Planeación, CONPES 4129 de 2023. 2023. Accessed: Dec. 17, 2024. [Online]. Available: <https://www.dnp.gov.co/conpes/Paginas/documentos-conpes-aprobados.aspx>

[29] UPME, IPSE, and Universidad del Cauca, “PERS-Cauca. Oferta energética para el departamento del Cauca,” 2023. Accessed: Nov. 30, 2024. [Online]. Available: <https://sig.upme.gov.co/SIPERS/Files/Index/1036>

[30] UPME, IPSE, and Universidad Tecnológica del Chocó, “PERS-Chocó. Oferta energética de recursos renovables en el departamento del Chocó,” 2014. Accessed: Nov. 30, 2024. [Online]. Available: <https://sig.upme.gov.co/SIPERS/Files/Index/1056>

[31] Gobernación de Nariño, “Plan de Desarrollo Departamental 2024 - 2027. Nariño, región país para el mundo,” Apr. 2024.

[32] UPME, IPSE, and Universidad de Nariño, “PERS-Nariño. Oferta de recursos aprovechables en fuentes alternativas de energía en el departamento de Nariño,” 2014. Accessed: Nov. 30, 2024. [Online]. Available: <https://sig.upme.gov.co/SIPERS/Files/Index/1060>

- [33] Gobernación del Valle del Cauca, “Plan de Desarrollo Departamental 2024 - 2027 Valle del Cauca. Liderazgo que Transforma,” May 2024.
- [34] El Palmicultor-Revista, “Biocombustibles en Colombia marcan récord en reducción de CO₂ y generación de empleo.” Accessed: Dec. 06, 2024. [Online]. Available: <https://elpalmicultor.com/biocombustibles-colombia-record-reduccion-co%E2%82%82/>
- [35] Humberto Escalante Hernández, “Atlas del potencial energético de la Biomasa residual en Colombia.” Accessed: Nov. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/atlas-del-potencial-energetico-de-la-biomasa.aspx>
- [36] C. Martínez, “Revista Energía y Tú 39 (Cubasolar).” Accessed: Dec. 06, 2024. [Online]. Available: <http://www.cubasolar.cu/33-40-2/>
- [37] M. Á. González, W.-R. Poganietz, and M. Finkenrath, “Bioenergy Technology Roadmap for Colombia,” 2014. Accessed: Nov. 29, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/305875567_Bioenergy_Technology_Roadmap_for_Colombia/stats
- [38] UNAL and TECSOL, “Estimación del potencial de conversión a biogás de la biomasa en Colombia y su aprovechamiento,” Bogotá, 2018.
- [39] L. La Picirelli de Souza et al., “Theoretical and technical assessment of agroforestry residue potential for electricity generation in Brazil towards 2050,” *Energy Reports*, vol. 7, pp. 2574–2587, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.EGYR.2021.04.026.
- [40] UPRA, “Evaluaciones Agropecuarias - EVA y Anuario Estadístico del Sector Agropecuario.” Accessed: Nov. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=59>
- [41] Bavaria, “Cervecería del Valle.” Accessed: Dec. 20, 2024. [Online]. Available: <https://www.bavaria.co/del-valle>
- [42] MinAgricultura, “Acopio Leche Cruda Bovina.” Accessed: Dec. 20, 2024. [Online]. Available: <http://uspleche.minagricultura.gov.co/Acopio.html>
- [43] SEPEC, “Sistema del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano - SEPEC.” Accessed: Dec. 06, 2024. [Online]. Available: <http://sepec.aunap.gov.co/>
- [44] SUI-Superservicios, “Aseo-Reportes Técnico Operativos (Portal SUI).” Accessed: Nov. 29, 2024. [Online]. Available: <https://sui.superservicios.gov.co/Reportes-del-Sector/Aseo>
- [45] Asocaña, “El bagazo de caña ayuda a la seguridad energética nacional.” Accessed: Dec. 07, 2024. [Online]. Available: <https://sac.org.co/asocana-el-bagazo-de-cana-ayuda-a-la-seguridad-energetica-nacional/>
- [46] C. Wan, F. Yu, Y. Zhang, Q. Li, and J. Wooten, “Material Balance and Energy Balance Analysis for Syngas Generation by a Pilot-Plant Scale Downdraft Gasifier,” *J Biobased Mater Bioenergy*, vol. 7, no. 6, pp. 690–695, Dec. 2013, doi: 10.1166/JBMB.2013.1374.
- [47] IEA, “Biomass for Power Generation and CHP,” 2007. Accessed: Dec. 06, 2024. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/biomass-for-power-generation-and-chp>
- [48] IRENA, “Biomass for Heat and Power Technology Brief ,” 2015. Accessed: Dec. 07, 2024. [Online]. Available: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA-ETSAP_Tech_Brief_E05_Biomass-for-Heat-and-Power.pdf

- [49] ICANH, "Cartografía Áreas de Protección Arqueológica," 2024.
- [50] RUNAP, "RUNAP. Registro Único Nacional de Áreas Protegidas," Unidad Administrativa Especial de Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- [51] DANE, "División político administrativa de Colombia," Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Accessed: Dec. 17, 2024. [Online]. Available: <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/territorio/consulta-divipola-division-politico-administrativa-de-colombia/>
- [52] ANT, "Portal datos abiertos de la ANT," Agencia Nacional de Tierras.
- [53] Asociación Española de Normalización, UNE-EN ISO 20675. 2022. Accessed: Sep. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0069842>
- [54] Asociación Española de Normalización, UNE-EN 16723-1. 2017. Accessed: Dec. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0058455>
- [55] G. N. e B.-A. Agência Nacional do Petróleo, Resolução ANP Nº 906 DE 18/11/2022. 2022. Accessed: Dec. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=438796>
- [56] G. N. e B.-A. Agência Nacional do Petróleo, Resolução ANP nº 886, de 29/11/2022. 2022. Accessed: Dec. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-886-de-29-de-setembro-de-2022-432620215>

ANEXOS

- **ANEXO 1:** Figuras y tablas adicionales

PIBE Pacífico



Unidad de Planeación
Minero Energética



© UPME

AV. CALLE 26 # 69 D-91 TORRE 1 - PISO 9

BOGOTÁ - COLOMBIA | +57 601 2220601

UPME.GOV.CO