



Unidad de Planeación
Minero Energética



20
25

Plan Indicativo de **Bioenergía del Pacífico**

Una Apuesta de Transformación
Productiva, Internacionalización y Acción
Climática para el territorio y para el país.





Unidad de Planeación Minero Energética

© UPME

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

Bogotá - Colombia

Tel.: +57 6012220601

upme.gov.co

EDWIN PALMA EGEA

Ministerio De Minas y Energía

INDIRA C. PORTOCARRERO OSPINA

Directora General UPME

KAREN SCHUTT ESMERAL

Viceministra de Energía-MME

INGRID F. VÁSQUEZ MÉNDEZ

Subdirectora de Hidrocarburos-UPME

JOHANNA S. CASTELLANOS

Subdirectora de Demanda-UPME

SANDRA J. CABALLERO TIMOTE

Gerente Oficina Enfoque Territorial-UPME

GUILLERMO HOLGUÍN GARCÍA

Subdirector de Gestión de la Información-UPME

JULIÁN FLÓREZ QUIROGA

Director de Hidrocarburos-MME

LEONARDO JAIMES CORZO

Coordinador Grupo de Combustibles Líquidos-MME

JOSÉ DANIEL TULCÁN LUCERO

Coordinador del Grupo de Gas Combustibles-MME

MARÍA ALEJANDRA SOCARRÁS

Coordinadora de Nuevos Energéticos-MME

Asesores-MME:

JORGE ANDRÉS CRISTANCHO

ISLEANY ANGULO QUIÑONES

NIDIA MEDINA MONJE

Subdirección de Hidrocarburos UPME:

FERNANDO CARDEÑO L.

Líder PIBE Pacífico

CÉSAR A. PINEDA GÓMEZ

M. LILIANA BELTRÁN MORATTO

CLAUDIA L. GÓMEZ HERRERA

DIANA C. CASTRO MUR

GRIGORY IBRAHIM MASSY SÁNCHEZ

HENRY OLIVEROS CARVAJAL

MAGDA M. SIERRA URREGO

KATHERINE RODRÍGUEZ LEÓN

Subdirección de Demanda UPME:

HÉCTOR H. HERRERA FLÓREZ

ANDREA LACHE MUÑOZ

LAURA FLECHAS MEJÍA

VERÓNICA ORTIZ CERÓN

PAULA N. RIVEROS MELO

INGRID GISSELLA QUIROGA

LINDA L. MONDRAGÓN ACOSTA

Oficina de Fondos y Proyectos UPME:

IVÁN D. GÓMEZ ÁLVAREZ

LUIS A. PRIETO MATEUS

Oficina de Enfoque Territorial-UPME:

JOHN E. ENRÍQUEZ OCHOA

MÓNICA C. CASTAÑEDA LASSO

JUAN DAVID PALACIOS

Subdirección de Gestión de la Información-UPME

JULIETH M. GARCÍA VARGAS

SERGIO D. GARCÍA DAZA

JOHN A. BARRIOS ÁVILA

Comunicaciones:

JEIMMY POSOS RAMÍREZ

Profesional Especializado

DIEGO PEÑARANDA JUYÓ

Diseño y Diagramación

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
PARTE I: CONTEXTO Y MARCO ESTRATÉGICO	26
SECCIÓN 1- Objetivo General del PIBE Pacífico, Fundamentos Estructurales y Objetivos de Planeación.....	26
1.1. Objetivo General:	26
1.2. Importancia de la Bioenergía para la Región del Pacífico:	26
1.3. Fundamentos Estructurales y Objetivos de Planeación	27
SECCIÓN 2. Consumo, Oferta, Proyecciones y Bases Tecnológicas de la Bioenergía Mundial y Nacional	29
2.1. Dinámica de la energética mundial y nacional (1975–2023):	29
2.2. Trayectoria de la Oferta Energética Nacional:	32
2.3. Proyecciones internacionales de la bioenergía:	32
2.4. Caracterización técnica y tecnológica de la bioenergía: bases para el análisis regional.....	33
2.5. Tecnologías termoquímicas para el aprovechamiento de biomásas en Colombia. 36	
SECCIÓN 3. Planes de Referencia y Articulación con la Política Pública y Energética Nacional:	38
3.1. Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026:	38
3.2. Plan Plurianual de Inversiones (PPI) 2023-2026.....	38
3.3. Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa (TEJ) y PEN.....	39
3.4. Referencia con Planes Estratégicos de la UPME (Continuidad Institucional)	39
3.5. Referencia con instrumentos normativos vigentes.....	41
PARTE II: ENFOQUE TERRITORIAL	48
SECCIÓN 4- Análisis Territorial y Condiciones Habilitantes del PIBE Pacífico	48
4.1. Condiciones habilitantes para la expansión sectorial y el aprovechamiento bioenergético en la Región Pacífico.	48
4.2. Necesidades y capacidades energéticas, potencial de generación con biomasa en la Región Pacífico.....	52
4.3. Articulación Productiva para la cadena de valor bioenergética en la Región.....	55
4.4. Bioenergía y sostenibilidad territorial, alineación con la Agenda 2030 y los ODS.....	56
4.5. Determinantes ambientales en la regionalización del Pacífico	57
4.6. Determinantes climáticos y vulnerabilidad territorial frente al cambio climático	60
4.7. La importancia del agua como factor estructurante del desarrollo bioenergético en el Pacífico (PND 2022-2026).....	61
4.8. Determinantes sociales en la regionalización del Pacífico.....	62
4.9. Encuesta regional de percepción sobre bioenergía en la Región Pacífico	63
PARTE III: ANÁLISIS TÉCNICO Y PROSPECTIVO.....	66

SECCIÓN 5. Metodología para la Proyección de la bioenergía (2018–2036)	66
5.1. Definición de la Línea Base (2018–2023):	66
5.2. Fuentes Primarias de Información y Cálculo	68
5.3. Proyección Estadística	68
5.4. Criterios de Proyección (2024–2036)	68
5.5. Definición de Escenarios Prospectivos y Articulación Estratégica.....	69
5.6. Escenarios prospectivos del PIBE Pacífico:	70
SECCIÓN 6 - Resultados Línea Base y Proyecciones Departamentales:	71
6.1. Sectores agrícola y forestal:	71
6.2. Sector pecuario:	75
6.3. Sector rellenos sanitarios:	76
6.4. Plantas de tratamiento de aguas residuales-PTAR:.....	78
6.5. Consideraciones técnicas y normativas para el uso seguro y regulado del biogás:.....	79
6.6. Valorización integral del digestato:	81
SECCIÓN 7-Línea Base Departamental de la Bioenergía, el Consumo de Energía y la Reducción de Emisiones.....	83
7.1. Línea base departamental de la bioenergía entre 2018 a 2023 y proyecciones 2024 a 2036:	83
7.2. Línea base departamental del aporte de la bioenergía a la matriz de consumo de energía y reducción de emisiones.	84
SECCIÓN 8 - Biodiésel y Bioetanol como Referentes del Desarrollo Bioenergético.....	88
8.1. Capacidad Instalada y proyecciones de demanda nacional:	88
8.2. Referente Regional del Pacífico (Valle del Cauca y Nariño)	90
8.3. Consumo, capacidades y ventas de bioetanol en la región del Pacífico colombiano: ..	91
8.4. Producción y consumo de bioetanol en la Región Pacífico	94
8.5. El Rol del Bioetanol en la transición energética	95
8.6. Consumo biodiésel Nacional:	96
8.7. Consumo de biodiésel en la Región Pacífico	98
8.8. El biodiésel en la movilidad sostenible y la transición energética	99
8.9. Metodología de cálculo de costos de transporte por carretera de biodiésel y bioetanol:	100
8.10. Mitigación de la huella de carbono de biocombustibles líquidos:.....	103
SECCIÓN 9 - Escenarios de Oferta de Bioenergía de la Agencia Internacional de Energía (IEA) y del Pibe Pacífico:	104
PARTE IV: ESTRATEGIA, IMPLEMENTACIÓN Y CONCLUSIONES.....	110
SECCIÓN 10 - Análisis Estratégico Regional	110
10.1. Oportunidades y Potencialidades de la Región	110
10.2. Retos y Limitaciones Territoriales	111
10.3. Sinergias con Políticas Nacionales y Locales	113
SECCIÓN 11 - Ejes Estratégicos, Objetivos y Líneas de Acción	115
11.1. Ejes Estratégicos, Objetivos y Líneas de Acción	115

SECCIÓN 12 - Gobernanza y Articulación Institucional del Pibe Pacífico	117
12.1. Instancia de Articulación Nacional (Gobierno Central).....	117
12.2. Gobernanza Territorial y Comités de Ejecución Regional.....	119
SECCIÓN 13 - Instrumentos de Implementación	120
13.1. Marco Institucional y Normativo Regional	120
13.2. Articulación con la Planeación Territorial	120
13.3. Estrategias de Financiamiento e Inversión.....	122
13.4. Fondos Públicos de Fomento.....	122
13.5. Incentivos y Capital Privado	123
13.6. Mecanismos de Seguimiento y Evaluación	123
13.7. Indicadores Clave de Desempeño	123
13.8. Instancias de Monitoreo y Adaptación: Observatorio de Bioenergía Colombiano — OBCO	125
SECCIÓN 14 - Programas e Iniciativas Indicativas.....	127
14.1. Programas, proyectos e iniciativas 1: Fortalecimiento de la bioenergía general ... 127	
14.2. Programas e iniciativas 1: Fortalecimiento de la Cadena de Biocombustibles Líquidos.....	130
14.3. Programas e iniciativas 1: Biogases y Vectores Intermedios	131
14.4. Programas e iniciativas 1: Bioenergía sólida moderna y soluciones térmicas	134
SECCIÓN 15 - Conclusiones y Próximos Pasos.....	136
15.1. Conclusiones	136
Aspectos generales:.....	136
Bioenergía moderna líquida:.....	139
Bioenergía moderna gaseosa:.....	139
Bioenergía moderna sólida y tradicional:.....	141
Enfoque territorial, ambiental y social.....	141
Visión de Largo Plazo (Post-2036)	142
15.2. Próximos pasos:	143
15.3. Mensaje Final.....	146
BIBLIOGRAFÍA.....	147

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Potencial participación de la bioenergía y su respectiva mitigación de CO _{2e} en la región del Pacífico colombiano en periodo 2024-2036.	21
Tabla 2. Resultados comparativos de energía No renovable y Renovable a nivel nacional y mundial.....	30
Tabla 3. Resultados comparativos de consumo de energía (TJ)	31
Tabla 4. Descripciones para la bioenergía moderna y tradicional	32
Tabla 5. Relación entre biomasas, rutas tecnológicas y productos bioenergéticos según nivel de madurez tecnológica (TRL).	35
Tabla 6. implicaciones de los escenarios de la Hoja de ruta de la TEJ.....	39
Tabla 7. Contribución del PIBE Pacífico por bioenergía sólida moderna	41
Tabla 8. Contribución del PIBE Pacífico por bioenergía líquida moderna	43
Tabla 9. Contribución del PIBE Pacífico por bioenergía gaseosa moderna	45
Tabla 10. Contribución del PIBE Pacífico por bioenergía tradicional.....	47
Tabla 11. Enfoque preventivo del Plan.....	59
Tabla 12. Porcentajes de disponibilidad técnica y de uso porcentual definidos en el plan.	67
Tabla 13. Criterios de proyección de las curvas a 2036.....	69
Tabla 14. Definición de escenarios prospectivos del Pibe Pacífico.....	70
Tabla 15. Participación departamental de la bioenergía utilizada y no utilizada del sector agrícola y forestal en el año 2023	72
Tabla 16. Participación departamental de la bioenergía utilizada y no utilizada del sector agrícola y forestal en el año 2036.....	73
Tabla 17. Consideraciones para los bioenergéticos utilizados para la mitigación de emisiones	85
Tabla 18. Consumo de energía y reducción de emisiones porcentuales y estimadas en 2023 y 2036	87
Tabla 19. Capacidad instalada de bioetanol Nacional.....	92
Tabla 20. Capacidad instalada y balance de Bioetanol de Colombia 2015 – 2024.....	93
Tabla 21. Productores de biodiésel a nivel Nacional. Capacidad Instalada 2024	96
Tabla 23. Consideraciones para que la trayectoria de la bioenergía moderna sólida de los escenarios del PIBE PACÍFICO sean similares a los de la IEA.....	105
Tabla 24. Consideraciones para que la trayectoria de la bioenergía moderna Líquida de los escenarios del PIBE PACÍFICO sean iguales a los de la IEA.	106

Tabla 25. Consideraciones para que la trayectoria de la bioenergía moderna gaseosa de los escenarios del PIBE PACÍFICO sean iguales a los de la IEA.....	108
Tabla 26. Consideraciones para que la trayectoria de la bioenergía tradicional de los escenarios del PIBE PACÍFICO sean iguales a los de la IEA.....	109
Tabla 27. Oportunidades y potencialidades de la región y su sinergia con la bioenergía ...	110
Tabla 28. Retos críticos, evidencias e implicaciones.....	111
Tabla 29. Contribuciones del PIBE Pacífico y las sinergias con las políticas vigentes	114
Tabla 30. Ejes estratégicos definidos y líneas de acción sugeridas.....	115
Tabla 31. Potencial articulación con entidades de gobierno central.....	118
Tabla 32. Indicadores propuestos.....	123
Tabla 33. Programas, proyectos e iniciativas propuestas.	127
Tabla 34. Iniciativas para los 4 departamentos sobre los biocombustibles líquidos	130
Tabla 35. Iniciativas para los 4 departamentos sobre los biocombustibles gaseosos.....	132
Tabla 36. Iniciativas para los 4 departamentos sobre los biocombustibles sólidos.....	134
Tabla 37. Acciones críticas voluntarias en el corto o mediano plazo con actor líder sugerido	143

INDICE DE GRÁFICAS

Figura 1. Aportes de la bioenergía (a) al consumo global de energía (b) y reducción de emisiones (c) en la Región del Pacífico colombiano.	20
Figura 2. Consumo de energía mundial (a1 y b1) y oferta interna bruta nacional (a2 y b2) en el periodo 1975-2023.	29
Figura 3. Caracterización territorial de los departamentos del Cauca, Nariño, Valle del Cauca y Chocó.	51
Figura 4. Capacidad efectiva neta instalada por tecnología.....	52
Figura 5. Caracterización tecnológica y productiva de iniciativas bioenergéticas en la Región Pacífico.	55
Figura 6. Perspectiva departamental y cadenas de valor bioenergéticas y contribución a los ODS en la región del Pacífico.	57
Figura 7. Determinantes ambientales en la Región Pacífico.	58
Figura 8. Lineamientos de Ordenamiento Hídrico para la Bioenergía en la Región Pacífico.	62

Figura 9. Determinantes sociales en la Región Pacífico.	63
Figura 10. Resultados de la encuesta de percepción de Bioenergía aplicada a la Región Pacífico.	64
Figura 11. Línea base y proyección de crecimiento del potencial bioenergético técnico de residuos/ subproductos agrícolas y forestales que incluyen biogás y aplicaciones termoquímicas.	72
Figura 12. Línea base y proyección del potencial bioenergético técnico de solo residuos/ subproductos forestales.....	73
Figura 13. Línea base del potencial bioenergético técnico de residuos/subproductos agrícolas solo biogás.	75
Figura 14. Línea base y proyección de crecimiento del potencial bioenergético técnico de residuos/subproductos pecuarios.....	76
Figura 15. Línea base del potencial bioenergético técnico de rellenos sanitarios.....	77
Figura 16. Línea base del potencial bioenergético técnico de plantas de tratamiento de aguas residuales con escala mayor a 30L/s.....	79
Figura 17. Potencial de bioenergía utilizada y no utilizada entre 2018 a 2023 y proyecciones 2023 a 2036 para la región del Pacífico	84
Figura 18. Consumo de energía en el periodo 2018 a 2023 y proyecciones 2023 a 2023. .	85
Figura 19. Generación y mitigación (por bioenergía utilizada) de emisiones de CO _{2e} el periodo 2018 a 2023 y proyecciones 2023 a 2023.	86
Figura 20. Consumo y Proyección de demanda nacional de bioetanol.	89
Figura 21. Consumo y Proyección de demanda de biodiésel.	89
Figura 22. Porcentaje operativo (despachos) 2018-2024 de las plantas de biodiésel y bioetanol.....	89
Figura 23. Ventas departamentales de bioetanol de Cauca, Valle del Cauca y el total nacional 2018-2024 de las plantas bioetanol.....	91
Figura 24. Capacidad Instalada de Biodiésel y Bioetanol. Fuente.....	92
Figura 25. Histórico Participación Región Pacífico en Consumo de bioetanol 2015-2024....	94
Figura 26. Histórico Participación Región Pacífico en Consumo de bioetanol 2015-2024....	98
Figura 27. Transformaciones estructurales del transporte de carga (2015-2025).	101
Figura 28. Escenarios prospectivos de bioenergía moderna y tradicional de la IEA y el escenario E1 del PIBE Pacífico.....	104
Figura 29. Interfaz del OBCO, con ejemplo de potencial pecuario de San Andrés de Tumaco, Nariño.....	126

Glosario de abreviaturas y acrónimos

AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
AGRONET	Red de información y comunicación del sector agropecuario colombiano
APPA	Áreas de Protección para la Producción de Alimentos
ASOCAÑA	Asociación de cultivadores de caña de azúcar de Colombia
APS	Políticas anunciados
APS Colombia	Aceite de Palma Sostenible de Colombia
BECO	Balance Energético Colombiano
BAU	Business As Usual
Biosyngas	Mezcla de gases de origen bioenergético mayoritariamente CO + H ₂
CARs	Corporaciones Autónomas Regionales
CIAC	Combustibles de uso ineficiente y altamente contaminantes
CO	Monóxido de Carbono
CO₂	Dióxido de carbono
CO_{2e}	Dióxido de carbono equivalente
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
COP	Pesos colombianos
CRA	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico
CTeI	Ciencia, Tecnología e Innovación
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP	Departamento Nacional de Planeación
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DR	Diésel Renovable
EACD	Etanol anhidro combustible desnaturalizado
Ecopetrol	Empresa Colombiana de Petróleo
ENA	Encuesta Nacional Agropecuaria
ETPIAGN	Estudio Técnico para el Plan de Abastecimiento de Gas Natural
EVA	Evaluación Agropecuaria Municipal
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FAZNI	Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas
FENOGE	Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía
FLO	Fairtrade Labelling Organizations
FNCE	Fuentes no convencionales de energía
FNCR	Fuentes no convencionales de energía renovable
FORSU	Fracción Orgánica de Residuos Urbanos

FPO	Puesta en operación comercial
FT	Fisher Tropsch
FTSP	Fondo para el Desarrollo del Plan Todos Somos PAZcífico
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GGGI	Global Green Growth Institute
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GN	Gas Natural
GNC	Gas Natural Comprimido
GNV	Gas Natural Vehicular
H₂	Hidrógeno
HEFA	Hidrotratamiento de esteres y aceites grasos, por sus ingles en inglés
HVO	Aceite Vegetal Hidratado (por sus siglas en inglés)
IA	Inteligencia Artificial
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
IEA	Agencia Internacional de Energía (por sus siglas en inglés)
ISCC	International Sustainability and Carbon Certification
IPCC	Panel intergubernamental de cambio climático (siglas en inglés)
IRENA	Agencia Internacional de Energías Renovables
MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MME	Ministerio de Minas y Energía
MWh	Mega Watios hora
NDC	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional
NCE	Emisiones Netas Cero
NZE	Net Zero Emissions
OBCO	Observatorio Colombiano de Bioenergía
OCAD	Colegiados de Administración y Decisión
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PAI-PROURE	Plan de Acción Indicativo del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía
PEI	Plan Estratégico Institucional (UPME)
PEN	Plan Energético Nacional
PERS	Plan de Energización Rural Sostenible
PDD	Planes de Desarrollo Departamental
PDET	Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial
PIACL	Plan Indicativo de Abastecimiento de Combustibles Líquidos
PIB	Producto Interno Bruto

PIGCCT	Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territorial
PIBE Pacífico	Plan Indicativo de Bioenergía del Pacífico
PIEC	Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNSL	Plan Nacional de Sustitución de Leña
POME	Efluente de planta extractora de aceite de palma (Siglas en inglés)
POT	Planes de Ordenamiento Territorial
PPI	Plan Plurianual de Inversiones
PTA	Parques Tecnológicos y Ambientales
PTAR	Plantas de Tratamiento de Agua Residual
RAC	Residuos Agrícolas de Cosechas
RAI	Residuos Agrícolas Industriales
RSU	Residuos Sólidos Urbano
RUNAP	Registro Único Nacional de Áreas Protegidas
SAF	Sustainable Aviation Fuel (Combustible sostenible de aviación)
SGR	Sistema General de Regalías
SICOM	Sistema de Información de Combustibles Líquidos
SIN	Sistema Interconectado Nacional
SIPRA	Sistema de Información para la Planificación Rural Agropecuaria
SNT	Sistema Nacional de Transporte de gas natural
SPDBG	Servicio Público Domiciliario con Biogás
SPDBM	Servicio Público Domiciliario con Biometano
SPP	Small Producers' Symbol
STEPS	Políticas establecidas
SUI	Sistema Único de Información de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
tCO_{2e}	Toneladas de dióxido de carbono equivalente
TEJ	Transición Energética Justa
TRL	Technology Readiness Level
UPA	Unidades de Producción Agropecuaria
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética
UPRA	Unidad de Planeación Rural Agropecuaria
ZNI	Zona no Interconectada (en el SIN)
ZPPA	Zonas de Protección para la Producción de Alimentos

Glosario de unidades

B	Barriles
EJ	Exa Julio ($1 \cdot 10^{18}$ Julios)
GW	Giga watio ($1 \cdot 10^9$ watios)
ha	Hectárea
kg	Kilogramo
MI	Mega litros ($1 \cdot 10^6$ litros)
MW	Mega watio ($1 \cdot 10^6$ watios)
MWh	Mega Watios hora
Nm³	Metros cúbicos a condiciones normales
PJ	Peta Julio ($1 \cdot 10^{15}$ Julios)
t	Tonelada
tCO_{2e}	Toneladas de dióxido de carbono equivalente
TJ	Tera Julio ($1 \cdot 10^{12}$ Julios)
[.]	Separador de miles
[,]	Separador de decimales

Definiciones

- **Bioelectricidad:** Energía eléctrica generada a partir del aprovechamiento de fuentes de energía de origen biológico, como la biomasa (agrícola, forestal o residual), a través de tecnologías de conversión termoquímica o bioquímica como la gasificación, la digestión aerobia, entre otras.

- **Biocombustibles:** Combustibles líquidos de origen renovable (biodiésel, bioetanol), producidos a partir de biomasa proveniente de cultivos energéticos como caña de azúcar, palma de aceite, así como de residuos orgánicos, biomasa forestal entre otros. Su principal aplicación se encuentra en el sector de transportes.

- **Bioenergético:** Materiales primarios, productos intermedios o finales de origen orgánico que pueden ser utilizados para la generación de bioenergía. Incluyen biomasa sólida (leña, carbón vegetal, pellets, briquetas), biocombustibles líquidos (bioetanol, biodiésel, diésel renovable, biojet) y biocombustibles gaseosos (biogás, biometano). También comprende la electricidad y/o el calor producido a partir de biomasa mediante calderas, biodigestores o plantas térmicas.

- **Bioenergía:** Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), la bioenergía es “energía renovable derivada de la biomasa”. Actualmente, la IEA clasifica la bioenergía en dos categorías:

- **Bioenergía Moderna:** Incluye la bioenergía moderna en sus formas **sólidas, líquidas y gaseosas**. Comparativamente con la bioenergía tradicional, se usan tecnologías más eficientes y sostenibles, para la producción por ejemplo de biometano, biogás, biodiésel, bioetanol y la generación de electricidad a partir de biomasa.

- **Bioenergía Tradicional:** Se refiere al uso antiguo de la biomasa, como la combustión directa de biomasa (leña principalmente) en cocinas y fogones abiertos, con bajos niveles de eficiencia y altos impactos ambientales y en salud.

- **Bioenergía Utilizada:** Cantidad total de energía derivada de fuentes de biomasa que ha sido efectivamente consumida y aprovechada dentro de un área geográfica y período de tiempo definidos. Incluye todo tipo de aplicaciones, desde el uso tradicional de leña hasta biocombustibles avanzados e industrializados. Establece la línea base histórica del consumo energético real y la penetración actual de la bioenergía en la matriz energética. Los respectivos bioenergéticos relacionados con este tipo de bioenergía en adelante se llamarán “Bioenergéticos Utilizados”. La Bioenergía Utilizada constituye la línea base histórica (2018-2023), reflejando el consumo real de energía proveniente de los bioenergéticos de la región. Su proyección a futuro establece la Bioenergía Tendencial (E1), la cual se asume bajo continuidad regulatoria, marcando el punto mínimo para todos los análisis de inversión y planeación futura.

- **Bioenergía No Utilizada:** Se refiere a la fracción de bioenergía obtenida de la biomasa disponible (residuos agrícolas, forestales, subproductos industriales, etc.) que, siendo técnicamente viable para su recuperación energética, no ha sido transformada en energía útil o se ha perdido/desperdiciado. Cuantifica las ineficiencias del sistema actual e identifica las oportunidades de aprovechamiento inmediatas que sirven de punto de partida para las proyecciones futuras. Los respectivos bioenergéticos relacionados con este tipo de bioenergía en adelante se llamarán “Bioenergéticos No Utilizados”. La Bioenergía No Utilizada constituye la brecha de oportunidad del sistema, ya que representa el potencial energético que no se aprovechó debido a deficiencias logísticas, tecnológicas o de política pública y energética. Este concepto es el punto de partida metodológico para el desarrollo futuro, pues permite modelar y justificar las inversiones en infraestructura y tecnología requeridas para su plena incorporación en los escenarios E2 y E3.

- **Bioenergía Tendencial:** Es la cantidad proyectada de bioenergía que se espera utilizar en el futuro bajo un escenario de políticas establecidas. Este escenario asume que las políticas y tendencias socioeconómicas actuales continúan sin cambios o intervenciones nuevas y significativas. Sirve como escenario de referencia o línea base futura, contra el cual se mide el impacto de nuevas políticas o estrategias de desarrollo. Los respectivos bioenergéticos relacionados con este tipo de bioenergía en adelante se llamarán “Bioenergéticos Tendenciales”. La Bioenergía Tendencial (E1) es la proyección directa de la Bioenergía Utilizada. Sirve como el escenario de referencia (STEPS (EIA) y BAU (PEN)) fundamental para la planeación, permitiendo evaluar el impacto adicional de mitigación (CO₂e) y la contribución energética (TJ) de los escenarios más ambiciosos (E2 y E3), e identificar claramente las necesidades regulatorias y de política pública en materia energética.

- **Bioenergía Potencial/Políticas:** La cantidad adicional de bioenergía que podría utilizarse en el futuro, por encima del escenario tendencial, mediante la implementación de nuevas y específicas políticas públicas en materia energética, incentivos, marcos regulatorios o inversiones estratégicas. Representa la porción de la “bioenergía no utilizada” histórica que es recuperable posiblemente mediante intervención sectorial y gubernamental. Cuantifica el impacto directo y el potencial de desarrollo que se puede lograr mediante la acción política, estableciendo objetivos ambiciosos y justificando nuevas estrategias de transición energética. Los respectivos bioenergéticos relacionados con este tipo de bioenergía en adelante se llamarán “Bioenergéticos Potenciales/Políticas”. La Bioenergía Potencial/políticas se define como la energía generada al aprovechar la Bioenergía No Utilizada. Constituye la base metodológica indispensable para el diseño de las inversiones requeridas en investigación, desarrollo e implementación de tecnologías avanzadas, siendo el eje cuantificable que fundamenta la ambición de los escenarios E2 y E3.

- **Biogás:** De acuerdo con el Ministerio de Minas y Energía, el biogás es una fuente renovable producida a partir de la descomposición biológica de biomasa en condiciones anaerobias. Este proceso genera una mezcla gaseosa compuesta principalmente por metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), aprovechable en la generación de energía térmica y eléctrica.

- **Biol:** Es la fracción líquida del digestato que se obtiene tras la separación del componente sólido, es usual que el término se utilice indistintamente con el digestato líquido.

- **Biometano:** Según el Ministerio de Minas y Energía, gas obtenido mediante procesos de purificación y refinamiento del biogás para eliminación de impurezas como el dióxido de carbono (CO₂), y trazas de compuestos sulfurados. El resultado es un gas con características de calidad y poder calorífico comparables a las del gas natural.

- **Biosyngas:** Gas combustible, según la Resolución 40215 de 2024 del Ministerio de Minas y Energía, obtenido a partir de la conversión termoquímica de biomasa —principalmente mediante gasificación—. Se define como una corriente gaseosa compuesta mayoritariamente por monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e hidrógeno (H₂).

- **Biomasa:** La Directiva 2009/28/CE, define la biomasa como “la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales”. Por su parte, la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), la define como “todo material de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización”. En Colombia, en el artículo 5 de la Ley 1715 de 2014 se clasifica la biomasa como una Fuente No Convencional de Energía Renovable – FNCER.

- **Briquetas y pellets:** Biocombustibles sólidos densificados producidos a partir de biomasa seca o de residuos agrícolas, forestales o industriales. Las briquetas se presentan en forma de bloques o cilindros de mayor tamaño y densidad, mientras que los pellets son pequeños cilindros homogéneos de alta densidad energética.

- **Consumo de energía per cápita (DANE):** es una medida de intensidad, resultante de la relación entre el consumo interno de energía (medido en Terajulios), y la población (expresado en miles habitantes). La relación entre la cantidad de energía consumida por habitante en un país en un momento determinado, informa acerca de cómo la energía es utilizada —directa e indirectamente— por la población.

- **Cultivo energético:** Cultivos de especies agrícolas o forestales cuya producción se orienta a la generación de biomasa con fines energéticos, utilizada para la producción de energía térmica, eléctrica o de biocombustibles.

- **Digestato:** Material sólido y/o líquido que se obtiene como subproducto del proceso de la digestión anaerobia de biomásas, residuos o subproductos y que, tratado y acondicionado, es apto para su utilización como fertilizante orgánico, enmienda, o sustrato.

- **Emisiones de Dióxido de Carbono per cápita (DANE):** Es la cantidad total Gases Efecto Invernadero expresados en dióxido de carbono equivalente emitido por el país como consecuencia de las actividades humanas (producción y uso), dividida entre la población del país. Este indicador muestra la cantidad de CO₂ equivalente emitido por habitante a la atmósfera y permite, entre otros, evaluar el impacto potencial de las emisiones atmosféricas originadas por la actividad económica, establecer lineamientos de política en torno al recurso aire y prioridades de gestión para la reducción de las emisiones generadas. El indicador no mide directamente las emisiones de CO₂ equivalente. El indicador está fundamentado en estimaciones de las cargas contaminantes mediante métodos de cálculo con factores de emisión y no en mediciones directas de dichas cargas contaminantes. Sin embargo, la metodología de factores de emisión es ampliamente utilizada a nivel mundial debido a los elevados costos financieros, humanos y técnicos para determinar las cargas contaminantes mediante métodos de medición directa.

- **Residuo o desecho (Decreto 4741 de 2005):** Es cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega, bien sea porque sus propiedades no permiten su reutilización en la actividad que lo generó o porque la legislación o normatividad vigente así lo establece.

- **Ruta Tecnológica:** Es la secuencia lógica, planificada y optimizada de procesos y tecnologías necesarias para transformar una materia prima (o un subproducto) en un producto final específico con un valor determinado.

- **Subproducto (Referencia conceptual, Ley española nro 22/2011):** Es una sustancia u objeto, resultante de un proceso de producción, cuya finalidad primaria no sea la producción de esa sustancia u objeto, los cuales pueden ser considerados como subproductos y no como residuos cuando se cumplan las siguientes condiciones: a) Que se tenga la seguridad de que la sustancia u objeto van a ser utilizados posteriormente, b) que la sustancia u objeto se pueda utilizar directamente sin tener que someterse a una transformación posterior distinta de la práctica industrial habitual, c) que la sustancia u objeto se produzca como parte integrante de un proceso de producción, y d) que el uso posterior cumpla todos los requisitos pertinentes relativos a los productos así como a la protección de la salud humana y del medio ambiente, sin que produzca impactos generales adversos para la salud humana o el medio ambiente.

- **Subproducto valorizable:** Es un material residual generado en un proceso productivo principal que puede ser reintroducido en la economía o en otro ciclo productivo debido a su utilidad inherente o a la posibilidad de extraer valor de sus componentes. Fomenta la economía circular.

- **Tipos de biomásas:** Las biomásas incluyen residuos, subproductos o materiales como: Residuos agrícolas (cáscaras, tallos, bagazo, etc.), residuos pecuarios (estiércol, desechos de cría de animales), madera, leña y sus residuos, residuos urbanos (orgánicos de hogares o mercados), residuos industriales biodegradables, cultivos energéticos (de palma, de caña de azúcar, de maíz etc).

Introducción

El PIBE Pacífico es una herramienta indicativa regionalizada, liderada por la Unidad de Planeación Minero Energética-UPME en articulación con el Ministerio de Minas y Energía, cuyo propósito es aportar insumos técnicos para los procesos de planeación energética en la región del Pacífico, contribuyendo así a la planeación estratégica y toma de decisiones en el ámbito territorial del Pacífico colombiano y nacional. Por su enfoque integral, este Plan constituye un primer referente como insumo metodológico y programático que puede apoyar futuros análisis regionales sobre bioenergía en otras regiones del país. La estructura del PIBE Pacífico permite analizar escenarios asociados a los resultados potenciales del uso de la bioenergía en distintos niveles de implementación, dentro del marco regulatorio existente, sin perjuicio de las competencias de las autoridades responsables en materia normativa. El Plan se concibe como un insumo regional que puede fortalecer de manera indicativa entre otros los siguientes frentes de política y planeación energética: (i) la implementación del Decreto 670 de 2025 (Basura Cero); (ii) la actualización de la Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa (TEJ); y (iii) los planes indicativos publicados por la UPME, entre los que se incluyen los posibles futuros Planes Regionales de Bioenergía, el Plan Nacional de Bioenergía, el PEN, el PIACL, el PNSL y el ETPAGN.

El PIBE Pacífico se presenta como un instrumento técnico para ejercicios de planeación prospectiva hasta 2036, que permite analizar alternativas asociadas al desarrollo de la bioeconomía en la región del Pacífico, en coherencia con las competencias de las entidades responsables. Así mismo ofrece elementos analíticos que permiten comprender el potencial bioenergético de la región Pacífico, a partir de las condiciones territoriales y productivas identificadas. Tomando como base la disponibilidad estimada de recursos biomásicos, residuos y/o subproductos en los departamentos de Chocó, Cauca, Valle del Cauca y Nariño, el PIBE Pacífico desarrolla un análisis territorial del aprovechamiento de la bioenergía moderna y tradicional, contribuyendo al entendimiento de su posible aporte en el marco de la transición energética y del análisis de variables energéticas a nivel territorial y nacional. Estos insumos permiten identificar oportunidades y desafíos asociados al desarrollo de la bioeconomía en la región, sin que ello implique obligatoriedad sobre su implementación ni sobre modelos de organización territorial.

Dicho análisis se fundamenta en los conceptos antes definidos de la “Bioenergía Utilizada” y “Bioenergía No Utilizada” en el periodo 2018 a 2023 (pasado). De igual forma para el periodo de proyección de 2024 a 2036 (futuro) se usan los conceptos y definiciones de “Bioenergía Tendencial” y de “Bioenergía Potencial/Políticas”. En coherencia con los lineamientos internacionales, el PIBE Pacífico define usar también los conceptos de la “Bioenergía Moderna” y “Bioenergía Tradicional” de la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés), entendida la primera como aquella que se produce mediante tecnologías eficientes y sostenibles, con capacidad de contribuir a la descarbonización del sistema energético, y la segunda como aquella que se produce con tecnologías obsoletas.

El PIBE Pacífico se basa en un análisis robusto de datos históricos del periodo 2018–2023, y establece proyecciones hasta el horizonte temporal de 2024 a 2036. No obstante, reconociendo la necesidad de evaluar el impacto a largo plazo de una transformación energética profunda y en anticipación a la oficialización de una política pública en materia energética con alcances claros, la formulación incorpora referentes que se alinean con metas más ambiciosas de reducción de emisiones nacionales como el Plan Energético Nacional-PEN y la Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa) e internacionales como las señaladas por la IEA de neutralidad climática a 2050. Esto permite evaluar la senda óptima de inversión y la infraestructura requerida más allá del mediano plazo para el desarrollo de la bioenergía en los territorios y el país.

El enfoque prospectivo utiliza referentes internacionales de la IEA y el PEN para estructurar tres escenarios diferenciados de implementación, alineando el rigor técnico con ambición climática:

ESCENARIOS DEL PIBE PACÍFICO

- **Escenario E1 (Tendencial o STEPS):** Este escenario estima técnicamente mediante proyecciones el crecimiento de la “Bioenergía Tendencial” que incluye bioenergéticos y fuentes tales como el biodiésel, bioetanol, bagazo, biogás (de residuos pecuarios y urbanos), cascarilla de arroz y leña (crecimiento como bioenergía moderna y decrecimiento como bioenergía tradicional), lo anterior asumiendo exclusivamente como referencia las condiciones de política pública vigentes en materia energética al momento del análisis. Este enfoque es consistente con el escenario de Políticas Establecidas (STEPS) de la IEA y el escenario BAU (Business As Usual) del PEN para describir el resultado si las políticas implementadas y en desarrollo continuaran su curso. Sin embargo, dichos escenarios se emplean únicamente como referentes metodológicos internacionales, sin implicar adopción obligatoria.

Alcance y Premisa: Asume un crecimiento por inercia, reflejando las tendencias prevalecientes. Si bien se espera una armonización regulatoria mínima entre entidades, el escenario se mantiene conservador, reflejando el “status quo” actual y una mitigación de CO₂ equivalente moderada.

- **Escenario E2 (Avance Consolidado):** Este escenario considera, para efectos de modelación, un incremento estimado de hasta el 50% entre 2026 y 2036 de la “Bioenergía Potencial/Políticas”, tomando como referencia elementos conceptuales asociados a los Compromisos Anunciados (APS) y a las NDC, disponibles al momento del análisis, bajo supuestos técnicos que incorporan una mayor disponibilidad de infraestructura para efectos de modelación. Estos elementos se emplean únicamente como referentes metodológicos, sin implicar adopción, proyección normativa o compromisos institucionales.

A partir de ello, el escenario incorpora supuestos asociados a los Compromisos Anunciados (APS) de Colombia, incluyendo referencias a las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) y la consideración de una posible mayor disponibilidad de infraestructura para efectos de modelación. En tal sentido, este escenario toma como referentes técnicos los escenarios APS (Políticas Anunciadas) de la IEA y los elementos conceptuales del PEN.

Desde el punto de vista metodológico, E2 es consistente con el Escenario E1, en la medida en que comparten supuestos técnicos de base, sin que ello implique obligatoriedad o secuencialidad programática.

Alcance y Premisa: Refleja un supuesto técnico que considera condiciones que podrían ser coherentes con políticas nacionales, e incorpora una mayor utilización hipotética de la “Bioenergía Potencial/Políticas” procedente de procesos bioquímicos y termoquímicos en la región, únicamente para efectos de análisis.

- **Escenario E3 (Aprovechamiento Pleno y Ruta NZE):** Este es el escenario de máxima ambición, contemplando la incorporación total (100 %) de manera progresiva de la “bioenergía Potencial/Políticas” entre 2026 y 2036, como ejercicio prospectivo que explora el límite superior de aprovechamiento estimado.

Desde la perspectiva metodológica, este escenario mantiene coherencia con el Escenario E1, en la medida en que comparten supuestos técnicos de base, lo cual permite establecer comparaciones dentro del análisis. Este planteamiento es únicamente analítico y no implica obligatoriedad, implementación ni secuencialidad programática.

Alcance y Premisa: Este escenario considera, como supuesto técnico, condiciones bajo las cuales se podrían observar mayores avances asociados a políticas anunciadas y a desarrollos regulatorios considerados únicamente como referencia conceptual. Asimismo, plantea un ejercicio prospectivo que permite explorar trayectorias de alta ambición en materia de descarbonización regional, utilizando como referentes técnicos los lineamientos NZE (2050) de la IEA y los escenarios de descarbonización del PEN, sin implicar definiciones normativas ni compromisos institucionales.

Los escenarios E1, E2 y E3 del PIBE Pacífico utilizan como referentes conceptuales los marcos prospectivos de la Agencia Internacional de Energía (IEA) y los lineamientos del Plan Energético Nacional (PEN) de la UPME, únicamente para efectos analíticos. En este sentido, el Escenario E1 es conceptualmente comparable al escenario STEPS (Políticas Establecidas) o BAU. El Escenario E2 corresponde a APS (Políticas Anunciadas). Y el Escenario E3 refleja la Ruta NZE (Cero Emisiones Netas) de la IEA y el escenario de descarbonización profunda del PEN. Aunque el horizonte de proyección del PIBE Pacífico es 2036, su estructura metodológica mantiene consistencia conceptual con los ejercicios internacionales y nacionales de planeación a 2050, sin implicar alineamientos normativos o programáticos.

Los escenarios internacionales (APS, STEPS, NZE) se emplean como insumos conceptuales y metodológicos, sin implicar adopción normativa ni compromisos institucionales.

FUNDAMENTOS ESTRUCTURALES

La formulación del PIBE Pacífico se sustenta en cuatro fundamentos estructurales que orientan su enfoque técnico, territorial y estratégico, los cuales están alineados con los enfoques estratégicos de la Hoja de Ruta de Transición Energética Justa (TEJ) propuesta por el Ministerio de Minas y Energía-MME:

- **Seguridad y soberanía energética:** Análisis de alternativas asociadas a la reducción de la dependencia de combustibles fósiles y a opciones descentralizadas (por ejemplo, biogás y biomasa residual), cruciales para aportar a la cobertura energética en municipios y subregiones con potencial bioenergético (utilizados y no utilizados), entre los cuales las cuales presentan potencial de aplicación en contextos como las Zonas No Interconectadas (ZNI), de acuerdo con los supuestos del análisis.”. Se busca evitar la dependencia de importaciones de combustibles y biocombustibles, fortaleciendo la autosuficiencia regional y nacional, y disminuyendo la exposición a riesgos externos como la volatilidad de precios, la variabilidad cambiaria y las interrupciones logísticas. El objetivo permanente del país, además de la transición energética, es garantizar que la energía que consumen los territorios (incluida la bioenergía) provenga de recursos nacionales, producidos de forma sostenible, con participación local y sin depender de factores externos. Es deseable que, si la capacidad nacional aún no está lista, se puedan tener alternativas de medidas transitorias de importaciones, pero solo mientras se amplía la producción local. Este fundamento estructural presupone entonces producir 100% de los biocombustibles desde el Pacífico y otras regiones. Las decisiones o mandatos del MME sobre mezclas, normas de calidad, incentivos pueden favorecer la producción nacional, evitando que importaciones baratas desplacen la producción local.
- **Alineación con compromisos climáticos y de desarrollo sostenible:** Demostrando cómo las trayectorias E2 y E3 aceleran la mitigación del CO₂ equivalente. Se deberá tener presente que cualquiera de los dos escenarios de manera implícita incluye necesariamente el escenario E1.

- **Sostenibilidad y transición energética:** Enfocado en tecnologías eficientes y el aprovechamiento logístico de residuos.
- **Equidad social e inclusión territorial:** La implementación de proyectos debe considerar las restricciones y condicionantes de la frontera agrícola. La priorización de soluciones energéticas limpias y eficientes para poblaciones históricamente excluidas, deberá ser un criterio de gran valor en la evaluación de los proyectos.

La cuantificación de la bioenergía utilizada y en prospectiva se priorizó sobre la presentación de los volúmenes brutos de materias primas, dado que la métrica de análisis y planeación es la energía; por lo tanto, no se presenta información tal como número de hectáreas sembradas/cultivadas, cantidad de productos principales y sus residuos y subproductos, rendimientos de cultivos, etc. Tal cuantificación es el resultado de la evaluación integral de la disponibilidad, la logística y la capacidad de transformación técnica de las citadas biomásas, residuos y/o subproductos.

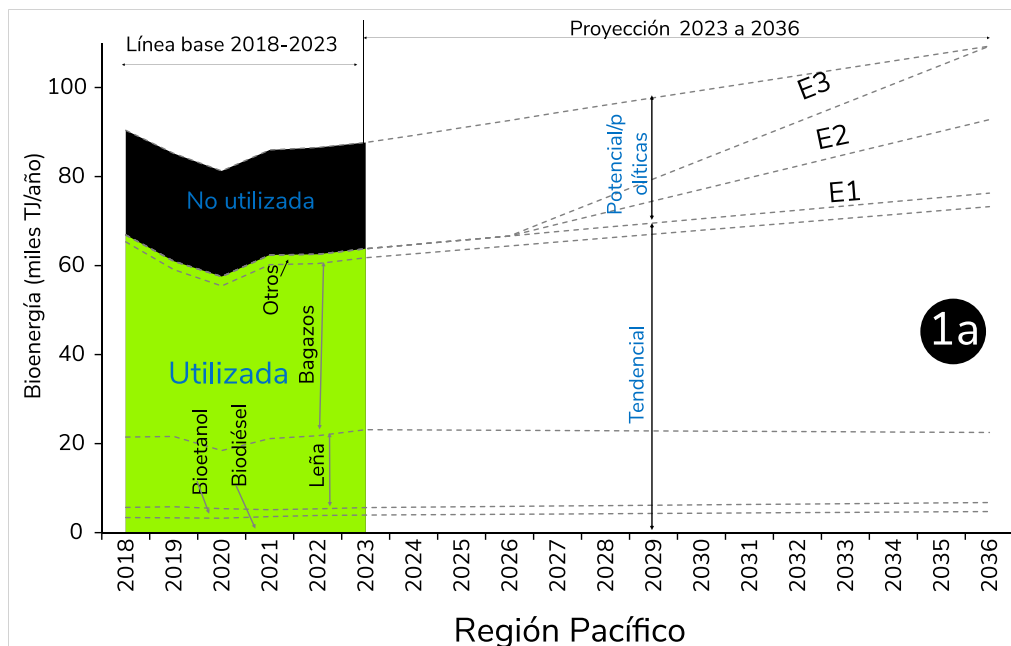
MAGNITUD DEL IMPACTO Y OPORTUNIDAD ESTRATÉGICA

La bioenergía hoy por hoy juega un rol crucial en la matriz energética de la región del Pacífico y nacional, ya que, por ejemplo, la mayor fuente de generación de energía eléctrica a partir de biomásas está centrada en el uso del bagazo de caña de azúcar y panelera en los departamentos de Valle del Cauca, Cauca y Nariño; la participación de la leña es significativa en los departamentos de Chocó, Cauca y Nariño. Se presentan en la **Figura 1a** las cantidades de “bioenergía utilizada” y aquellos de “Bioenergía no Utilizada” para el periodo 2018 a 2023 de biomásas de origen agrícola, forestal, pecuario y urbano; adicionalmente, se presentan las proyecciones de bioenergía para el periodo 2024-2036 bajo tres escenarios: E1 (“Bioenergía Tendencial”), E2 (“Bioenergía 50% Potencial/Políticas”) y E3 (“Bioenergía 100% Potencial/Políticas”). Tales escenarios muestran una participación significativa de la bioenergía en el consumo de energía global (Figura 1b), pero también en la mitigación de emisiones de GEI (Figura 1c) en la región del Pacífico colombiano. En las Figura 1b y Figura 1c también se presentan respectivamente las proyecciones de generación de energía global y de reducción de emisiones.

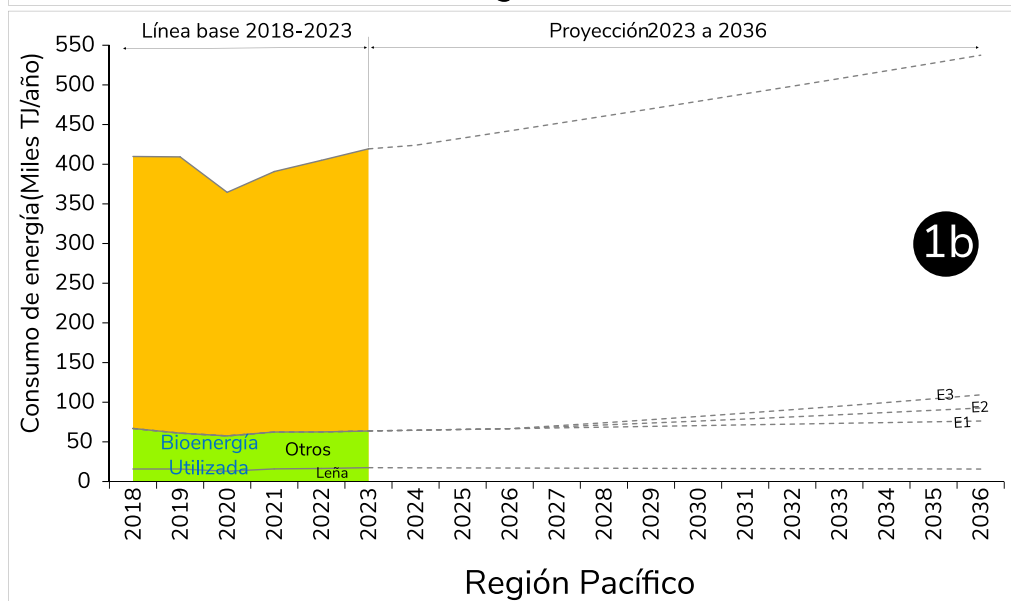
En los tres casos las proyecciones se llevaron a cabo bajo una metodología rigurosa que incluyó indicadores claves de los 4 departamentos de la región del Pacífico colombiano y reportados por el DANE, tales como las emisiones per cápita, la energía per cápita, el crecimiento poblacional y el Producto Interno Bruto (PIB) asociado tanto a emisiones como a consumo de energía.

A manera de ejemplo, y con datos históricos de 2023, se estima que la “Bioenergía Utilizada” en los 4 departamentos del Pacífico aportó un total de 63.773 TJ/año, lo cual también representó aproximadamente un 12,7 % del consumo total de energía en la región y se estima que causó una reducción aproximada de 2,8 millones de toneladas de CO₂eq.

BIOENERGÍA



CONSUMO ENERGÍA



EMISIONES

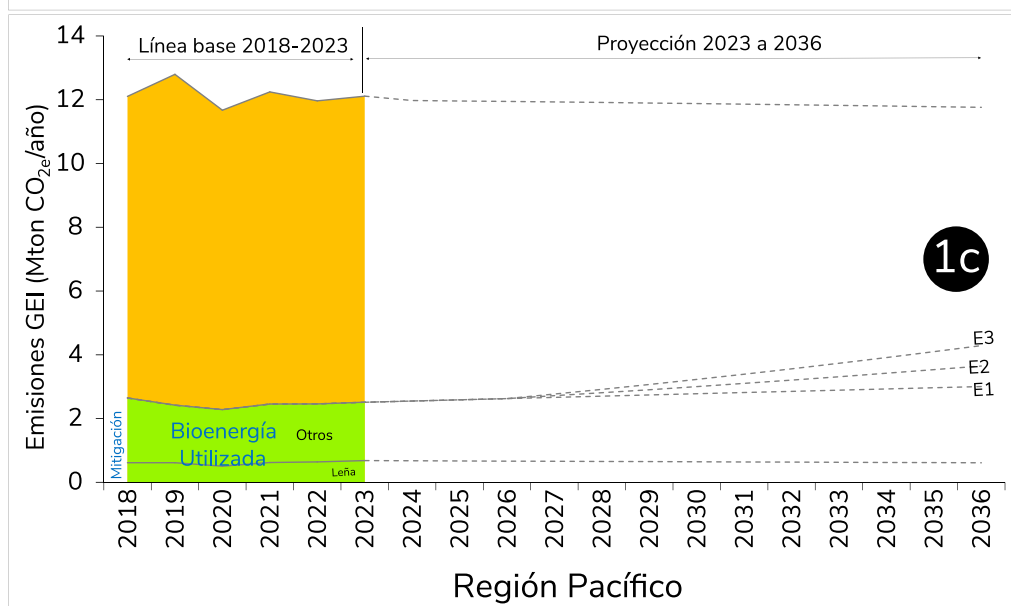


Figura 1. Aportes de la bioenergía (a) al consumo global de energía (b) y reducción de emisiones (c) en la Región del Pacífico colombiano. Fuente: elaboración UPME con información de (UPRA, 2025), (SUI-Superservicios, 2024), (MinAgricultura, 2024a), (DANE, 2025a)

De acuerdo con los resultados hallados, la oportunidad de crecimiento es significativa: se estima, por ejemplo, que en 2023 la “Bioenergía No Utilizada” en la región, en el caso de haberse aprovechado hubiera aportado aproximadamente 15.110 TJ/año, con una reducción estimada de 0,58 millones de toneladas de CO₂eq. Es crucial notar que esta mitigación adicional representa el valor incremental proveniente del aprovechamiento de biomasa no utilizadas y una fracción de bioenergéticos tales como el bagazo, la cascarilla de arroz, el biogás que se desaprovecharon. Este potencial incremental es un insumo técnico que puede complementar el análisis por parte de las entidades competentes desde la bioenergía moderna las trayectorias de los escenarios de las políticas anunciadas y las políticas de cero emisiones propuestas a nivel internacional por la IEA y el PEN de la UPME.

Se identifica que la leña aún representa una fracción significativa del consumo energético doméstico en zonas rurales, mientras que el bagazo de caña y la cascarilla de arroz concentran el mayor aprovechamiento moderno. El análisis evidencia la relevancia sectorial que otras entidades han señalado sobre la sustitución de la leña, por ejemplo, a partir de soluciones termoquímicas limpias (incluye estufas mejoradas) y la oportunidad de desarrollar alternativas biogás y biometano a diferentes escalas a partir de residuos agrícolas, pecuarios y urbanos.

Las proyecciones realizadas para el **periodo 2024–2036 (12 años)** muestran cantidades significativas de expansión con los siguientes resultados asociados (Tabla 1) a la potencial utilización de la bioenergía sobre mitigación de CO_{2e} y aporte bioenergético en la región del Pacífico colombiano:

Tabla 1. Potencial participación de la bioenergía y su respectiva mitigación de CO_{2e} en la región del Pacífico colombiano en **periodo 2024-2036**.

Escenario	Periodo 2024–2036		Principales señales indicativas sugeridas	
	Aporte Bioenergía (PJ)	Mitigación (MtCO _{2e})	Regulatorias	Financieras
E1	913	35,9	Continuidad de regulaciones actuales de bioenergéticos: por ejemplo, Ley 1715 (y modificaciones)	*Actualización y continuación de Incentivos al Ingreso al Productor de biocombustibles. *Inversiones del sector productivo para ampliaciones y/o

Escenario	Periodo 2024–2036		Principales señales indicativas sugeridas	
	Aporte Bioenergía (PJ)	Mitigación (MtCO _{2e})	Regulatorias	Financieras
E2	998	39,2	*E1 + inclusión de bioenergía (biomasas/ bioenergéticos) no solo para generación de electricidad.	E1 + mayor despliegue de inversiones.
E3	1.100	42,6	*Actualización y fortalecimiento del marco regulatorio de los bioenergéticos de origen nacional, tanto actuales (biodiésel, bioetanol, biogás, biometano) como potenciales (diésel renovable y SAF), con el fin de garantizar estabilidad fiscal para el Estado y seguridad jurídica para las inversiones del sector productivo, incluyendo la formulación de lineamientos de política mediante instrumentos que pudiera ser por ejemplo, un documento Conpes. Su implementación que pudiera tener un enfoque gradual, progresivo, armonizado y coherente con las demás políticas públicas en materia energética. *Alinear acciones regulatorias derivadas del Decreto 670/2025 – Basura Cero. * Regulación de biogás/ biometano/ digestatos armonizada y coherente con las demás políticas públicas en materia energética. * El PIBE Pacífico podría servir como insumo técnico voluntario para futuras discusiones sectoriales.	E2 + inversiones más robustas.

De igual forma, los resultados de este Plan demuestran de manera contundente que la bioenergía no es una alternativa marginal, sino un pilar para la seguridad y la soberanía energética regional. Esto se evidencia, por ejemplo, en la ‘capacidad efectiva neta instalada en 2025’, donde —considerando únicamente fuentes renovables— la energía solar aportó alrededor del 6% de la participación, la bioenergía alcanzó el 9% y la hidroenergía representó el porcentaje restante en la región del Pacífico colombiano. Al aprovechar los residuos agroindustriales, pecuarios y urbanos, la región puede no solo logra autoabastecer una porción significativa de su demanda energética, sino también se convierte en un referente nacional de economía circular y descarbonización. Algunos de estos resultados evidenciados en el marco del PIBE Pacífico se presentan a continuación como aspectos concluyentes:

ASPECTOS CONCLUYENTES Y DESTACADOS

● Aspectos generales:

- Los potenciales técnicos bioenergéticos estimados para la región del Pacífico corresponden a una línea base 2018–2023, definida a partir de supuestos conservadores. Las proyecciones 2026–2036 desarrolladas en el Plan muestran que dichos potenciales podrían incrementarse en este horizonte, en función de mejoras en la información primaria, las eficiencias tecnológicas y agronómicas, el desarrollo de escalas productivas y el fortalecimiento del entorno institucional y territorial.

- El desarrollo de la bioenergía moderna (gaseosa, líquida y sólida) y tradicional en la región del Pacífico colombiano a 2036 puede alcanzar trayectorias similares a las de la IEA siempre y cuando se tomen medidas de política pública y energética ambiciosas, al igual que la participación y empuje de los sectores productivos de tal forma que se logren mayores aprovechamientos de las biomásas.
- La adopción de tecnologías modulares puede dinamizar aún más la producción descentralizada y aumentar la autonomía energética en zonas rurales y ser una solución a los cuellos de botella relacionados con la dispersión de las biomásas que pueden ser utilizadas en aplicaciones bioenergéticas.
- La región posee un potencial bioenergético significativo, proveniente mayoritariamente de residuos y subproductos agrícolas y pecuarios.
- El Escenario E3 proyecta que la región podría incorporar a 2036 incrementos significativos de aprovechamiento energético, con un potencial adicional superior 33 mil TJ/año (43 % más) respecto a la línea base, que es E1 (76 mil TJ/año). Respectivamente, a 2036 la línea base de mitigación de GEI del E1 podría ser de 3 Mton CO_{2e}/año y en el E3 podría ser de 4,3 Mton CO_{2e}/año
- Existe la necesidad de un marco normativo proactivo para la bioenergía moderna sostenible (líquida, sólida y gaseosa) en todos los escenarios E1, E2 y E3 que incluya al bioetanol, biodiésel, el biogás, biometano y los recursos sólidos (biomásas, forestales comerciales), pero también se requiere incluir de manera paralela a la potencial industria del diésel renovable y de los biocombustibles de aviación que generen grandes beneficios a los territorios y al país en términos económicos, sociales y ambientales.
- Se está consolidando en la UPME una herramienta digital que integra datos georreferenciados sobre disponibilidad y potencial energético de las biomásas priorizadas en la región (con alcance nacional en el corto plazo), permitiendo visualizar su distribución, evaluar su aptitud tecnológica y apoyar la formulación de proyectos sostenibles.
- El reconocimiento explícito de las biomásas residuales y subproductos como potenciales FNCR es consistente con la Ley 1715 y con el enfoque de la IEA sobre fuentes no convencionales que requieren un impulso regulatorio diferenciado, y constituye un habilitador clave para su aprovechamiento energético sostenible en la región Pacífico.

● **Bioenergía moderna líquida:**

- El desarrollo de los biocombustibles líquidos en la región y en el país debe orientarse a garantizar estrictamente la no competencia con la seguridad y la soberanía alimentaria.
- Mantener mezclas B10 y E10 en el país entre 2023 y 2036, implica en ambos casos, un aumento de la oferta en un 20% aproximadamente, lo cual conlleva necesariamente desde ahora la planeación de proyectos de ampliación, nuevas plantas y habilitar las infraestructuras que no están operativas actualmente. Para este fin se requiere enmarcar las políticas más allá de las establecidas.
- El crecimiento de la bioenergía moderna líquida en el territorio y en el país podría contribuir al crecimiento de la bioenergía moderna sólida y gaseosa.
- El diésel renovable y los biocombustibles de aviación deben ser parte de la agenda y de los escenarios prospectivos de la región del Pacífico colombiano.

● **Bioenergía moderna gaseosa:**

- Existe un potencial bioenergético significativo para la producción de biogás y biometano, lo cual se convierte en una oportunidad para un mayor desarrollo energético en la región del Pacífico y en el país.
- Se sugiere que sea replanteado al biogás como Servicio Público Domiciliario en el marco de la Ley 142 de 1994, mientras persistan vacíos técnicos y regulatorios, lo cual señala la necesidad de armonizar los propósitos de la Resolución CREG 240 de 2016. En su lugar, el

biogás puede ser considerado un bioenergético susceptible de gestión sostenible y efectiva, de acuerdo con los lineamientos de política pública en materia energética que defina el Ministerio de Minas y Energía, la CREG y las autoridades competentes. Los análisis y recomendaciones presentados sobre el biogás no constituyen un retroceso a lo señalado en la Resolución CREG 240 de 2016. Por el contrario, buscan fortalecer su implementación garantizando los principios de seguridad, calidad y eficiencia que rigen los servicios públicos domiciliarios bajo la Ley 142 de 1994.

- Los resultados indican que, en términos de potenciales técnicos de producción de biogás y biometano en la región del Pacífico colombiano, el sector agrícola tiene la mayor participación (56 %), seguido por el sector pecuario (33%), urbano (10%) e industrial (1%).
- La producción de biometano a partir de biomásas por ruta termoquímica se viene posicionando como una alternativa complementaria a la ruta bioquímica para diversificar los procesos, materias primas y escalas de producción.
- En el corto plazo, una “Hoja de Ruta para Biogases” en el país con fundamentos territoriales, es deseable liderada por el Ministerio de Minas y Energía.

● **Bioenergía moderna sólida y tradicional:**

- Se requieren desde ya hacer ajustes a las políticas actuales bioenergéticas y agrícolas para lograr trayectorias o tendencias similares a las propuestas por la IEA sobre la bioenergía moderna sólida y tradicional.
- La sustitución del uso de leña (como bioenergía tradicional) hacia bioenergía moderna sólida es deseable y para ello la ambición y cumplimiento de las políticas actuales como el Plan y Programa de Sustitución de Leña respectivamente de la UPME y el MME serán claves.
- Es deseable lograr un mayor aprovechamiento de biomásas forestales dentro de un marco de gestión forestal sostenible, para mejorar el estado general de las masas arboladas, manteniendo una densidad adecuada para el desarrollo óptimo de los árboles y rebajando el volumen de biomasa total, lo que equivale a retirar energía disponible, lo cual adicionalmente hace parte de la estrategia para evitar potenciales incendios en otros países.
- Los cultivos forestales comerciales en el marco del cumplimiento de las restricciones y condicionales de frontera agrícola son una alternativa para la región del Pacífico colombiano y para el país.

● **Enfoque territorial, ambiental y social**

- El Plan orienta el desarrollo bioenergético hacia la No promoción de la expansión descontrolada de frontera agrícola, sino hacia la intensificación sostenible, la optimización del uso del suelo, y el aprovechamiento prioritario de residuos, subproductos y biomásas existentes.
- En el marco de la metodología de enfoque territorial de la UPME los aspectos condicionales y de restricciones de frontera agrícola en los cuatro departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, deben ser tenidos en cuenta en todos los potenciales proyectos de producción de bioenergéticos desde el sector agrícola.
- La gestión integral del recurso hídrico constituye un criterio técnico para el desarrollo de proyectos bioenergéticos, los cuales necesariamente deben garantizar la preservación de cuencas hidrográficas estratégicas, humedales y páramos, que sustentan los servicios ecosistémicos y la resiliencia ambiental regional.
- Los proyectos deben fundamentarse en principios de sostenibilidad y alinearse con los condicionales y restricciones de la frontera agrícola de los territorios, asegurando la primacía de los usos alimentarios del suelo.
- Las APPAs pueden considerarse importantes focos de desarrollo de bioenergía bajo esquemas de economía circular y el aprovechamiento de residuos, siempre que se preserve su función principal de protección alimentaria.

- Los actores que producen las biomasa tienen alternativamente posibilidades de convertirse en productores y/o proveedores de materias primas para la producción bioenergéticos como el biogás y/o biometano a diferentes escalas.
- Es necesaria la adopción del enfoque territorial en los estudios, planes y proyectos energéticos, lo que implica que las dimensiones social, ambiental, étnica, cultural y de género deben estar presentes en la planificación bioenergética del Pacífico.

Es importante señalar que el PIBE Pacífico define cuatro ejes estratégicos: (i) fortalecimiento institucional y gobernanza territorial, (ii) desarrollo tecnológico e innovación bioenergética, (iii) inclusión social y equidad de género, y (iv) sostenibilidad ambiental y acción climática. Adicionalmente se proponen algunos programas e iniciativas indicativas con énfasis en biogases, biocombustibles líquidos y bioenergía sólida moderna, acompañadas de mecanismos de financiamiento público-privado, fondos de fomento y el Observatorio Colombiano de Bioenergía (OBCO) como instancia de seguimiento y evaluación.

La implementación de los escenarios planteados, en especial el E2 (Avance Consolidado) y el E3 (Aprovechamiento Pleno), traerá beneficios tangibles para la población del Pacífico: generación de empleo rural, mejora de la calidad del aire mediante la sustitución de leña y diésel, y electrificación confiable para zonas apartadas. Este Plan, por tanto, no es solo un ejercicio técnico; es una apuesta por el desarrollo inclusivo, la equidad territorial y la acción climática concreta, que posiciona a la región como un motor de la bioeconomía colombiana.

El PIBE Pacífico se consolida como un instrumento estratégico de planeación que integra la dimensión técnica, ambiental, social y económica de la bioenergía en la región. Su estructura metodológica permite orientar decisiones públicas y privadas con base en evidencia, priorizando intervenciones que maximizan el aprovechamiento energético de residuos, reducen emisiones y fortalecen las economías locales.

El PIBE Pacífico también plantea un modelo de gobernanza multinivel, articulando ministerios, gobernaciones, corporaciones autónomas, universidades y comunidades locales, con el propósito de garantizar la implementación gradual y el aprendizaje institucional.

Finalmente, el PIBE Pacífico no solo presenta cifras o escenarios: propone una visión transformadora de desarrollo regional, donde la bioenergía se convierte en un motor de empleo rural, inclusión productiva, competitividad exportadora y acción climática efectiva. Su adopción permitirá que el Pacífico colombiano transite hacia un modelo energético descentralizado, limpio y justo, fortaleciendo la seguridad y soberanía energética nacional y abriendo nuevas oportunidades de inversión en el marco de la transición energética justa.

Nota de Autoridad y Alcance: El contenido del PIBE Pacífico es de carácter indicativo, basado en información y datos de fuentes institucionales y sectoriales. Su propósito principal es proveer bases técnicas y analíticas para la formulación de política pública en materia energética en el ámbito territorial y nacional, así como la identificación de oportunidades de desarrollo e inversión, sin constituir, por sí mismo, un compromiso de ejecución vinculante.

PARTE I: CONTEXTO Y MARCO ESTRATÉGICO

SECCIÓN 1- OBJETIVO GENERAL DEL PIBE PACÍFICO, FUNDAMENTOS ESTRUCTURALES Y OBJETIVOS DE PLANEACIÓN

1.1. Objetivo General:

Proveer información técnica e indicativa que pueda apoyar la formulación de política energética de los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, y también ser un referente para el país, y de esta manera, aportar insumos técnicos para entender los requerimientos energéticos de la población y los agentes/actores económicos de esta región.

De esta manera, el PIBE Pacífico analiza escenarios sobre el posible posicionamiento y aprovechamiento futuro y sostenibilidad de la “Bioenergía Tendencial” y “Bioenergía Potencial/Políticas” en la región del Pacífico colombiano. El alcance se centra en la evaluación de los recursos obtenidos a partir de residuos, subproductos y cultivos energéticos de diversas cadenas de valor bajo principios de economía circular. Se proyecta que la adecuada implementación de las trayectorias propuestas en el PIBE Pacífico contribuya decisivamente a la transición energética nacional, a la equidad territorial y al desarrollo económico en la región y el país.

1.2. Importancia de la Bioenergía para la Región del Pacífico:

La UPME priorizó la Región del Pacífico para la elaboración de este primer Plan Indicativo de Bioenergía Regional, en cumplimiento de su mandato de planeación energética integral y del enfoque territorial establecido en la Resolución 339 de 2022. Esta decisión se articula con los lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022–2026, que identifica a la Región del Pacífico como un territorio estratégico para avanzar en los compromisos nacionales de acción climática y conservación de la biodiversidad, promoviendo la formulación y ejecución de proyectos de bioenergía y bioelectricidad a través del Plan Plurianual de Inversiones (PPI) 2023–2026.

La priorización también obedece a las especiales condiciones biofísicas, productivas y socioeconómicas de la región, que la posicionan como una de las zonas con mayor potencial bioenergético del país. Su diversidad agrícola, la riqueza de sus ecosistemas forestales y la disponibilidad permanente de residuos y subproductos agrícolas, pecuarios, urbanos e industriales ofrecen una base sólida para el desarrollo de soluciones energéticas sostenibles. Este potencial representa una oportunidad estratégica para:

- Reducir emisiones contaminantes (CO₂e y material particulado).
- Contribuir al abastecimiento energético regional a partir de fuentes bioenergéticas.
- Ampliar el acceso a energía en zonas dispersas mediante soluciones descentralizadas.
- Impulsar el desarrollo económico e inclusivo, con énfasis en comunidades rurales y étnicas.

El análisis técnico evidencia que el potencial bioenergético de la región se concentra principalmente en cadenas agropecuarias con aplicaciones mayoritariamente termoquímicas. Esto hace necesario orientar la planificación tanto hacia tecnologías bioquímicas como hacia tecnologías termoquímicas maduras de alta eficiencia —como combustión, gasificación y pirólisis—, sin dejar de lado el fortalecimiento gradual de soluciones para biogás y biometano (UPME, 2024).

A pesar de este amplio potencial, diferentes estudios y la información de la última Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) muestran que el aprovechamiento actual de residuos y subproductos con fines bioenergéticos ha sido históricamente limitado. Este rezago confirma la necesidad de una intervención planificada y estratégica. En respuesta, el PIBE Pacífico se concibe como un insumo técnico que permita cerrar esta brecha, consolidando información técnica robusta, ofreciendo elementos analíticos que pueden apoyar los procesos de toma de decisiones, así como fortalecer la comprensión regional sobre la identificación, valoración y desarrollo de potenciales bioenergéticos, posicionando a la región como un referente nacional

1.3. Fundamentos Estructurales y Objetivos de Planeación

El PIBE Pacífico se concibe como una herramienta de planeación orientada al aprovechamiento sostenible de fuentes bioenergéticas territoriales. El Plan se alinea con las directrices de política pública vigentes en el país, tales como el actual Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 (PND) (y sucesivos), los Planes de Ordenamiento Territorial, las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC), y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Además, integra los análisis prospectivos de la Agencia Internacional de Energía (IEA) —utilizando el Escenario de Políticas Establecidas (STEPS) como línea base, el escenario de Políticas Anunciadas (APS) y el escenario de cero emisiones (NZE) como referencia aspiracional post 2036, sumados a los respectivos escenarios planteados en el PEN de la UPME, para promover una planeación energética sostenible, resiliente, participativa y equitativa.

A continuación, se detallan los **cuatro fundamentos estructurales** y los objetivos de planeación específicos que guían la estrategia del PIBE Pacífico.

● Seguridad y Soberanía Energética:

Fundamento Estructural: Promover el aprovechamiento sostenible de fuentes bioenergéticas territoriales —agrícolas, pecuarias, forestales, industriales y urbanas— como mecanismo para fortalecer la seguridad energética en el Pacífico colombiano. Este enfoque busca reducir la dependencia de combustibles fósiles, fomentar soluciones descentralizadas (por ejemplo, biogás y biomasa residual) cruciales para aportar a la cobertura energética en municipios y subregiones que tienen potenciales actuales y posibles bioenergéticos de manera especial en Zonas No Interconectadas (ZNI), y disminuir vulnerabilidades, articulándose con los lineamientos del PND 2022-2026 y los sucesivos instrumentos de planeación nacional, como también los Planes de Ordenamiento Territorial (POT). Se busca evitar la dependencia de importaciones de combustibles y biocombustibles, fortaleciendo la autosuficiencia regional y nacional, y disminuyendo la exposición a riesgos externos como la volatilidad de precios, la variabilidad cambiaria y las interrupciones logísticas.

Objetivo de Planeación: Fortalecer la planeación energética regional y la valoración de los bioenergéticos que integren criterios de eficiencia, resiliencia y equidad. La meta es contribuir a una transición energética justa, manteniendo el desarrollo del escenario E1 y priorizando la implementación de los escenarios de Avance Consolidado (E2) y Aprovechamiento Pleno (E3) para superar la tendencia actual y fomentar la participación comunitaria a través de mesas técnicas locales y mecanismos de consulta previa.

Sostenibilidad y Transición Energética

Fundamento Estructural: Aprovechar el alto potencial bioenergético del Pacífico para diversificar la matriz energética regional y nacional, reduciendo la dependencia de fuentes fósiles y garantizando soluciones limpias y sostenibles tanto en áreas urbanas como rurales. Este aprovechamiento debe ser técnicamente viable, ambientalmente responsable, socialmente justo y no compita con la seguridad alimentaria.

Objetivo de Planeación: Impulsar el desarrollo sostenible de los recursos bioenergéticos presentes y futuros como parte integral de la transición energética. Se busca contribuir a la competitividad territorial, la seguridad energética y la reducción de emisiones de GEI, articulando estos esfuerzos con los planes integrales de cambio climático territorial y los escenarios de planeación energética nacional. Se considera necesaria la inclusión del aprovechamiento del potencial bioenergético y la oportunidad de impulsar la transferencia tecnológica para desarrollar bioenergéticos modernos.

● Alineación con Compromisos Climáticos y de Desarrollo Sostenible

Fundamento Estructural: Posicionar a los bioenergéticos como insumos estratégicos para la reducción de emisiones contaminantes. El foco se centra en el potencial incremental (Escenarios E2 y E3), indispensable para aportar a los objetivos de mitigación de las NDC y promover la economía circular. Su desarrollo permite que los territorios del Pacífico colombiano contribuyan activamente al cumplimiento de las metas climáticas y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Incluir la conservación del recurso hídrico de manera armónica y progresiva es fundamental de acuerdo con lo señalado en el PND 2022-2026.

Objetivo de Planeación: Contribuir, desde el Pacífico colombiano, al cumplimiento de los compromisos climáticos nacionales e internacionales mediante el uso eficiente de residuos, la reducción de emisiones de GEI y material particulado, y la implementación de modelos de bioeconomía circular. Esto debe articularse con los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territorial (PIGCCT), integrando actores locales, institucionales y comunitarios.

● Equidad Social e Inclusión Territorial de Mujer y de Género

Fundamento Estructural: Asegurar que el desarrollo de la bioenergía en el Pacífico colombiano sea incluyente y en su filosofía defina la posibilidad de generar beneficios directos para comunidades afrodescendientes, pueblos originarios, comunidades campesinas y rurales, promoviendo empleo, inclusión y acceso a energía limpia y la inclusión de mujer y género. Este proceso debe respetar los condicionales y restricciones territoriales establecidos en la normativa, garantizando enfoques diferenciales y participativos.

Objetivo de Planeación: Promover el desarrollo económico y social mediante el progresivo posicionamiento de la bioenergía, fomentando empleo rural, inclusión étnica y territorial, y oportunidades productivas locales. La implementación de proyectos debe priorizar y definir la posibilidad de la participación de las comunidades en la formulación, ejecución y seguimiento, asegurando que estos respondan a las necesidades y aspiraciones del territorio.

SECCIÓN 2. CONSUMO, OFERTA, PROYECCIONES Y BASES TECNOLÓGICAS DE LA BIOENERGÍA MUNDIAL Y NACIONAL

Esta sección contextualiza la posición de la bioenergía en el sistema energético global y nacional, examinando la evolución del consumo y la oferta de energía, las tendencias internacionales de sustitución de combustibles fósiles y el avance de las tecnologías bioenergéticas. El análisis destaca la persistencia del uso tradicional de biomasa, así como la necesidad de su transformación hacia sistemas modernos, eficientes y sostenibles, coherentes con los objetivos de transición energética y desarrollo regional.

2.1. Dinámica de la energética mundial y nacional (1975–2023):

El análisis de la evolución del consumo energético mundial y nacional (fuentes primarias y secundarias) entre 1975 y 2023 demuestra el papel históricamente representativo de la bioenergía entre las fuentes renovables, pero confirma el persistente dominio de las fuentes de origen fósil y nuclear (no renovables), lo cual se observa claramente diferenciado en la **Figura 2**.

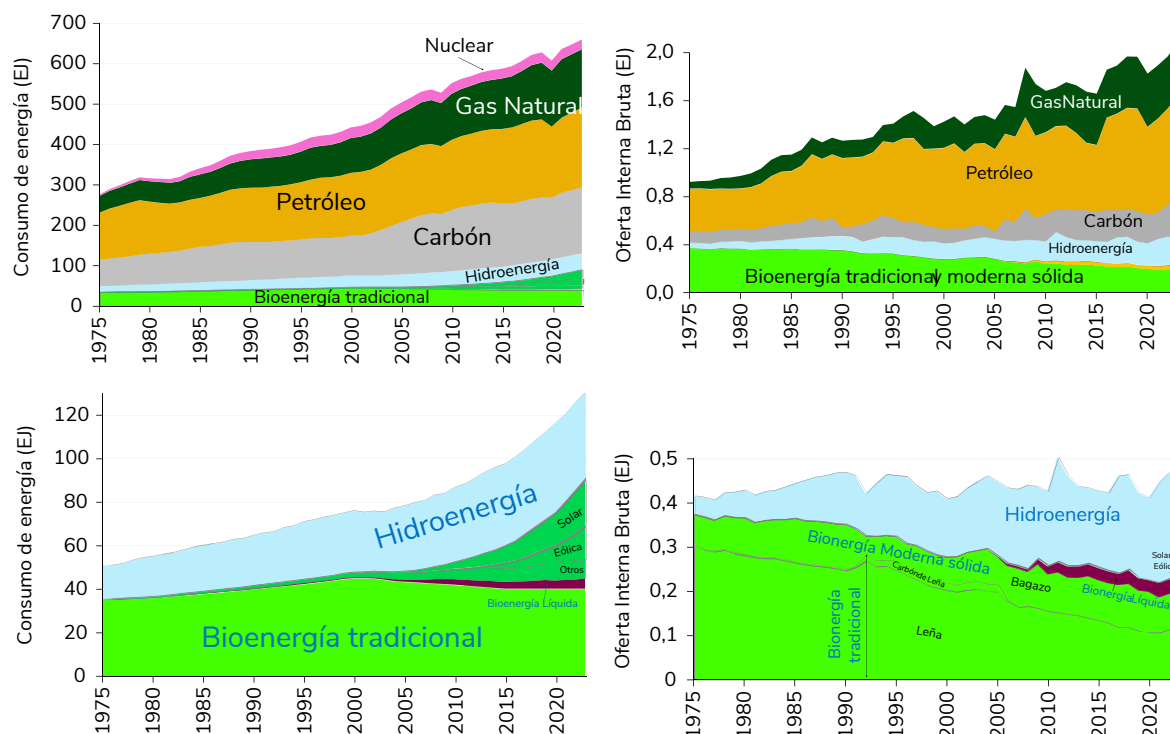


Figura 2. Consumo de energía mundial (a1 y b1) y oferta interna bruta nacional (a2 y b2) en el periodo 1975-2023. Fuente: elaboración UPME con información de (UPME, 2025a), (Our World in Data, 2025).

Bajo el supuesto que a nivel nacional la oferta interna bruta de energía en Colombia está directa y positivamente relacionada con el consumo final de energía (aunque la relación no es estrictamente proporcional en una proporción fija y constante), los resultados comparativos a nivel mundial y nacional presentados en la Figura 2 y Tabla 2, confirman que el país tiene una matriz energética más limpia que el promedio mundial y que la bioenergía y los biocombustibles en el país también tienen porcentajes de participación más altos que los respectivos comparativos mundiales:

Tabla 2. Resultados comparativos de energía No renovable y Renovable a nivel nacional y mundial

Energéticos	% Mundial (consumo mundial)	% Nacional (oferta interna bruta)	Participación % en la matriz energética nacional respecto a la mundial		Ver Figuras
			1975	2023	
No Renovables	86,3	78,8	<ul style="list-style-type: none"> • Petróleo mayor • Carbón menor 	<ul style="list-style-type: none"> • Petróleo mayor • Carbón menor 	Figura 2-a1 vs 2-a2
Renovables	13,7	21,2	<ul style="list-style-type: none"> • Sin información solar eólica ni mundial ni nacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Deficiente despliegue solar y eólico (cantidad oficial reportada en el BECO 2024) 	Figura 2-b1 vs 2-b2
Bioenergía (base total)	6,8	10,8	<ul style="list-style-type: none"> • Bioenergía mayor 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioenergía mayor 	
Bioenergía (base de energía renovable)	49,6	51,1	<ul style="list-style-type: none"> • Bioenergía mayor 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioenergía mayor 	
Biocombustibles	0,7	1,6	<ul style="list-style-type: none"> • Sin información biocombustibles 	<ul style="list-style-type: none"> • Biocombustibles mayor 	

Fuente: elaboración UPME con información de (UPME, 2025a), (Our World in Data, 2025).

A partir de la información presentada en la **Figura 2** y dentro del conjunto de las fuentes renovables diferentes a la biomasa tradicional para el contexto nacional (oferta bruta) y mundial (consumo), llama la atención que ellas en su conjunto tuvieron un crecimiento comparativo entre 1975 y 2023 mayor al 1.000% lo cual es un buen punto de referencia para los propósitos de transición energética a nivel mundial como se presenta en la siguiente **Tabla 3**. El resultado está asociado al acelerado despliegue y al reciente desarrollo de la industria solar y eólica, así como a la creciente participación (en menor medida) del uso de biocombustibles como el biodiésel, el bioetanol y el diésel renovable.

Tabla 3. Resultados comparativos de consumo de energía (TJ)

Fuente			Resultados comparativos de consumo de energía (TJ)		
			1975	2023	% de diferencia 1975 a 2023
MUNDIAL	Renovables	Biomasa tradicional	34.984.800	39.999.600	14%
		Hidroenergía	15.423.597	39.650.821	157%
		Eólica + solar + biocombustibles +Otros renovables	438.608	50.580.381	11.432%
	No Renovables	Carbón	64.963.570	164.033.748	153%
		Gas Natural	41.975.050	144.366.264	244%
		Petróleo	115.172.446	196.430.400	71%
		Nuclear	3.778.019	24.567.038	550%
NACIONAL	Renovables	Hidroenergía	41.710	211.452	407%
		Bagazo	67.303	72.940	8%
		Leña y carbón de leña	306.947	119.823	-61%
		Eólica, solar, biocombustibles y otros renovables	3.744	45.326	1.111%
	No renovables	Carbón	100.381	293.177	192%
		Gas Natural	58.418	444.145	660%
		Petróleo	348.827	910.046	161%
Nota: Los valores de consumo mundiales provienen de estimaciones basadas en la metodología del Energy Institute's Statistical Review of World Energy (sustitución o input-equivalent) para las fuentes no fósiles.					

Fuente: elaboración UPME con información de (UPME, 2025a), (Our World in Data, 2025).

También es muy relevante la evidencia sobre el crecimiento porcentual de las fuentes no renovables a nivel nacional y mundial; de manera particular, se observa que a nivel nacional el crecimiento del carbón, gas natural y petróleo fue significativamente alto, lo cual ha llevado a que el país pasara de una participación renovable de la oferta bruta de energía renovable del 45 % al 21 % entre 1975 y 2023 respectivamente; este cambio ha sido impactado en gran medida por la disminución del uso de la leña (renovable) del -61 %, lo cual es muy positivo para las políticas de sustitución de leña a nivel global y nacional. Sin embargo, el contexto de la región del Pacífico los resultados indican que entre los años 2018 a 2023 la leña ha tenido un crecimiento regional aproximado del 11% (Cauca 15%, Chocó 10%, Nariño 8% y Valle del Cauca 2%), lo cual llama la atención a las políticas públicas en materia energética para mantener y reforzar las acciones de sustitución en este territorio. Lo anterior está siendo subsanado por los actuales programas ejecutados por el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Medio Ambiente y otras entidades con el apoyo de la UPME (PNSL), sobre la sustitución de fogones de leña por estufas ecoeficientes, para lo cual no se tienen la información totalmente identificada y revisada, por lo tanto en su balance sumaría como bioenergía moderna sólida y se le restaría al consumo de leña tradicional.

Se observa adicionalmente que los resultados presentados en la Tabla 3 indican de manera clara que los renovables en su conjunto han crecido, pero las no renovables también lo han hecho a una mayor velocidad, lo cual sugiere retos importantes para los propósitos de la transición energética, en los cuales la bioenergía sostenible jugará un papel estratégico y complementario a las demás alternativas renovables.

2.2. Trayectoria de la Oferta Energética Nacional:

La evolución de la oferta energética en Colombia, presentada en el Balance Energético Colombiano (BECO), refleja un contraste crítico: la vulnerabilidad de la matriz, históricamente dominada por la hidroelectricidad, quedó expuesta con el “apagón” de 1992. Esta crisis condujo a la Ley 143 de 1994, que estableció el régimen del sector eléctrico y sentó las bases para la diversificación. En 1975, las fuentes renovables (principalmente la biomasa tradicional y la hidroenergía) representaban más del 40% de la oferta total de energía. La biomasa, en sus formas tradicionales y modernas, ha conservado una participación porcentual superior al 50% de la oferta total de fuentes renovables.

Los resultados sobre la participación de la bioenergía a nivel regional, nacional y mundial indican que las políticas energéticas futuras tienen retos muy importantes que en su finalidad logren vencer la inercia de crecimiento del consumo de combustibles fósiles. Por lo anterior, se requiere un esfuerzo hacia políticas y acciones de transición energética planeadas a nivel regional, nacional y mundial para lograr obtener resultados significativos.

2.3. Proyecciones internacionales de la bioenergía:

La IEA propone tres escenarios prospectivos para el desarrollo de la bioenergía moderna: Políticas establecidas (STEPS por sus siglas en inglés), Políticas anunciadas (APS por sus siglas en inglés) y Política cero emisiones (NZE por sus siglas en inglés). Estos escenarios permiten visualizar el comportamiento esperado de tres tipos de bioenergía moderna: sólida, líquida y gaseosa, en función de las políticas actuales, los compromisos anunciados y las metas de descarbonización total. En la siguiente **Tabla 4** se describen los tipos de biomasa asociados a estos tipos de bioenergía moderna según la IEA:

Tabla 4. Descripciones para la bioenergía moderna y tradicional

Tipo de bioenergía	Principal bioenergético	Notas
Tradicional	Leña, subproductos agrícolas, estiércol	Se usan tecnologías básicas, como un fuego abierto o estufas ineficientes
Moderna sólida	Biomasa forestal, residuos agrícolas, cultivos energéticos, residuos orgánicos, biocombustibles sólidos procesados, leña.	Se procesan con tecnologías más eficientes que la biomasa tradicional
Moderna líquida	Biodiésel, bioetanol, diésel renovable, SAF, biocombustibles sintéticos.	Conocidos como biocombustibles líquidos, los cuales se usan principalmente para el transporte
Moderna gaseosa	Biogás, biometano, biosyngas.	Generados mediante procesos avanzados y a menudo a partir de residuos.

Fuente: elaboración UPME con información de (IEA, 2024).

Los análisis planteados por la IEA indican que el escenario STEPS proyecta un crecimiento moderado de la bioenergía, mientras que APS y NZE muestran trayectorias más ambiciosas, especialmente para los biocombustibles líquidos y el biogás, que desempeñan un papel clave en la descarbonización del transporte y de la generación distribuida. Dentro de la bioenergía moderna global la mayor participación actual y futura la tiene bioenergía moderna sólida (35,6 EJ en 2023), seguida de la líquida (4,6 EJ en 2023), y finalmente la gaseosa (1,3 EJ en 2023) que corresponde a porcentajes respectivamente de **59 %, 8 % y 2 %** cuyo porcentaje restante corresponde al uso de bioenergía tradicional (**31 %**).

Dicha información sobre la bioenergía moderna y tradicional reportada por la IEA a nivel mundial tiene coincidencias porcentuales y tendencias que permitieron hacer un análisis amplio en el marco del PIBE Pacífico; a manera de ejemplo y con los datos hallados en el mismo año 2023 en la región del Pacífico colombiano se muestra a continuación información sobre la bioenergía utilizada:

- **Bioenergía moderna sólida** (58 %): bagazo + cascarilla (bajo el supuesto de que son tecnologías modernas para cogenerar y autogenerar).
- **Bioenergía moderna líquida** (9 %): biodiésel y bioetanol.
- **Bioenergía moderna gaseosa** (2 %): biogás de palma, pecuario, PTAR y Residuos Sólidos Urbanos (RSU).
- **Bioenergía tradicional** (31 %): leña para cocción. Falta consolidar aportes estimados sobre las estufas ecoeficientes (uso de tecnologías modernas) y probablemente este porcentaje de bioenergía tradicional baje un poco y aumente la bioenergía moderna.

Los resultados comparativos anteriores demuestran que la región del Pacífico es un buen punto de referencia para la identificación y complemento de la planeación bioenergética a nivel nacional, ya que su matriz bioenergética tiene tendencia a los datos globales a nivel mundial en términos de los bioenergéticos de utilizados y de uso actual, pero que podrán tener una mayor participación si se promueven políticas públicas en materia energética adecuadas para aprovechar al máximo los usos actuales y posibles de bioenergía sostenible que se puede desarrollar en la Región y que han sido planteados en el presente Plan. Esta información se presentará de manera detallada e ilustrativa en la sección 9 en la que se presentan de manera comparativa y proporcional los resultados hallados para la región del Pacífico colombiano (2018 a 2036) y los escenarios planteados por la IEA (2024) para la bioenergía moderna y tradicional de 2010 a 2050.

En conjunto, las proyecciones de nuestra región del Pacífico de la bioenergía evidencian un escenario de expansión conservadora y con un crecimiento siempre por debajo de los escenarios de la IEA. En este contexto, resulta necesario comprender las bases técnicas y tecnológicas que sustentan dicha evolución, identificando las rutas de conversión, su grado de madurez y su aplicabilidad en el territorio colombiano. Este marco se desarrolla en el siguiente apartado, que presenta una caracterización sintética de las principales tecnologías bioenergéticas y su relevancia para el análisis regional del Pacífico.

2.4. Caracterización técnica y tecnológica de la bioenergía: bases para el análisis regional

La caracterización técnica y tecnológica constituye un insumo fundamental para comprender el papel de las biomásas y la potencial participación de la bioenergía en la transición energética

colombiana. A través de ella se identifican las fuentes primarias de energía biológica, los procesos de conversión, los bioenergéticos resultantes y su nivel de madurez tecnológica (TRL, por sus siglas en inglés), lo que permite diferenciar las tecnologías consolidadas de aquellas en fase de desarrollo o demostración.

● **Bioenergéticos primarios. Aprovechamiento tradicional y modernización**

Los bioenergéticos primarios corresponden a las formas más directas de energía derivadas de biomasa, principalmente leña, madera y bagazo de caña de azúcar y de panelera, que se utilizan sin transformación química significativa. Su empleo histórico ha estado asociado a la cocción doméstica, al secado agrícola y a la generación de electricidad y calor industrial. A nivel nacional, la energía proveniente de estos recursos representa entre el 13 y el 15 % del consumo final de energía, y su participación es aún mayor en zonas rurales del Pacífico, donde cumplen un papel importante en la seguridad energética local (UPME, 2022). Sin embargo, su uso tradicional plantea desafíos en eficiencia y emisiones de contaminantes atmosféricos.

La modernización de su aprovechamiento busca conservar su relevancia social reduciendo impactos y mejorando la eficiencia mediante:

- Estufas limpias y sistemas de combustión mejorados, que reducen emisiones y aumentan la eficiencia térmica.
- Procesos de densificación (briquetas, pellets), que facilitan transporte, almacenamiento y control de humedad.
- Sistemas modernos de cogeneración eléctrica y térmica, donde el bagazo o la madera se usan para producir simultáneamente electricidad y vapor industrial.

El bagazo de caña es la biomasa más tecnificada del país, genera cerca de 1.876 GWh anuales de energía, con 800 GWh de excedentes eléctricos inyectados al Sistema Interconectado Nacional (SIN) (ASOCAÑA, 2025b). Este esquema es un referente de aprovechamiento circular, donde los residuos industriales se valorizan como fuente energética, modelo replicable en otras agroindustrias.

● **Bioenergéticos secundarios**

Los bioenergéticos secundarios resultan de procesos de conversión bioquímica o termoquímica que transforman biomasa en combustibles líquidos, gaseosos o sólidos de mayor densidad energética. En Colombia, los biocombustibles de primera generación (1G) —bioetanol y biodiésel— se producen a partir de materias primas agrícolas: la caña de azúcar y el aceite de palma, respectivamente. Ambas tecnologías alcanzan el TRL 9, es decir, la plena madurez comercial. Su inserción en el mercado nacional se ha dado mediante mezclas obligatorias con combustibles fósiles (E10 y B10 actualmente), lo que ha contribuido a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y al cumplimiento de las metas de mitigación del sector del transporte (MinAmbiente, 2024). En la región del Pacífico colombiano solo se produce bioetanol, pero se consumen ambos bajo el mandato actual de mezclas nacional del 10%.

El desarrollo más reciente se orienta hacia biocombustibles de segunda generación (2G) y avanzados, que aprovechan residuos agrícolas, forestales y urbanos, lo que mejora la sostenibilidad del ciclo productivo. Entre ellos destacan (TECSOL & USAENE, 2023):

- **Biogás y biometano**, producidos por digestión anaerobia de residuos pecuarios, FORSU y efluentes agroindustriales (POME). Su aprovechamiento incluye la generación eléctrica o la inyección a redes como biometano tras un proceso de purificación (*upgrading*). Estos dos biogases actualmente se producen en el país, pero en la región del Pacífico solo se produce y se usa biogás.
- **Bioetanol 2G**: producido a partir de residuos lignocelulósicos. Aún no se produce comercialmente ni se consume en el país.

- **Diésel renovable:** combustible derivado del hidrotratamiento catalítico de aceites y grasas, totalmente compatible con la infraestructura actual. Aún no se produce comercialmente ni se consume en el país.

- **Combustibles sostenibles de aviación (SAF):** producidos bajo rutas tecnológicas como HEFA, Fischer–Tropsch (FT) o Alcohol-to-Jet (ATJ). Estas tecnologías se ubican entre **TRL 6–9**, y su expansión depende de políticas de fomento, infraestructura de conversión, incentivos de inversión y certificación de sostenibilidad. Aún no se produce comercialmente ni se consume en el país.

- **Adecuación de biomásas y madurez tecnológica**

La diversidad biofísica nacional determina la correspondencia entre biomásas, tecnologías y productos energéticos, sintetizada en la **Tabla 5** siguiente:

Tabla 5. Relación entre biomásas, rutas tecnológicas y productos bioenergéticos según nivel de madurez tecnológica (TRL).

Tipo de biomasa	Ruta tecnológica principal	Producto energético	Nivel TRL	Aplicabilidad en la Región Pacífico/ Comentarios técnicos
Leña, madera, residuos forestales	Combustión directa/ Gasificación	Calor/ Electricidad	8–9	Base para cocción doméstica, secado y cogeneración forestal.
Bagazo y residuos agrícolas (ejemplo caña, plátano, arroz, coco)	Cogeneración/ Fermentación alcohólica (1G/2G)	Electricidad/ Bioetanol	7–9	Altamente tecnificada en ingenios azucareros; posibilidad de proyectar a bioetanol 2G.
Aceites vegetales y grasas (palma)	Transesterificación/ Hidrotratamiento (HVO/HEFA)	Biodiésel/ Diésel renovable / SAF	8–9	Nariño potencial productor de biodiésel
Estiércoles, FORSU, POME	Digestión anaerobia / Upgrading a biometano	Biogás/ Biometano	7–9	Infraestructuras pecuarias y de palma con desarrollos.

Tipo de biomasa	Ruta tecnológica principal	Producto energético	Nivel TRL	Aplicabilidad en la Región Pacífico/ Comentarios técnicos
Residuos lignocelulósicos (bagazo, raquis, residuos forestales)	Gasificación / Síntesis Fischer-Tropsch / ATJ	Bio-SNG / SAF / Combustibles líquidos	5–9	Cauca, Valle, Chocó/ Ruta avanzada; requiere inversión en catalizadores y plantas demostrativas
Residuos grasos / Glicerina cruda del biodiésel	Reformado / Hidrogenación	Biopropano / H ₂ renovable	5–7	Nariño, Valle/ Subruta complementaria deHEFA/ HVO; potencial de integración con refinerías.
Biomasa húmeda (POME, lodos, residuos orgánicos urbanos)	Pirólisis / Licuefacción hidrotérmica (HTL)	Bio-oil / Combustibles intermedios	5–7	Tumaco, Valle/ Tecnología emergente apta para biomasa de alta humedad; aún en validación comercial.
Microalgas	Cultivo, extracción de lípidos / HTL	Aceites algales / Biocombustibles	4–6	Emergente/ zonas costeras del Pacífico/ Requiere I+D y pilotos costeros; sin aplicaciones comerciales actuales.

Fuente: elaboración UPME con información de (Biofuels et al., 2024; IEA, 2025; IRENA, 2016)

El panorama tecnológico de la bioenergía en Colombia refleja una transición progresiva desde el uso tradicional de biomasa hacia sistemas avanzados de conversión. Los bioenergéticos primarios continúan siendo esenciales para la seguridad energética rural y la generación descentralizada, pero requieren modernización. Los biocombustibles líquidos de primera generación son pilares consolidados de la matriz energética, mientras que las rutas avanzadas (biometano, HVO, SAF, bioetanol 2G) representan una alternativa futura de la descarbonización del transporte y la diversificación productiva.

La bioenergía en Colombia combina recursos abundantes con tecnologías en distintos niveles de madurez, lo que exige una estrategia escalonada: (i) consolidar tecnologías maduras, (ii) escalar tecnologías intermedias mediante proyectos piloto y (iii) promover la innovación en rutas avanzadas. Este enfoque permite fortalecer la seguridad energética, reducir las emisiones difusas y articular la bioenergía con la bioeconomía nacional.

Para ampliar más los aspectos de caracterización técnica y tecnológica de la bioenergía se presenta el **ANEXO 1**, el cual tiene las descripciones técnicas de los procesos, clasificación de tecnologías por nivel TRL, diagramas de rutas de conversión y la aplicabilidad territorial de cada bioenergético, donde se identifican las oportunidades para su integración bajo esquemas de biorrefinería y transición energética.

2.5. Tecnologías termoquímicas para el aprovechamiento de biomasa en Colombia.

En el marco del desarrollo del PIBE Pacífico se llevó a cabo el webinar “Oportunidades reales de las tecnologías termoquímicas para el aprovechamiento de biomasa en Colombia” (UPME,

2025f) con el objetivo de complementar los avances presentados previamente en este Plan (UPME, 2024, 2025e) sobre las rutas de producción de bioenergía a partir de las biomásas. El evento tuvo como propósito identificar oportunidades reales —actuales y futuras— de las tecnologías termoquímicas desde la perspectiva del gobierno, la academia, el sector productivo y la experiencia internacional. Tecnologías como la torrefacción, el pirólisis, la gasificación y la licuefacción hidrotérmica fueron presentadas como soluciones maduras o en etapa de escalamiento, relevantes para la transformación de residuos agrícolas, forestales e industriales en vectores energéticos modernos (biochar, syngas, biocarbón y bioaceites), con posibilidades de contribución directa a las metas de descarbonización y a los escenarios prospectivos E1, E2 y E3 del presente Plan. La ruta termoquímica fue enfatizada por su capacidad de complementar los procesos bioquímicos, impulsando principalmente la expansión de la bioenergía moderna sólida, la posible incorporación de la bioenergía no utilizada y la consolidación de modelos de economía circular alineados con la Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa.

En conjunto, la ruta termoquímica para transformación de biomásas se posiciona como un habilitador crítico para cerrar brechas de Bioenergía No Utilizada mediante el procesamiento de residuos de caña, palma, madera, RAC, biomasa urbana y subproductos agroindustriales, favoreciendo soluciones energéticas descentralizadas, bajas en carbono y coherentes con los fundamentos estructurales del PIBE Pacífico: seguridad energética, sostenibilidad, equidad territorial y alineación climática.

En dicho webinar el panel de expertos nacionales e internacionales coincidieron en señalar que las tecnologías termoquímicas para el aprovechamiento de biomásas constituyen una oportunidad real y técnicamente viable para el país. La Universidad Nacional y Universidad de Antioquia, destacaron que Colombia genera más de 30 millones de toneladas anuales de residuos agroindustriales, un potencial subvalorado que puede convertirse en productos energéticos mediante pirólisis y gasificación. Se resaltó el biochar como una de las aplicaciones de mayor impacto inmediato, debido a sus funciones agronómicas, su contribución al secuestro de carbono y su utilidad en procesos anaerobios. Por su parte el sector productivo representado por Cenicaña, Fedepalma y Fedemaderas presentaron posibilidades con las biomásas que genera cada sector destacando avances en eficiencia, integración con cogeneración, pilotos de escalamiento y valorización de residuos agrícolas de cosecha (RAC), evidenciando la aplicabilidad de estas tecnologías en cadenas bioenergéticas ya consolidadas. Por su parte, el Ministerio de Ambiente subrayó que la termoquímica se articula con la Estrategia Nacional de Economía Circular, los lineamientos de la Mesa Nacional de Biomasa Residual y las metas climáticas, especialmente en el marco del Programa Basura Cero y del Plan Nacional para la Gestión Sostenible de Biomasa Residual.

Desde la perspectiva internacional presentada por la empresa española Bioliza se enfatizó que la bioenergía consolida su papel estratégico no solo en la generación eléctrica, sino también en el consumo térmico industrial, donde emerge como una alternativa real para sustituir el uso de gas natural y combustibles fósiles en aplicaciones como vapor de proceso y aceites térmicos; lo cual ha permitido y representa una oportunidad real en Europa lo cual permite el mayor aprovechamiento de las biomásas para generar bioenergía. Adicionalmente, se destacó que las tecnologías termoquímicas aportan firmeza y seguridad al sistema eléctrico al operar con un alto factor de planta (hasta 8.000 horas anuales). La empresa también subrayó que, a partir del gas de síntesis, pueden producirse vectores energéticos avanzados como el hidrógeno, habilitando la descarbonización de sectores de difícil mitigación como el transporte. Esta madurez del modelo y su potencial de replicabilidad ratifican la visión estratégica del PIBE Pacífico.

Los resultados del webinar refuerzan que la ruta termoquímica es esencial en el diseño estratégico del PIBE Pacífico, al habilitar la expansión de la bioenergía sólida moderna, integrar subproductos valorizables y dinamizar las cadenas de valor asociadas a los escenarios de Bioenergía Tendencial (E1) y Potencial/Políticas (E2 y E3). Las conclusiones del evento señalaron que los aprovechamientos termoquímicos de biomásas residuales representan: (i) una oportunidad estratégica para diversificar la matriz energética y avanzar hacia la descarbonización; (ii) un mecanismo para consolidar la economía circular; (iii) un complemento tecnológico a las rutas bioquímicas, como la biodigestión; y (iv) un aporte significativo, presente y futuro, a la matriz energética renovable del Pacífico y del país.

SECCIÓN 3. PLANES DE REFERENCIA Y ARTICULACIÓN CON LA POLÍTICA PÚBLICA Y ENERGÉTICA NACIONAL:

La estrategia de desarrollo bioenergético del PIBE Pacífico se concibe como un instrumento de planeación a corto y mediano plazo (2023–2036). Su relevancia estratégica se basa en que las metas al 2036 son hitos intermedios esenciales para proveer bases técnicas y analíticas para la formulación de las políticas públicas en materia energética en el ámbito territorial y nacional, así como la identificación de oportunidades de desarrollo e inversión buscando el aseguramiento de los fundamentos estructurales en el marco de los lineamientos del actual PND 2022-2026 y tenga continuidad en los ciclos de gobierno futuros (PND sucesivos).

3.1. Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026:

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022-2026, “Colombia, Potencia Mundial de la Vida”, establece el marco actual de ejecución para la Transición Energética Justa (TEJ), a la cual el PIBE Pacífico contribuye directamente, sentando las bases para los futuros planes post-2026.

Los siguientes son los ejes identificados de la bioenergía en el PND 2022-2026:

- **Valorización Energética y Economía Circular:** El Decreto Basura Cero del Minvivienda impulsa la valorización de residuos sólidos (lixiviados de rellenos sanitarios) para la producción de energía a partir de biomasa. En tal sentido, la cuantificación del potencial de biogás en el PIBE Pacífico con los aprovechamientos utilizados y también los incluidos en el segmento prospectivo denominado “potencial/políticas” lo cual es esencial para materializar este componente en los 4 departamentos que conforman la región del Pacífico colombiano.
- **Equidad Energética (Sustitución de Leña):** Los propósitos del PIBE Pacífico están completamente alineados con los propósitos del El Programa de Sustitución de Leña (MME) definido mediante Resolución 40165 de 2024 y el Plan Nacional de Sustitución de Leña (PNSL) (UPME) mediante los cuales se busca reemplazar progresivamente el uso de Combustibles Ineficientes y Altamente Contaminantes (CIAC) por energéticos más limpios dentro de los cuales sobresalen el biogás y el biometano y también la utilización de estufas ecoeficientes.
- **Democratización y Comunidades Energéticas:** El PND 2022-2026 incentiva la constitución de Comunidades Energéticas (Decreto 2236 de 2023) a través de FNCER (biogás, biocombustibles), fomentando la economía circular regional. Dentro del fundamento estructural de “Equidad Social e Inclusión Territorial”, el PIBE Pacífico se identifica completamente con este eje de la bioenergía en el PND 2022-2026.

3.2. Plan Plurianual de Inversiones (PPI) 2023-2026

Las líneas de inversión del PPI 2023-2026 incentivan directamente proyectos asociados al PIBE Pacífico, priorizando el desarrollo de biogás y el aprovechamiento de biomasa residual

para generar bioinsumos o valoración energética en regiones con alto potencial (incluidos los departamentos del Pacífico).

3.3. Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa (TEJ) y PEN.

La visión de la TEJ es el marco conceptual que orienta la transformación del sector hacia la neutralidad de carbono a 2050, lo cual asegura la coherencia del PIBE Pacífico con los aportes a las metas en la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) desde la región del Pacífico colombiano.

Escenarios de Transición y el Rol de la Bioenergía: Los documentos de soporte de la TEJ definen los caminos de transformación. Al respecto se presentan a continuación, las implicaciones de los escenarios de la Hoja de ruta de la TEJ para la bioenergía (ver **Tabla 6**):

Tabla 6. implicaciones de los escenarios de la Hoja de ruta de la TEJ

Escenario de TE	Descripción	Implicación para la Bioenergía
Tendencial*	Cambio tecnológico según la velocidad actual del mercado.	Uso de biomasa, reflejando la inercia del sistema.
Transición Energética Justa (TEJ)	Apuesta de transformación total con enfoque de justicia social/ambiental.	Priorización máxima de biomasa y biogás para firmeza, calor industrial (sustitución de carbón al 100%), y desarrollo de comunidades energéticas en ZNI.
*El Escenario E1 (Tendencial Conservador) del PIBE Pacífico, alineado con el escenario STEPS de la IEA, representa conceptualmente esta Línea Base (Tendencial) definida por la Hoja de Ruta de la TEJ. Ambos escenarios reflejan el riesgo de sub-implementación de políticas y la trayectoria que el país debe superar para alcanzar la ambición climática. Para el PIBE Pacífico, el Escenario E1 no implica un uso limitado, sino que proyecta el crecimiento de la capacidad instalada y la demanda ya establecida, asumiendo la continuidad de las políticas vigentes.		

Fuente: elaboración UPME.

Metas Estratégicas del PEN y E2050: El PEN 2024-2054, en su proceso de construcción participativa, establece un conjunto de escenarios delimitados por la ambición climática y la favorabilidad del entorno habilitante (financiamiento, tecnología, regulación). El PEN se alinea con la meta de carbono/neutralidad y con la Estrategia Climática de Largo Plazo (E2050), asegurando que las proyecciones del PIBE al 2036 constituyan un hito intermedio de aporte significativo a la senda y las apuestas de descarbonización a 2050.

3.4. Referencia con Planes Estratégicos de la UPME (Continuidad Institucional)

La UPME, como ente planificador, busca que el PIBE Pacífico sea un instrumento de continuidad que alimenta los planes posteriores:

● **Plan Estratégico Institucional (PEI) 2023-2026:**

El PEI promueve la aceleración de la descarbonización, el desarrollo de biomásas y el establecimiento de Comunidades Energéticas. El PIBE Pacífico es el marco de referencia técnico que aportará a los objetivos del PEI en la región del Pacífico. De igual manera, la entidad elaborará un Plan Nacional de Bioenergía con enfoque de industrialización y de generación de energía y se sugiere tome como un insumo al presente Plan regionalizado.

● **Plan Energético Nacional (PEN) 2024-2054:**

Este plan de largo plazo articula la bioenergía dentro de sus planes estratégicos (Eficiencia, Diversificación, Movilidad Sostenible, etc.). El PIBE Pacífico encuentra un ambiente favorable en la implementación del PEN 2024-2054, aportando la información territorial detallada necesaria para las medidas de mitigación de la NDC y el PROURE (Uso Racional y Eficiente de la Energía).

● **Planes de Cobertura y Abastecimiento:**

El PIBE Pacífico complementa otros instrumentos de planeación (PIEC y ETPIAGN) al identificar y cuantificar el potencial bioenergético necesario para lograr la cobertura en Zonas No Interconectadas (ZNI) y el respaldo en la red de gas.

● **Planes de Energización Rural Sostenible (PERS)**

La información contenida en los PERS confirma la existencia de potencial energético significativo a partir de biomasa agrícola y forestal en la Región Pacífico. La estrategia del PIBE Pacífico toma como referentes los Planes de Energización Rural Sostenible (PERS), iniciativas de caracterización energética a nivel subnacional, lideradas por la UPME y el IPSE, en municipios con alto índice de ruralidad. Los datos de los PERS (como las cifras puntuales de producción de materias primas o potenciales) no constituyen análisis prospectivos, sino la Línea Base Diagnóstica y de Oportunidad que el PIBE Pacífico toma como punto de partida para sus proyecciones al 2036. Se han desarrollado PERS en Chocó, Cauca y Nariño, lo que ha establecido la viabilidad del potencial bioenergético a nivel local.

● **Planes de Desarrollo Departamental (PDD 2024-2027)**

La visión de los PDD valida la priorización del PIBE Pacífico:

- **Valle del Cauca:** Propone una Ruta de Descarbonización departamental, priorizando la expansión de las redes y soluciones amigables con el medio ambiente.
- **Chocó:** Promueve las fuentes de energía renovables (incluida la biomasa) como herramienta para enfrentar desafíos y migrar de los generadores diésel a fuentes más limpias. Además, plantea el desarrollo de Comunidades Energéticas.
- **Cauca y Nariño:** Ambos PDD se alinean con la inclusión y la equidad territorial, priorizando la promoción de energías alternativas para viviendas en zonas no interconectadas y dispersas, así como la necesidad de inversiones significativas en infraestructura para el procesamiento eficiente de residuos (biogás y biocombustibles).

3.5. Referencia con instrumentos normativos vigentes

El PIBE Pacífico puede integrar y operacionalizar los instrumentos de política pública y energética, particularmente el Decreto 670 de 2025 (Programa Basura Cero), el Decreto 2236 de 2023 (Comunidades Energéticas) y la Ley 1715 de 2014. A partir de la evidencia territorial, tecnológica y socioeconómica recopilada por el Plan, se identifican oportunidades de fortalecimiento normativo y de alineación entre la oferta bioenergética regional y las disposiciones regulatorias aplicables.

En la Tabla 7 a Tabla 10 se resumen, para cada tipo de bioenergía, la normativa relevante, la forma en que la evidencia del PIBE Pacífico contribuye a su implementación, los ajustes reglamentarios que se recomienda desarrollar y los insumos técnicos del PIBE Pacífico que pueden convertirse en resoluciones, guías o lineamientos.

Tabla 7. Contribución del PIBE Pacífico por bioenergía sólida moderna

Bioenergía sólida moderna (biomasa agroforestal, pellets, briquetas, residuos urbanos)		
Normas / Artículos aplicables:	Fortalecimiento PIBE Pacífico	Ajustes reglamentarios sugeridos
<p>Decreto 670/2025 (Art. 227). Programa Basura Cero.</p> <p>Art. 2.3.2.8.1.4: define los Parques Tecnológicos y Ambientales (PTA) como infraestructura para manejo integral de residuos.</p> <p>Art. 2.3.2.8.2.1: objetivos 1, 4 y 6 sobre aprovechamiento, reducción de disposición final y economía circular.</p> <p>Art. 2.3.2.8.2.2: estrategias de los objetivos 1 y 4 (literales c, e, f, j, l).</p> <p>Art. 2.3.2.8.2.3 (tránsito y dimensionamiento de PTA ≥ 20.000 t/año);</p> <p>Art. 2.3.2.8.2.4 (definición de requerimientos técnicos).</p>	<p>El PIBE Pacífico aporta datos territoriales y técnicos que fortalecen la planeación y operación de los PTA, al cuantificar la disponibilidad, localización y características de la biomasa residuales y subproductos. Estos insumos aportan a la ubicación de los PTA que pueden abarcar ámbitos rurales, municipales o metropolitanos, para optimizar el aprovechamiento de residuos y respaldar la reducción de disposición final mediante valorización material y subproductos derivados de biomasa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Definir tipologías de PTA (por ejemplo: rural, municipal, metropolitano) con requisitos técnicos diferenciados según escala y oferta de biomasa. • Incorporar lineamientos para el acondicionamiento, pretratamiento y manejo como recursos estratégicos. • Establecer criterios operativos para el coprocesamiento de biomasa. • Implementar un sistema de trazabilidad de los flujos de biomasa y subproductos dentro de los PTA.

Bioenergía sólida moderna (biomasa agroforestal, pellets, briquetas, residuos urbanos)		
Normas / Artículos aplicables:	Fortalecimiento PIBE Pacífico	Ajustes reglamentarios sugeridos
<p>Ley 1715 de 2014:</p> <p>Art. 1: Objeto – promoción del desarrollo y uso de FNCER.</p> <p>Art. 2: Finalidad – reducción de GEI, eficiencia energética y sostenibilidad.</p> <p>Art. 5 (numeral 8): Definición de energía de biomasa.</p> <p>Art. 11 (deducción de renta);</p> <p>Art. 12 (exclusión de IVA);</p> <p>Art. 13 (exención de aranceles);</p> <p>Art. 14 (depreciación acelerada);</p> <p>Art. 15 (cogeneración eficiente).</p>	<p>El PIBE Pacífico identifica una oferta relevante de biomasa, con potencial para rutas de conversión termoquímicas y bioquímicas, así como procesos de valorización orgánica documentadas en la caracterización tecnológica y en el OBCO. Esta evidencia respalda la aplicación de incentivos FNCER a soluciones basadas en biomasa sólida y usos complementarios en cadenas agroindustriales del Pacífico diferentes a la generación de energía eléctrica.</p> <p>Los potenciales medidos de cogeneración en ingenios y agroindustrias sostienen la aplicación de incentivos fiscales; sin embargo, se evidencia en la citada Ley 1715 la ausencia de lineamientos para calor renovable (uso térmico) que justificaría ampliar la interpretación reglamentaria de los incentivos.</p>	<p>*Incorporar en la reglamentación de la Ley 1715 incentivos para los bioenergéticos utilizados para aplicaciones diferentes a la generación de energía eléctrica.</p>
<p>Ley 2099 de 2021:</p> <p>Art. 7 (financiación vía FENOGÉ para proyectos FNCE);</p> <p>Art. 8–10 (ampliación de incentivos e inversiones en infraestructura energética renovable).</p> <p>Art. 20 – Desarrollo de energéticos alternativos de origen orgánico → incluye biomasa y combustibles sólidos avanzados.</p>	<p>El PIBE Pacífico caracteriza una oferta sostenida de biomasa agrícola, forestal y residuos urbanos, apta para pellets, briquetas, biochar, gasificación, combustión eficiente y calor de proceso, lo que confirma la viabilidad energética y económica para proyectos financiados por FENOGÉ bajo el Art. 7. La evidencia territorial también muestra oportunidades de sustitución de combustibles fósiles en agroindustrias del Pacífico, coherentes con los incentivos tributarios (Arts. 8–10). El potencial identificado de biocombustibles sólidos y material lignocelulósico densificado encaja dentro de los energéticos alternativos previstos en el Art. 20, sugiriendo la necesidad de reconocer formalmente estas tecnologías dentro del esquema FNCER.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer formalmente los biocombustibles sólidos (pellets, briquetas, biochar y similares) como energéticos FNCER, con criterios técnicos de calidad y sostenibilidad. • Priorizar, a través del FENOGÉ, proyectos de biomasa sólida orientados a calor industrial, gasificación y valorización energética. • Implementar un sistema de trazabilidad y certificación para biocombustibles sólidos y materiales valorizables. • Definir estándares técnicos para equipos y procesos elegibles a incentivos tributarios (pelletizado, pirólisis, secado y acondicionamiento de biomasa).

Bioenergía sólida moderna (biomasa agroforestal, pellets, briquetas, residuos urbanos)		
Normas / Artículos aplicables:	Fortalecimiento PIBE Pacífico	Ajustes reglamentarios sugeridos
<p>Decreto 2236 de 2023 (Comunidades Energéticas):</p> <p>Arts. 2.2.9.1.1 (definiciones, objeto, actividades energéticas posibles).</p>	<p>Respalda la inclusión de soluciones bioenergéticas dentro de las actividades energéticas habilitadas para comunidades, especialmente en zonas rurales y municipios dispersos. Además, el Plan evidencia capacidad organizativa local y disponibilidad de insumos que permiten modelos participativos de gestión energética basados en biomasa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer lineamientos para proyectos comunitarios de biomasa (escala, calidad del sustrato y aspectos operativos) para la producción, comercialización y uso de bioenergéticos. • Simplificar los requisitos de medición, conexión y manejo de excedentes en soluciones bioenergéticas. • Incorporar criterios territoriales para priorizar zonas rurales y dispersas con disponibilidad de recursos para la producción de bioenergéticos.

<p>Insumos técnicos del PIBE Pacífico que pueden convertirse en resoluciones, guías o lineamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guía técnica para PTA con componente de biomasa sólida (criterios de selección de corrientes, pretratamiento y estándares ambientales). • Lineamientos de calidad para pellets y briquetas (humedad, densidad, poder calorífico, trazabilidad). • Protocolo para transición de rellenos sanitarios a PTA y modificación de licencias ambientales. • Lineamientos de cadenas logísticas de biomasa (acopio, secado, transformación).

Tabla 8. Contribución del PIBE Pacífico por bioenergía líquida moderna

Bioenergía líquida moderna (bioetanol, biodiésel, SAF, HVO)			
Normas / Artículos aplicables:	Fortalecimiento PIBE	Ajustes reglamentarios sugeridos	
<p>Ley 1715 de 2014:</p> <p>Art. 3 y 7 (integración de FNCER en planeación energética);</p> <p>Arts. 11–14 (deducción de renta, exclusión IVA, depreciación acelerada, exención arancelaria).</p>	<p>Fortalece la incorporación de bioenergía en la planeación energética territorial (arts. 3 y 7) y respalda la viabilidad técnica y económica de proyectos que pueden acogerse a los incentivos de los arts. 11–14.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Actualizar criterios de certificación y elegibilidad para proyectos de biomasa y biocombustibles, considerando diferentes escalas y condiciones territoriales. • Simplificar trámites para que proyectos comunitarios y agroindustriales accedan a incentivos tributarios y arancelarios. 	

<p>Ley 2099 de 2021:</p> <p>Art. 5 (amplía definiciones e incluye nuevos vectores energéticos, base para SAF/HVO);</p> <p>Art. 7 (financiamiento a nuevas rutas energéticas vía FENOGE);</p> <p>Art. 20 Energéticos de origen orgánico y pilotos tecnológicos.</p> <p>Art. 21 Promoción del hidrógeno como vector energético.</p>	<p>El PIBE Pacífico identifica oferta y demanda regionales consolidadas para bioetanol y biodiésel y cadenas de caña y palma con capacidad para desarrollar pilotos de combustibles avanzados (SAF, HVO, HEFA). El Plan muestra condiciones habilitantes para el escalamiento de mezclas de biodiésel-diésel (menores a B31), infraestructura logística y oportunidades para biocombustibles líquidos en transporte terrestre y aéreo. Esta evidencia territorial respalda la aplicación de los incentivos y mecanismos de financiación previstos en los arts. 5, 7 y 20.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Priorizar en FENOGE proyectos de bioetanol, biodiésel y combustibles avanzados. • Incorporar H₂ verde de biomasa como posibilidad para la producción de biocombustibles líquidos que pueden usarlo.
<p>Decreto 2236 de 2023 (Comunidades Energéticas):</p> <p>Arts. 2.2.9.1.1 (definiciones, objeto, actividades energéticas posibles).</p>	<p>Respalda la inclusión de soluciones bioenergéticas dentro de las actividades energéticas habilitadas para comunidades, especialmente en zonas rurales y municipios dispersos. Además, el Plan evidencia capacidad organizativa local y disponibilidad de insumos que permiten modelos participativos de gestión energética basados en biomasa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir la bioenergía líquida moderna como actividad permitida en comunidades energéticas. • Establecer lineamientos para proyectos comunitarios de biomasa (escala, calidad del sustrato y aspectos operativos) para la producción de bioenergéticos líquidos. • Simplificar los requisitos de medición, conexión y manejo de excedentes en soluciones bioenergéticas. • Incorporar criterios territoriales para priorizar zonas rurales y dispersas con disponibilidad de recursos para la producción de bioenergéticos líquidos.

Insumos técnicos del PIBE que pueden convertirse en resoluciones, guías o lineamientos:

- Lineamiento de sostenibilidad territorial para biocombustibles (uso de tierra, agua, biodiversidad, emisiones).
- Guía de valorización de vinazas y subproductos líquidos para bioenergía.
- Protocolos de participación comunitaria en cadenas agroenergéticas, articulados con Decreto 2236.

Tabla 9. Contribución del PIBE Pacífico por bioenergía gaseosa moderna

Bioenergía gaseosa moderna (biogás, biometano, biodigestores, digestato)		
Normas / Artículos aplicables:	Fortalecimiento PIBE	Ajustes reglamentarios sugeridos
<p>Decreto 670 de 2025:</p> <p>Art. 2.3.2.8.1.4 (definición y alcance de PTA);</p> <p>Art. 2.3.2.8.2.3 (dimensionamiento PTA y tránsito desde rellenos);</p> <p>Art. 2.3.2.8.2.4 (definición de lineamientos técnicos y ambientales)</p>	<p>El PIBE identifica potenciales (PTAR>30 L/s, FORSU municipal, residuos pecuarios, efluentes industriales como POME) y propone metas de instalación de biodigestores familiares y comunitarios; esa evidencia justifica desarrollar lineamientos técnicos específicos para PTA y biometano (calidad, inyección, upgrading) y para definir reglas de financiamiento y gobernanza comunitaria (aplicación del Decreto 2236).</p> <p>El Plan identifica vacíos regulatorios (parámetros de calidad del biometano, manejo de digestato, odorizantes y límites de siloxanos señalados por CREG), por lo que se requiere resolución técnica conjunta MME–MinAmbiente–CREG</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporar la digestión anaerobia y la producción de biogás/biometano como procesos permitidos en los PTA. • Definir criterios técnicos para el dimensionamiento y operación de biodigestores, incluyendo la calidad del sustrato. • Establecer lineamientos para el uso seguro del digestato como bioinsumo. • Simplificar los requisitos para la inyección, uso térmico y manejo de excedentes del biogás/biometano dentro de los PTA.

Bioenergía gaseosa moderna (biogás, biometano, biodigestores, digestato)		
Normas / Artículos aplicables:	Fortalecimiento PIBE	Ajustes reglamentarios sugeridos
Decreto 2236 de 2023: Arts. 2.2.9.1.9 (actividades y lineamientos de comunidades energéticas que incluyen vectores gaseosos renovables).	La evidencia territorial indica que los sistemas comunitarios de biogás y biometano permiten fortalecer la gestión energética local, optimizar costos y mejorar el aprovechamiento de residuos mediante la digestión anaerobia y el uso del digestato.	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporar biogás y biometano como vectores renovables dentro de las actividades permitidas para comunidades energéticas. • Definir criterios técnicos esenciales para el dimensionamiento y operación de biodigestores rurales. • Establecer lineamientos para el uso seguro del digestato en prácticas agroambientales. • Simplificar los requisitos de conexión, medición y manejo de excedentes en sistemas comunitarios de biogás/biometano.
Ley 1715 de 2014: Arts. 11–14 (incentivos tributarios, IVA, depreciación, aranceles);	Respalda la viabilidad económica y técnica de estos sistemas y justifica su acceso a los incentivos fiscales contemplados en los arts. 11–14.	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir proyectos de biogases para aplicaciones diferentes a la generación de diversas escalas dentro de los criterios de elegibilidad. • Establecer lineamientos técnicos para autogeneración y generación distribuida a partir de biomasa y biogás. • Facilitar el acceso a incentivos tributarios y arancelarios para biodigestores y equipos asociados. • Establecer estándares técnicos para la inyección, uso térmico y manejo del biometano.
Insumos técnicos del PIBE Pacífico que pueden convertirse en resoluciones, guías o lineamientos: <ul style="list-style-type: none"> • Guía nacional para dimensionamiento de biodigestores (familiares, comunitarios, municipales, industriales). • Resolución conjunta MME–MinAmbiente sobre digestato (parámetros de calidad para uso agrícola, límites de contaminantes, trazabilidad y requisitos de aplicación). • Protocolos técnicos de calidad del biometano (H₂S, CO₂, humedad, contenido energético, siloxanos etc; criterios para inyección a redes o upgrading). • Hoja de Ruta de Biogases. 		

Tabla 10. Contribución del PIBE Pacífico por bioenergía tradicional

Bioenergía tradicional (leña, carbón vegetal; transición a cocción limpia)		
Normas / Artículos aplicables:	Fortalecimiento PIBE	Ajustes reglamentarios
Decreto 670 de 2025: Art. 2.3.2.8.1.4 (orientación de PTA hacia FNCER y valorización de orgánicos);	El PIBE Pacífico identifica municipios con alta dependencia de leña y aporta criterios territoriales para priorización (ruralidad dispersa, presión sobre bosques, pobreza energética), lo que permite operacionalizar los ejes del PNSL y orientar la aplicación de incentivos de FNCER para tecnologías de cocción limpia. La evidencia del PIBE Pacífico respalda la necesidad de reconocer explícitamente el calor renovable dentro del esquema de incentivos energéticos, elemento crítico para la implementación del PNSL.	<ul style="list-style-type: none">• Lineamientos para sustitución gradual de leña mediante pellets, briquetas y cocción limpia, articulados con PTA.• Estándares técnicos para eficiencia, seguridad y emisiones en tecnologías de cocción limpia.• Criterios de sostenibilidad y trazabilidad para cadenas comunitarias de biomasa sólida y carbón vegetal.• Priorización de financiamiento FENOGÉ para estufas limpias y combustibles alternativos en hogares vulnerables como también para fabricas que usan leña en sistemas ineficientes..• Unificación de requisitos para acceso a incentivos tributarios aplicables a equipos y procesos de cocción limpia.• Lineamientos conjuntos PTA–PNSL para infraestructura y cadenas logísticas de biomasa.• Criterios territoriales de focalización, pobreza energética, ruralidad dispersa, presión sobre bosques y calidad del aire.
Ley 1715 de 2014: Art. 3 y 7 (acceso universal y planeación con FNCER); Arts. 11–14 (incentivos aplicables a estufas eficientes, pellets y tecnologías de cocción limpia).		
Ley 2099 de 2021: Art. 7 (FENOGÉ como fuente para financiamiento de tecnologías limpias en hogares vulnerables); Art. 8–10 (ampliación de incentivos para infraestructura eficiente).		
PNSL — Programa Nacional de Sustitución de Leña (UPME): Instrumento técnico-programático liderado por la UPME, respaldado por lineamientos de política pública presentes en documentos CONPES asociados a pobreza energética, calidad del aire y salud pública, y articulado con la Estrategia Nacional de Cocción Limpia.		
Insumos técnicos del PIBE Pacífico que pueden convertirse en resoluciones, guías o lineamientos:		
<ul style="list-style-type: none">• Guía nacional de sustitución de leña (criterios territoriales, pobreza energética, impactos en salud y bosques) PNSL.• Especificaciones técnicas obligatorias para estufas eficientes (normas de rendimiento y seguridad) y habilitación de plantas locales de producción de pellets/briquetas)• Lineamientos para cadenas comunitarias de pellets/briquetas articuladas con PTA.		

PARTE II: ENFOQUE TERRITORIAL

SECCIÓN 4- ANÁLISIS TERRITORIAL Y CONDICIONES HABILITANTES DEL PIBE PACÍFICO

Esta sección desarrolla el análisis territorial y las condiciones habilitantes que sustentan la planificación estratégica del PIBE Pacífico, orientado a identificar los factores estructurales, biofísicos, ambientales, climáticos, sociales, productivos e institucionales, que determinan la viabilidad del aprovechamiento bioenergético en la región. Desde un enfoque multiescalar y diferencial, se analizan las capacidades territoriales, los potenciales energéticos asociados a la biomasa y los determinantes ambientales, hídricos y sociales que condicionan la expansión sectorial. El análisis integra variables de ordenamiento, competitividad y sostenibilidad, en coherencia con los lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026, la Estrategia 6GW+, la Política de Transición Energética Justa y la Misión de Crecimiento Verde, consolidando un marco técnico para orientar decisiones de planificación hacia una bioeconomía regional baja en carbono, resiliente e inclusiva, articulada con los objetivos nacionales de descarbonización y desarrollo sostenible.

4.1. Condiciones habilitantes para la expansión sectorial y el aprovechamiento bioenergético en la Región Pacífico.

La Región Pacífico de Colombia, integrada por los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, comprende 176 municipios, 3 distritos, 403 resguardos indígenas y 130 consejos comunitarios, además de 4 corporaciones autónomas regionales, 13 universidades y 13 esquemas asociativos. Limita al norte con Panamá y el mar Caribe, al sur con Ecuador, al oriente con Antioquia, Risaralda, Quindío, Tolima, Huila, Caquetá y Putumayo, y al occidente con el océano Pacífico. Su articulación geoespacial se da tanto a escala intrarregional, conectando sus subregiones internas, como a escala interregional con territorios estratégicos como el Atrato–Gran Darién, el Valle del Cauca–Eje Cafetero, el Macizo Colombiano y el Corredor Panamazónico. Desde el punto de vista biofísico y socioeconómico, el territorio se estructura en dos zonas, el Litoral Pacífico, conformado por 51 municipios, 2 distritos y los mayores rezagos en necesidades básicas insatisfechas, pobreza e incidencia del conflicto armado; y el Pacífico Andino, integrado por 125 municipios, 1 distrito, que concentra la mayor parte de la población y la infraestructura vial y férrea, con mejores indicadores socioeconómicos aunque heterogéneos según el grado de urbanización y la cercanía a capitales departamentales (RAP PACÍFICO, 2022).

Sobre esta base, la ubicación geográfica estratégica, la diversidad cultural y las necesidades diferenciadas de desarrollo permiten caracterizar a la región como un territorio prioritario para la transición energética. Estas características, sumadas a condiciones edafoclimáticas singulares y elevada diversidad agroproductiva, permiten proyectar al Pacífico como un corredor clave

de la transición energética justa, con potencial para el desarrollo de esquemas de generación descentralizada a partir de la biomasa mediante el desarrollo de biogás, biocombustibles líquidos, bioelectricidad y calor útil para procesos agroindustriales, orientados por principios de economía circular, valorización energética territorial y fortalecimiento de encadenamientos productivos.

También en la Región Pacífico se utiliza la biomasa como parte de la cotidianeidad de las comunidades que allí habitan, donde la leña es uno de los principales combustibles para la cocción de alimentos y forma parte del arraigo cultural de la región. Frente a la dificultad de acceso a energéticos alternativos, desde el Ministerio de Minas y Energía - MME se han impulsado proyectos vinculados a mejorar las condiciones de estas comunidades por consumo de leña en las zonas rurales llevando a cabo ejercicios de sustitución o mejoramiento en los sistemas de cocción de alimentos. La implementación del programa "Respira Pacífico", reúne acciones orientadas a la sustitución de tecnologías de cocción en una región con alta dependencia de la biomasa sólida. El Pacífico concentra el 17,54 % del consumo nacional de leña, equivalente a 1.029.787 toneladas/año, destinadas principalmente a sistemas de cocción de baja eficiencia. En este contexto, la instalación de 2.917 estufas ecoeficientes en 52 municipios benefició a cerca de 11.000 habitantes de estratos 1 y 2 (aproximadamente 3.000 hogares), logrando reducciones en promedio del 25 % en el consumo anual de leña por hogar. Con un promedio regional de 10,48 t/año por hogar, la intervención representa una disminución estimada promedio de 7.860 toneladas/año, equivalente al 0,8 % del consumo total de la región. Si bien su representatividad aún es limitada respecto al volumen agregado de biomasa utilizada, el programa constituye una evidencia operativa del tránsito progresivo desde esquemas de bioenergía tradicional hacia formas de bioenergía moderna sólida, lo cual se estima que ha generado impactos positivos en la salud y la economía local al tener un mejor uso de la biomasa disponible. Se sugiere que este tipo de iniciativas e indicadores puedan verse reflejados en una herramienta de seguimiento y continuidad como se propone en el PIBE Pacífico.

El Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 incorpora instrumentos específicos para viabilizar las oportunidades que brinda la biomasa. El artículo 291 dispone el fortalecimiento del Fondo para el Desarrollo del Plan Todos Somos PAZcífico (FTSP), ampliando sus inversiones en energización rural, energías alternativas sostenibles, agua potable, saneamiento básico, conectividad y logística, con cobertura en los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, así como en 11 municipios del norte del Cauca. El artículo 292 ratifica y amplía su ámbito de competencia territorial, asegurando recursos adicionales, operaciones de crédito con la banca multilateral y el fortalecimiento institucional, como condiciones para garantizar su impacto estructural (DNP, 2023).

De manera complementaria, el Plan Plurianual de Inversiones 2023–2026 establece líneas de inversión orientadas a la transición energética justa, la democratización del acceso a energía limpia, el desarrollo de comunidades energéticas y la promoción de negocios verdes con enfoque territorial. Se priorizan intervenciones estratégicas como la implementación de soluciones energéticas descentralizadas en Zonas No Interconectadas de departamentos como, Cauca, Nariño, Chocó y Valle del Cauca; el desarrollo de proyectos de biogás articulados a iniciativas agropecuarias y al aprovechamiento energético de residuos sólidos y biomasa residual en territorios y la valorización de biomasa residual para la producción de bioinsumos, incluyendo agrofertilizantes, compost y suplementos para alimentación animal (DNP, 2023).

En el ámbito regional, el Plan Estratégico Regional del Pacífico plantea, a través de su Programa de Bioeconomía, Negocios Verdes y Economía Circular, la consolidación de un modelo de desarrollo basado en el aprovechamiento sostenible de la biomasa, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Este enfoque contempla el desarrollo de la implementación de biorrefinerías rurales, cadenas de valor resilientes, tecnologías limpias adaptadas a los ecosistemas locales y estrategias de restauración y adaptación climática, en articulación con el fortalecimiento de capacidades comunitarias e institucionales, contribuyendo a un desarrollo bajo en carbono, inclusivo y ambientalmente sostenible (RAP PACÍFICO, 2022).

A partir de este marco, se presenta la contextualización de los departamentos que integran la región Pacífico, destacando algunas de sus características físicas, sociales, étnicas, culturales y productivas más relevantes para la planificación sectorial y la identificación de oportunidades en bioenergía.

El departamento del Cauca, conformado por 42 municipios y con una población mayoritariamente rural (64,5 %), integra en su territorio ecosistemas de páramo, selvas tropicales, cordilleras y el litoral Pacífico. Presenta una importante presencia de comunidades indígenas, afrodescendientes y mestizas, organizadas en resguardos y territorios colectivos, y cuenta con una estructura hidrográfica estratégica que abarca las cuencas de los ríos Cauca, Magdalena, Patía, Caquetá y Pacífico, lo que sustenta su potencial para el aprovechamiento sostenible de recursos hídricos y energéticos (Gobernación del Cauca, 2014).

Nariño, está compuesto por 64 municipios, con un 56,1 % de población rural y una alta diversidad étnica con pueblos indígenas, comunidades afrodescendientes, población ROM y campesina, incorpora ecosistemas estratégicos que se extienden desde el Chocó Biogeográfico y el Macizo Colombiano hasta las estribaciones amazónicas. Estas características, sumadas a su ubicación geoestratégica y a la diversidad de sus sistemas productivos, lo consolidan como un departamento clave para la acción climática, la gestión ambiental y el desarrollo sostenible con enfoque territorial (Gobernación de Nariño, 2024) .

El Valle del Cauca, integrado por 42 municipios distribuidos en cuatro subregiones y con un 85,9 % de población urbana, combina un alto dinamismo agroindustrial y portuario con áreas rurales que requieren atención diferenciada. Su ordenamiento territorial reconoce y gestiona las especificidades físico-naturales, productivas y culturales de cada subregión, orientando las intervenciones de manera diferenciada según sus potencialidades y desafíos, lo que le confiere un papel central en el encadenamiento productivo regional (Gobernación del Valle del Cauca, 2024).

El Chocó, conformado por 31 municipios agrupados en cinco subregiones y con una población mayoritariamente rural (57,1 %), registra el régimen pluviométrico más alto del mundo y una vasta red hidrográfica. El 96 % de su superficie se encuentra bajo la figura de consejos comunitarios afrodescendientes y resguardos indígenas, en un contexto marcado por altos niveles de pobreza estructural y por la presencia prioritaria en los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET), lo que exige estrategias integrales que articulen desarrollo social, conservación ambiental y aprovechamiento sostenible de los recursos (Gobernación de Chocó, 2024).

La **Figura 3** presenta la caracterización territorial comparativa de los departamentos de Cauca, Chocó, Nariño y Valle del Cauca, integrando indicadores de extensión total y de frontera agrícola, así como la desagregación de esta última según actividades agropecuarias, gestión del riesgo - abarca las zonas de la frontera agrícola expuestas a amenazas naturales o degradación ambiental que requieren manejo para reducir su vulnerabilidad -, condicionantes ambientales y factores étnico-culturales. La sección económica incorpora la estructura productiva sectorial, especificando cultivos de mayor representatividad, volúmenes de producción y cadenas productivas estratégicas vinculadas a sectores agrícolas, agroindustriales, pesqueros, forestales y mineros.

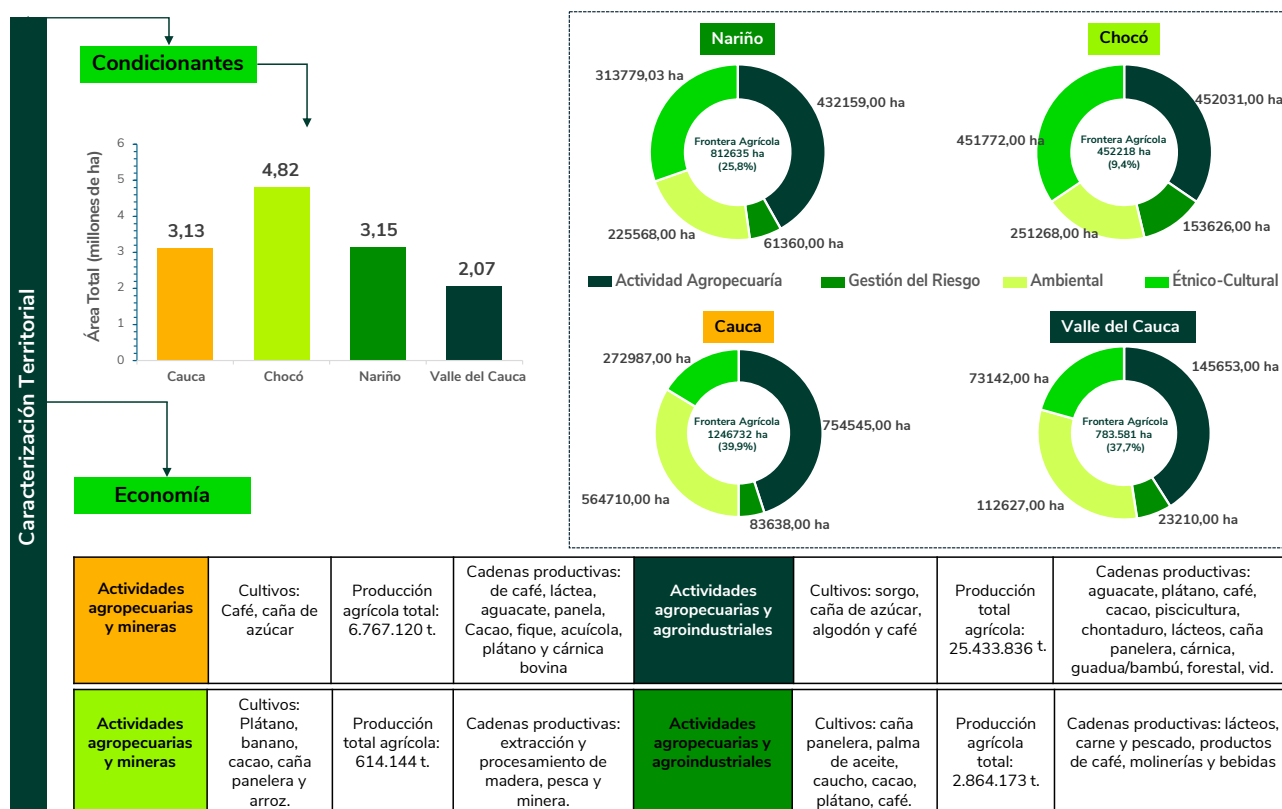


Figura 3. Caracterización territorial de los departamentos del Cauca, Nariño, Valle del Cauca y Chocó. Fuente: elaboración UPME con información de (Gobernación de Chocó, 2024; Gobernación de Nariño, 2024; Gobernación del Cauca, 2014; Gobernación del Valle del Cauca, 2024; Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2023d, 2023c, 2023a, 2023b).

La caracterización territorial de la Región Pacífico muestra un alto potencial de expansión sectorial a partir del aprovechamiento de la biomasa residual, respaldado por una amplia base productiva y una baja tasa de valorización energética. Los departamentos de Cauca, Chocó, Nariño y Valle del Cauca cuentan con áreas de frontera agrícola que representan entre el 25,5 % y el 99,0 % del área total con uso productivo, con superficies que oscilan entre 451.772 y 1.264.746 hectáreas, destinadas principalmente a actividades agropecuarias, seguidas por usos de gestión del riesgo, funciones ambientales y prácticas étnico-culturales. Esta estructura integra cadenas agrícolas y agroindustriales de alto dinamismo, así como actividades pecuarias y de procesamiento agroindustrial, que generan volúmenes significativos de biomasa residual con potencial de valorización energética. Sin embargo, el 91,53 % de los residuos agrícolas y forestales, y el 96,59 % de los residuos pecuarios, no cuentan con procesos de aprovechamiento; solo el 8,47 % de los residuos agrícolas forestales y el 3,41 % de los pecuarios se destinan a compost, abonos, sustratos, alimentación animal o generación de energía y calor, siendo esta última aplicación marginal (0,05 % y 0,03 %, respectivamente) (DANE, 2019). Esta brecha entre la disponibilidad del recurso y su valorización efectiva evidencia la necesidad de articular la expansión agropecuaria y agroindustrial con el desarrollo de cadenas de valor bioenergéticas, incorporando soluciones tecnológicas, esquemas logísticos eficientes y marcos regulatorios que permitan transformar la subutilización actual en un motor de diversificación energética, competitividad sectorial y reducción de emisiones.

4.2. Necesidades y capacidades energéticas, potencial de generación con biomasa en la Región Pacífico

La Estrategia 6 GW, diseñada por el Ministerio de Minas y Energía (MME) en coordinación con la UPME, se configura como un mecanismo prioritario de gestión para proyectos de generación con FNCER, orientado a viabilizar su desarrollo mediante la articulación institucional y el cumplimiento de los requisitos regulatorios. Entre las condiciones de acceso se encuentran la asignación de capacidad de transporte, según la Resolución CREG 075 de 2021, y la definición de una fecha de puesta en operación comercial (FPO) de los proyectos, previa a diciembre de 2026. De acuerdo con la información técnica del equipo de 6 GW de la UPME, a septiembre de 2025, hacían parte de esta estrategia 256 proyectos, de los cuales solo uno corresponde a biomasa, con 25 MW de capacidad instalada. En la región Pacífico, específicamente en los departamentos de Cauca y Valle del Cauca, se concentran 15 proyectos solares fotovoltaicos, 5 y 10, respectivamente (UPME, 2025c).

Este comportamiento revela un doble escenario: por un lado, la consolidación de la energía solar fotovoltaica como tecnología dominante para acelerar la transición energética en el corto plazo; y por otro, la ausencia de una matriz diversificada que integre otras tecnologías de las FNCER, como la biomasa, que podría aportar estabilidad y complementariedad al sistema. Por tanto, el estado actual de los proyectos bajo la Estrategia 6 GW en la región Pacífico plantea la necesidad de evaluar incentivos y esquemas regulatorios que promuevan una mayor diversidad tecnológica, de manera que se fortalezca la resiliencia del sistema eléctrico y se optimice el aprovechamiento del potencial energético regional.

De acuerdo con el Geoportal Sectorial de Proyectos de Generación de Energía (UPME, 2025a), la Región Pacífico dispone de una capacidad efectiva neta instalada de 1.073,92 MW a partir de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) y otras renovables (Figura 4), discriminada en 918,13 MW de origen hidroeléctrico, 59,99 MW en proyectos solares fotovoltaicos y 95,8 MW en plantas térmicas con biomasa residual de caña de azúcar. Se concluye que la bioenergía tiene una participación significativa la cual no puede considerarse como marginal.

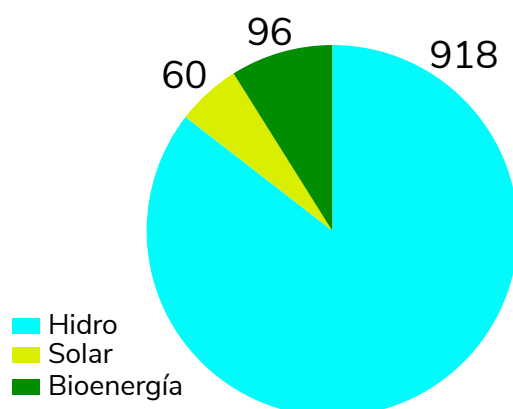


Figura 4. Capacidad efectiva neta instalada por tecnología

Fuente: elaboración UPME con información de (UPME, 2025a).

La hidroelectricidad, conformada por centrales de gran escala y pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), constituye la principal fuente de energía firme y estable en el territorio; mientras que la energía solar fotovoltaica, desplegada tanto en proyectos centralizados como en esquemas de generación distribuida en Nariño, Cauca y Valle del Cauca, actúa como complemento estratégico para el cubrimiento de picos de demanda y la reducción de pérdidas técnicas en red.

De manera complementaria, según el Sistema de Información de la Cadena de Distribución de Combustibles (SICOM) del Ministerio de Minas y Energía, la producción nacional de biocombustibles líquidos en 2024 ascendió a 316,75 millones de galones, de los cuales el 66,35 % correspondió al biodiésel y el 33,65 % al bioetanol. En este escenario, la Región Pacífico registra un consumo representativo, con una participación del 14,88 % en biodiésel y del 17,07 % en bioetanol frente al total nacional, y concentra, además, la mayor parte de la infraestructura de producción de etanol del país. En el Cauca, la planta de Incauca aporta 92.460,22 galones/día, mientras que en el Valle del Cauca operan Riopaila, Providencia, Manuelita y Mayagüez, con una capacidad conjunta de 317.006,46 galones/día de bioetanol. En conjunto, estas instalaciones permiten que el 71,95 % de la capacidad instalada nacional de producción de bioetanol se ubique en la región Pacífico, consolidando a este territorio como un eje estratégico para la seguridad energética, la diversificación de la matriz y el cumplimiento de metas de transición hacia combustibles sostenibles y de bajas emisiones (Fedebiocombustibles, 2025c).

En el segmento térmico, la capacidad instalada con biomasa residual de caña se concentra en Cauca y Valle del Cauca, con plantas en operación continua desde finales de la década de 1990, entre ellas Miranda (60 MW), Zarzal (16 MW), Palmira (12 MW), Pradera (3 MW), Tuluá (2 MW), Florida (1,8 MW) y Villa Rica (1 MW) (UPME, 2025a). Consolidándose como un activo estratégico que refuerza la seguridad y resiliencia del sistema eléctrico, a la vez que habilita la diversificación de la matriz mediante el aprovechamiento de biomasa agrícolas, pecuarias, urbanas e industriales, posicionando a la región como un eje clave para la transición hacia combustibles sostenibles y de bajas emisiones.

Según el Ministerio de Minas y Energía (2023), la sustitución de combustibles fósiles por energéticos renovables constituye un vector estratégico para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la consolidación de una transición energética justa, con especial énfasis en el aprovechamiento de biomasa proveniente de cultivos permanentes y transitorios, que representan cerca del 50 % del área agrícola nacional y se concentran en territorios con elevada generación de valor agregado industrial. En este contexto, el bagazo de caña se configura como el residuo agrícola industrial de mayor relevancia energética, empleado en la generación eléctrica, la producción de bioetanol y la cogeneración térmica; mientras que los residuos agrícolas por cosecha incrementan su participación como sustitutos del carbón mineral en industrias cercanas a las zonas de cultivo. La incorporación de soluciones de sustitución de leña en la región del Pacífico —como el uso transicional de GLP, biodigestores familiares y comunitarios y estufas eficientes— constituye una estrategia prioritaria para cerrar brechas de acceso a la energía en territorios con mayor incidencia de pobreza energética multidimensional. Estos instrumentos técnicos no solo permiten reducir la dependencia de combustibles sólidos de baja eficiencia, sino que también contribuyen a disminuir las emisiones de material particulado y de gases contaminantes en los hogares, mejorando directamente los indicadores de salud respiratoria y reduciendo la presión sobre ecosistemas boscosos altamente vulnerables.

La viabilidad técnico-económica de estas aplicaciones depende de parámetros como el poder calorífico, la densidad energética, los costos logísticos y la compatibilidad con procesos productivos existentes; si bien la biomasa presenta un poder calorífico inferior al del carbón, ofrece ventajas en esquemas de economía circular mediante la valorización de subproductos, como las cenizas, en procesos industriales. Adicionalmente, el aprovechamiento de excedentes y efluentes agroindustriales para la producción de biogás mediante digestión anaerobia amplía el portafolio de sustitución energética y favorece la diversificación de la matriz industrial, siempre que se implementen sistemas de depuración que garanticen su calidad y estabilidad (MinEnergía, 2025).

En la Región Pacífico, este marco nacional se refleja en un sector bioenergético en desarrollo y con creciente diversificación, con iniciativas en biogás, biometano, calor renovable, cogeneración y biocombustibles. La **Figura 5** presenta solo algunas de las iniciativas identificadas, entre ellas se incluyen proyectos ancla de gran escala, como la cogeneración cañera, la PTAR-Cañaveralero y la planta de biomasa de Smurfit en fase de construcción, y pilotos con potencial de escalamiento en biogás a partir de caña y palma, producción de pellets y micro-agroindustrias cafeteras. Estas experiencias evidencian oportunidades para aumentar la capacidad de generación continua, sustituir combustibles fósiles y acceder a nuevos mercados, siempre que se consoliden contratos de demanda, se disponga de una logística eficiente de biomasa y se cuente con un marco regulatorio claro para cada aplicación tecnológica. En coherencia con la Estrategia Nacional de Economía Circular (MinAmbiente, 2024), se han establecido metas e indicadores que articulan objetivos técnicos, económicos y ambientales, como el incremento del 20 % en el aprovechamiento de biomasa residual al año 2030 respecto a la línea base de 2020 en sectores priorizados, mediante la coordinación entre gremios agropecuarios, entidades nacionales y actores productivos territoriales, así como un aumento mínimo del 10 % en la capacidad instalada de generación con biomasa para 2022, con el Registro UPME como fuente oficial para su seguimiento.

En línea con lo anterior, el análisis de potenciales energéticos teóricos elaborado por la UPME (línea base 2023) estima que la Región Pacífico cuenta con 174.679 TJ/año de biomasa, de los cuales el 92,6 % corresponde a biomasa agrícola y forestal, el 5,5 % a biomasa pecuaria, el 1,6 % a biomasa residual urbana y el 0,2 % a fuentes industriales y otras. Este potencial se concentra principalmente en el Valle del Cauca (73 %), seguido por Cauca (19 %), Nariño (6 %) y Chocó (3 %), lo que representa una oportunidad estratégica para implementar soluciones energéticas descentralizadas y proyectos de economía circular que fortalezcan la oferta de generación con biomasa (UPME, 2024). La integración de esta disponibilidad con la infraestructura instalada y las metas establecidas por la Estrategia Nacional de Economía Circular permite proyectar un escenario de diversificación tecnológica en el que la biomasa residual distinta al bagazo, incluyendo residuos de café, caña azúcar y panelera, palma, maíz, arroz, banano, plátano, cultivos forestales, subproductos pecuarios e industriales, adquiera un papel protagónico en la generación eléctrica y térmica, contribuyendo al cierre de ciclos productivos, la reducción de la dependencia de combustibles fósiles y el fortalecimiento de la resiliencia del sistema eléctrico regional, en concordancia con los lineamientos de la Transición Energética Justa.



Figura 5. Caracterización tecnológica y productiva de iniciativas bioenergéticas en la Región Pacífico. Fuente: elaboración UPME con información de (ASOCAÑA, 2025a; CENICAÑA, 2024; CIAT & MinEnergía, 2021; FEDEPALMA, 2023; Fuentes, 2022; Jaramillo, 2018; Murcia Molano, 2025; RedbioCol, 2019; Universidad de Nariño et al., 2014; Universidad Externado de Colombia, 2024).

4.3. Articulación Productiva para la cadena de valor bioenergética en la Región

En el marco de la transición energética y del fortalecimiento de los encadenamientos productivos de alto valor agregado, el Clúster de Bioenergía del Valle del Cauca ha formulado un plan de acción orientado a viabilizar el aprovechamiento sostenible de la biomasa residual con fines de producción de bioetanol, biogás y bioelectricidad. Esta hoja de ruta contempla líneas estratégicas como la georreferenciación y la caracterización fisicoquímica de materias primas, el monitoreo

de avances tecnológicos a nivel nacional e internacional y el diseño de esquemas de mercado orientados a aplicaciones clave en transporte, agroindustria y generación distribuida. La estrategia se articula con la Iniciativa Clúster de Energía Inteligente, integrada por una red empresarial de 535 compañías vinculadas a la cadena de valor de la energía y la movilidad sostenible en el sur de Risaralda, Valle del Cauca y norte del Cauca, que reportaron ventas consolidadas por COP\$10,2 billones en 2020, con un crecimiento interanual del 8,5 %. Esta plataforma empresarial opera bajo tres ejes estructurales: desarrollo de negocios, aceleración de la innovación y posicionamiento estratégico, y se ha consolidado como un habilitador regional clave para la diversificación tecnológica, la articulación público-privada y la masificación de soluciones energéticas bajas en emisiones (Cámara de Comercio de Cali, 2025) .

En consonancia con los lineamientos de fortalecimiento territorial definidos por la Dirección de Capacidades Productivas y Generación de Ingresos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la Región Pacífico ha priorizado un conjunto de alianzas productivas orientadas a robustecer encadenamientos agroindustriales sostenibles con enfoque diferencial, impacto directo en la generación de ingresos y ampliación de oportunidades económicas para poblaciones rurales en condición de vulnerabilidad. Estas iniciativas se integran en nodos estratégicos de las cadenas de valor agrícolas y pecuarias mediante acciones orientadas a la mejora de las capacidades productivas, la transformación agroindustrial y la inserción en mercados especializados. Se destacan, entre otras, la producción y comercialización de cafés especiales certificados (orgánico, FLO y SPP) en Patía (Cauca); la tecnificación ganadera con enfoque agroindustrial en Santa Cruz (Nariño); la transformación del plátano en Nuquí (Chocó); el fortalecimiento apícola en Samaniego (Nariño); la producción sostenible de café en Caldono y Samaniego; la tecnificación de sistemas porcicultores y lechoneros en Linares y La Llanada (Nariño); la agroindustria del aguacate con enfoque de género en Linares; el fortalecimiento de la cadena de cacao fino y de aroma en Tumaco; la reactivación productiva de palma africana con enfoque inclusivo en Nariño; y la valorización de la fibra de fique en el resguardo San Lorenzo de Caldono (Cauca) mediante esquemas de alianza productiva con el sector empresarial (MinAgricultura, 2024b). Estas apuestas territoriales, articuladas con los ejes estratégicos de los clústeres de energía y bioenergía, configuran un entorno propicio para la integración de soluciones bioenergéticas basadas en subproductos agrícolas, el cierre de ciclos productivos y la consolidación de modelos de economía circular con enfoque territorial y sostenibilidad multiescala.

4.4. Bioenergía y sostenibilidad territorial, alineación con la Agenda 2030 y los ODS

El CONPES 3918 de 2018 establece la estrategia nacional para la implementación de los ODS, articulando la planeación sectorial y territorial con metas hasta 2030. Define objetivos específicos en energía (ODS 7), en producción y consumo responsables (ODS 12) y en acción climática (ODS 13). En correspondencia, el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 operacionaliza estas metas mediante indicadores asociados a la cobertura eléctrica universal, la expansión de las FNCER y la reducción de las emisiones de GEI. Se proyectan 2.297 MW de capacidad instalada de FNCER y la incorporación de 20.000 usuarios en comunidades energéticas (DNP, 2023) .

El PIBE se estructura como un instrumento integrador de la seguridad energética, la mitigación climática y el desarrollo rural sostenible, contribuyendo directamente a los ODS 7, 9, 12 y 13, e indirectamente a los ODS 1, 2, 3, 6, 8, 11, 15 y 16. Su enfoque diferencial (étnico y de género) prioriza territorios con alta pobreza energética, articulando la bioenergía, la eficiencia energética y la sustitución de combustibles tradicionales con equidad territorial y gobernanza participativa (Figura 6).



Figura 6. Perspectiva departamental y cadenas de valor bioenergéticas y contribución a los ODS en la región del Pacífico. Fuente: elaboración UPME.

Las cadenas de valor bioenergéticas contempladas, que incluyen biocombustibles líquidos, biogás, bioelectricidad y calor útil, son aplicables a los cuatro departamentos de la Región Pacífico, aunque su grado de desarrollo y especialización varía según las condiciones productivas, tecnológicas y logísticas de cada territorio. En la **Figura 6** se ilustran las cadenas con mayor representatividad departamental, como referencia para evidenciar las vocaciones y ventajas comparativas de cada zona, sin que ello implique una exclusividad territorial en su aplicación o potencial de desarrollo.

Tales bioenergéticos son vectores clave de la descarbonización y la diversificación de la matriz energética, al integrar la innovación tecnológica, la economía circular y la justicia energética. Su desarrollo genera empleo verde calificado, promueve los encadenamientos productivos rurales y fortalece la seguridad energética regional, contribuyendo a la mitigación de GEI y al cumplimiento de los compromisos nacionales de la Agenda 2030.

Los aspectos detallados sobre la vinculación de la bioenergía con los Objetivos de Desarrollo Sostenible se presentan en el **ANEXO 2**.

4.5. Determinantes ambientales en la regionalización del Pacífico

El análisis de los determinantes ambientales en la Región Pacífico (**Figura 7**) evidencia que las áreas protegidas y ecosistémicas constituyen condicionantes estructurales para la planificación territorial y la viabilidad de proyectos de bioenergía. Estas zonas, comprendidas entre Parques Nacionales Naturales, Reservas Forestales Protectoras, Parques Nacionales Regionales y Distritos Regionales de Manejo Integrado, aseguran la regulación ecológica, la conservación de la biodiversidad y la prestación de servicios ecosistémicos estratégicos.

Si bien su delimitación impone restricciones de uso, la normativa ambiental, en particular la Ley Segunda de 1959, contempla procesos de sustracción parcial que permiten compatibilizar determinados usos productivos con criterios de sostenibilidad. En contraste, las categorías de conservación estricta exigen priorizar la integridad ecosistémica y la preservación de hábitats sensibles.

La distribución espacial de los determinantes ambientales en la Región Pacífico muestra una alta concentración en el Valle del Cauca (29,6 %), seguida de Cauca (9 %), Chocó (8,3 %) y Nariño (7 %), lo que refleja la importancia de los páramos, humedales y bosques naturales para la estabilidad hídrica y climática regionales. Su articulación con los instrumentos de ordenamiento y planificación energética es esencial para garantizar una transición bioenergética con un enfoque de sostenibilidad territorial. A nivel departamental se observan patrones diferenciados: en Cauca, los páramos, Parques Nacionales Naturales y Reservas de Ley Segunda de 1959 son los principales condicionantes, dada la alta sensibilidad de los ecosistemas de montaña; en Nariño, la amplia cobertura de la Ley Segunda, junto con páramos y parques, genera una elevada cantidad de restricciones que limita la disponibilidad de suelo; en Chocó, aunque la extensión relativa de las áreas excluidas es menor, estas se distribuyen entre diversas categorías —parques nacionales, reservas forestales y zonas arqueológicas—, conformando un mosaico de restricciones que complejiza la gestión territorial; y en Valle del Cauca, las exclusiones asociadas a parques, Ley Segunda y reservas forestales restringen la expansión agrícola, pero en un contexto de alta capacidad agroindustrial que favorece el aprovechamiento de biomasa residual y el desarrollo de proyectos bioenergéticos sostenibles.

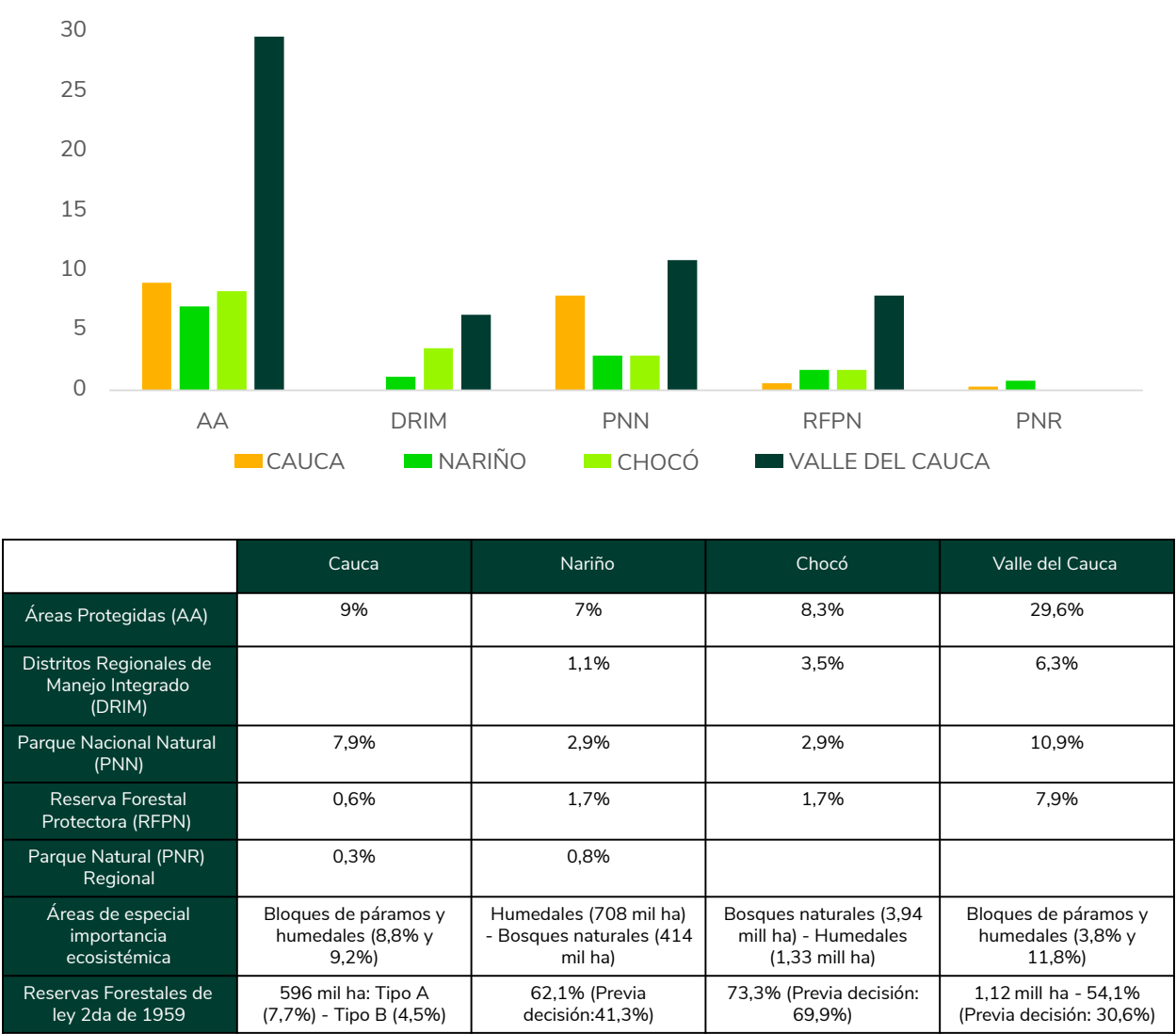


Figura 7. Determinantes ambientales en la Región Pacífico. Fuente: elaboración UPME con información de (CVC, 1959; Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2021; Parques Nacionales Naturales de Colombia., 2025; RUNAP, 2024)

Para un análisis más detallado sobre la configuración espacial, normativa y funcional de los determinantes ambientales considerados en la regionalización del Pacífico, se recomienda consultar el **ANEXO 3**, “Caracterización ambiental”.

El PIBE Pacífico reconoce los riesgos asociados al Cambio Indirecto del Uso de la Tierra (iLUC) y a la presión sobre el recurso hídrico; sin embargo, para garantizar mayor claridad y alineación con las determinantes ambientales y territoriales definidas por la UPRA y con las salvaguardas ambientales y sociales del Fondo Colombia Sostenible, se establece que el Plan orienta el desarrollo bioenergético hacia la intensificación sostenible, la optimización del uso del suelo, y el aprovechamiento prioritario de residuos, subproductos y biomásas existentes.

En coherencia con la actualización de la Frontera Agrícola Nacional, que promueve el uso eficiente del suelo rural, el ordenamiento productivo y la reducción de la pérdida de ecosistemas de importancia ambiental, y con las Salvaguardas Ambientales y Sociales del FCS–BID, particularmente las relacionadas con la zonificación y vocación del suelo, la prevención de la contaminación, la adaptación al riesgo climático, el acceso a la información y la protección sociocultural, el Plan adopta un enfoque preventivo que condiciona cualquier expansión productiva a la aptitud del suelo, a las restricciones ambientales vigentes y a la existencia de alternativas basadas en residuos y eficiencia productiva. Estas salvaguardas, adaptadas al contexto bioenergético y territorial del Pacífico, se visualizan y operacionalizan en la Tabla 11, la cual consolida su descripción, su adaptación para el PIBE Pacífico y su función dentro de las secciones de Riesgos, Programas y Lineamientos Normativos.

Tabla 11. Enfoque preventivo del Plan

Salvaguarda	Descripción	Adaptación para el PIBE	Riesgos/ Programas/ Lineamientos
Zonificación ambiental y aptitud/ vocación del suelo	Exige que el proyecto respete la vocación del suelo y la planificación ambiental.	Priorización de intensificación sostenible y uso de residuos/ subproductos. Garantiza que la bioenergía no promueva expansión descontrolada de la frontera agrícola, alineándose con UPRA y Decreto 902/2017. Adicionalmente se deben tener articulados los condicionamientos de las APPAs y validar	<ul style="list-style-type: none"> • Criterio obligatorio en la evaluación de iLUC. • Línea base para restricciones territoriales.
Consultas y participación con partes interesadas	Involucra diálogo temprano, continuo e inclusivo.	Requiere participación de consejos comunitarios, resguardos indígenas, asociaciones rurales, y productores de biomasa.	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión social y relacionamiento territorial. • Diseño de programas de bioenergía comunitaria.

Salvaguarda	Descripción	Adaptación para el PIBE	Riesgos/ Programas/ Lineamientos
Prevención y mitigación de la contaminación del ambiente	Manejo de emisiones, vertimientos, residuos y control de impactos operativos.	Estándares de calidad del biogás, manejo de digestatos, emisiones del transporte de biomasa.	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas en PGAS del proyecto. • Requisito para localización de los equipos de transformación tecnológica
Adaptación al cambio climático	Gestión de riesgos climáticos	Se enfoca en riesgos materiales del Pacífico: inundaciones, deslizamientos, erosión costera, crecientes súbitas, variabilidad hídrica.	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de riesgos • Selección de localización • Diseño de infraestructura resiliente
Información oportuna, pertinente y accesible	Transparencia, divulgación técnica y acceso a información	Herramienta virtual en construcción	Herramienta clave en el Observatorio de Bioenergía (OBCO).
Protección del patrimonio cultural	Identificación y manejo del patrimonio físico y cultural.	Especialmente relevante para territorios afro e indígenas del Pacífico.	Medida de obligatorio cumplimiento en evaluación de proyectos.
Equidad de género	Acciones para cerrar brechas de género.	Implica participación de mujeres rurales en cadenas bioenergéticas y economía circular.	Inclusión en programas de emprendimiento bioenergético.
Fortalecimiento de acuerdos de gestión comunitaria con grupos étnicos	Se enfoca en modelos comunitarios sostenibles.	Se articula con Comunidades Energéticas y bioenergía comunitaria.	Lineamientos de gobernanza energética etno-territorial.

4.6. Determinantes climáticos y vulnerabilidad territorial frente al cambio climático

El cambio climático constituye un determinante estructural de la planificación energética en la región Pacífico, donde la bioenergía se posiciona como un vector estratégico de mitigación y adaptación coherente con los compromisos multilaterales de Colombia —Protocolo de Kioto, Acuerdo de París y Agenda 2030— y con las políticas nacionales (Ley 1931 de 2018, Ley 2169 de 2021, PIGCCme 2050, E2050) (Congreso de la República de Colombia, 2018; Gobierno de Colombia, 2021; Naciones Unidas, 1998).

Los escenarios climáticos del IPCC AR6 y la Cuarta Comunicación Nacional proyectan incrementos de temperatura superiores a 4 °C y una mayor pluviosidad hacia finales del siglo XXI, condiciones que reconfiguran la base agroenergética del Pacífico, afectando la productividad y la estabilidad de los sistemas agrícolas y forestales (IPCC, 2021) . En este contexto, la bioenergía emerge como una tecnología habilitadora para la descarbonización territorial, la reducción de emisiones y la generación descentralizada en Zonas No Interconectadas (ZNI), integrando enfoques de economía circular, restauración ecológica y eficiencia energética. Su implementación está respaldada por un marco normativo e institucional robusto —UPME, SISCLIMA y PIGCCT— que orienta la acción climática hacia la diversificación de la matriz energética y la resiliencia de los territorios.

La región Pacífico enfrenta un riesgo climático medio-alto (índice promedio regional: 0,63), derivado de la interacción entre amenazas térmicas e hídricas, de alta sensibilidad productiva y de capacidad adaptativa heterogénea. Las proyecciones departamentales indican incrementos de temperatura promedio entre +2,1 °C y +2,6 °C y aumentos de precipitación que oscilan entre +6 % y +30 %, con variaciones espaciales significativas, en Cauca (+2,1 °C; +18,4 % de precipitación) se prevé afectación agrícola y reducción de disponibilidad hídrica; en Nariño (+2,1 °C; +12–30 %) se proyecta incremento de plagas, derrumbes y estrés térmico en ganadería; en Chocó (+2,3 °C; +10–30 %) se anticipa pérdida de productividad agrícola y afectación de bosques húmedos; y en Valle del Cauca (+2,2 °C; +6–20 %) el riesgo se asocia a monocultivos y vectores en zonas costeras.

Los indicadores de amenaza agroclimática se sitúan entre 0,31 y 0,67, y los de biodiversidad, entre 0,78 y 0,97, lo que refleja presiones críticas sobre ecosistemas estratégicos. La sensibilidad productiva alcanza valores de 0,69 a 0,93, mientras que la capacidad adaptativa varía de 0,32 a 0,77, con un promedio regional de vulnerabilidad de 0,58, mayor en Chocó (0,72) y Cauca (0,61) y menor en Nariño (0,52) y Valle (0,47).

En este contexto, el PIBE Pacífico se configura como instrumento articulador entre mitigación, adaptación y desarrollo territorial, al vincular una oferta estimada técnica de 63.452 TJ/año de biomasa con la reducción de vulnerabilidad climática, la planificación energética y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 7, 9, 12 y 13). De esta forma, el PIBE Pacífico convierte el riesgo climático en una oportunidad concreta para la resiliencia y la transición energética justa, con un potencial de reducción de hasta 6,4 Mt CO₂eq/año y un incremento proyectado del 10 % en la capacidad instalada renovable hacia 2030, mediante soluciones bioenergéticas descentralizadas. (La descripción con más detalle de este apartado se remite al **ANEXO 4**).

4.7. La importancia del agua como factor estructurante del desarrollo bioenergético en el Pacífico (PND 2022-2026)

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022–2026, bajo la consigna “Colombia, Potencia Mundial de la Vida”, establece el agua como variable estructurante del ordenamiento territorial, orientando una transformación económica descarbonizada, incluyente y basada en la biodiversidad. En coherencia con esta directriz, el PIBE Pacífico adopta el enfoque de Ordenamiento del Territorio Alrededor del Agua y la Justicia Ambiental como eje metodológico para la gestión hídrica y la planificación sectorial, reconociendo el agua no solo como insumo biofísico esencial para la producción y transformación de biomasa, sino también como factor de equilibrio ecosistémico y territorial.

La Región del Pacífico, prioritaria para el PIBE Pacífico, concentra un elevado potencial de biomasa (agrícola, forestal y agroindustrial), lo que la perfila como un nodo estratégico para la diversificación de la matriz energética nacional, especialmente en la implementación de soluciones en Zonas No Interconectadas (ZNI). Este potencial se articula con una alta representatividad de comunidades étnicas (negras, afrocolombianas, raizales, palenqueras e indígenas), lo que exige un enfoque de

planificación sustentado en criterios técnicos de ordenamiento territorial, de equidad distributiva y de sostenibilidad ambiental. En este contexto, el agua se constituye como eje regulador de la expansión bioenergética, permitiendo orientar el análisis de las intervenciones hacia la seguridad hídrica, la reducción de la pobreza energética y la conservación de los servicios ecosistémicos regionales.

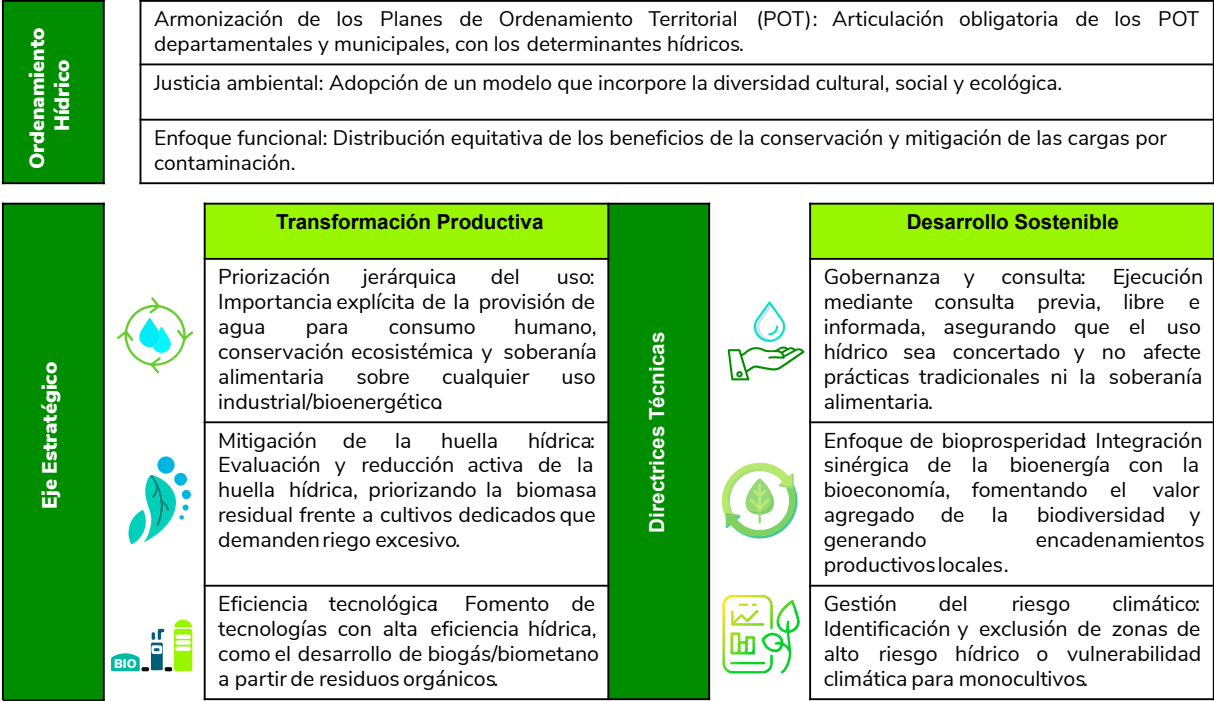


Figura 8. Lineamientos de Ordenamiento Hídrico para la Bioenergía en la Región Pacífico. Fuente: elaboración UPME con información de (DNP, 2023) .

Dada la intensidad en el uso de agua asociada a las etapas de riego y procesamiento industrial en la producción bioenergética, se establecen parámetros técnicos orientados a la eficiencia hídrica, la articulación de la reconversión productiva con la gestión de cuencas hidrográficas y la adopción de tecnologías (digestión anaerobia, gasificación, pirólisis, cogeneración, entre otras.) que reduzcan vertimientos y cargas contaminantes. Estas acciones se integran a los catalizadores del PND — justicia ambiental, fortalecimiento de capacidades locales, catastro multipropósito y acceso formal a la tierra — en el marco del fortalecimiento de la gobernanza hídrica y territorial. A nivel del sector agroindustrial ya cuentan con un programa que podrá ser un insumo a una futura propuesta institucional de gobierno de implementar una Plataforma de Sostenibilidad del recurso hídrico. Este programa sectorial se denomina la mesa del agua de la agroindustria, donde se consolidan indicadores de consumo del recurso hídrico y se establecen metas de reducción.

La gestión integral del recurso hídrico constituye un criterio técnico para la localización de proyectos bioenergéticos y para la preservación de cuencas hidrográficas estratégicas, humedales y páramos, que sustentan los servicios ecosistémicos y la resiliencia ambiental regional. El principio de ordenamiento territorial alrededor del agua establece el marco de sostenibilidad que orienta la implementación del PIBE del Pacífico, garantizando que la transición energética justa y la bioeconomía regional se desarrollen de manera incluyente, culturalmente respetuosa y funcionalmente sostenible.

4.8. Determinantes sociales en la regionalización del Pacífico

El análisis de los determinantes sociales en la Región Pacífico, representado en la **Figura 9**, muestra un conjunto de condiciones estructurales que inciden directamente en la planificación y viabilidad de

las actividades sectoriales. La región concentra una de las mayores proporciones de población étnica del país, con predominio de comunidades afrodescendientes e indígenas, lo que exige la incorporación de enfoques diferenciales, procesos de consulta previa y mecanismos de participación efectiva en la estructuración de proyectos. A ello se suma la alta afectación por el conflicto armado y el desplazamiento forzado, con más de 1,7 millones de personas impactadas, lo que configura un entorno social complejo y con fuertes demandas en materia de reparación, inclusión y seguridad territorial.

Las brechas sociales se reflejan en los indicadores de bienestar y en el acceso a servicios básicos. La incidencia de la pobreza multidimensional en la región se ubica por encima del promedio nacional, con departamentos como Cauca y Chocó que concentran las mayores privaciones estructurales. De manera complementaria, la pobreza energética multidimensional alcanza un 25,12 % de los hogares, lo que evidencia limitaciones sustanciales que dificultan el acceso a infraestructura energética, así como a bienes y servicios energéticos modernos, seguros y asequibles. Esta situación no solo compromete la calidad de vida de la población, sino que también condiciona la capacidad de los territorios para dinamizar actividades productivas y consolidar proyectos energéticos sostenibles.

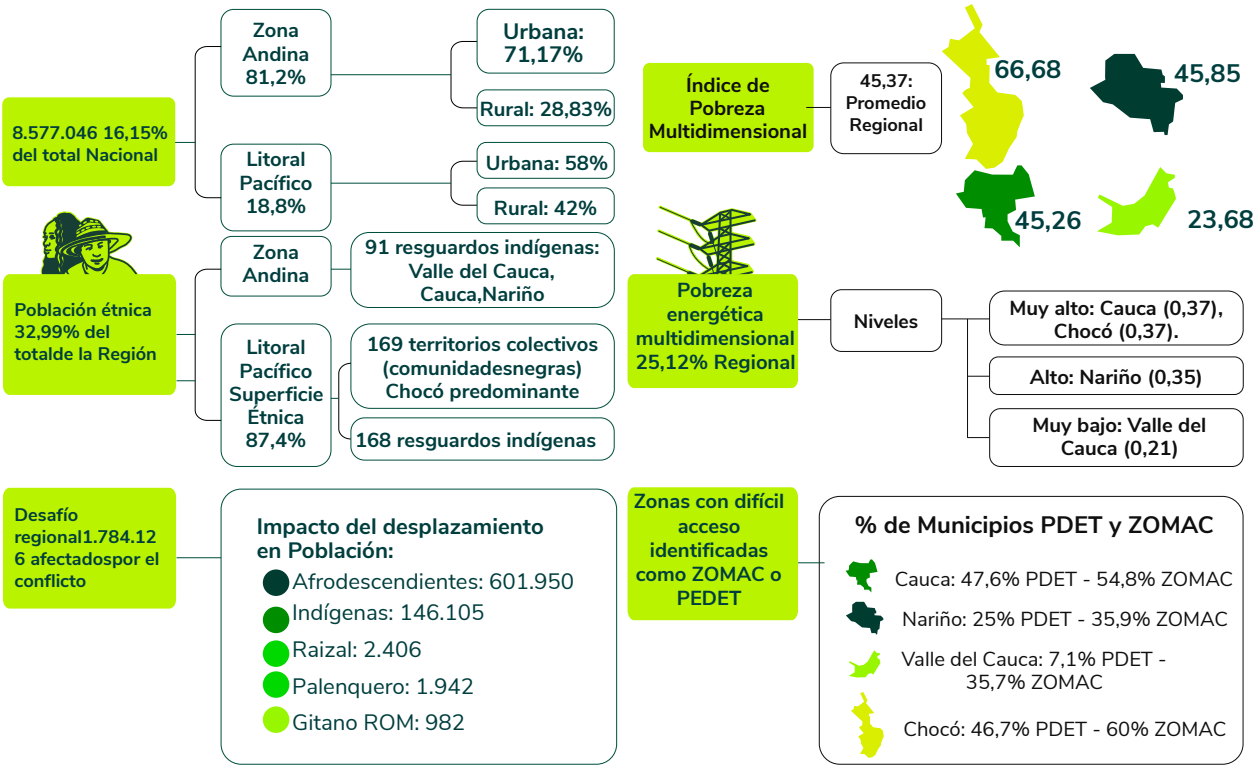


Figura 9. Determinantes sociales en la Región Pacífico. Fuente: elaboración UPME con información de (DANE, 2025; DNP, 2025c, 2025a, 2025b; IPSE, 2025; MinCencias, 2025; RAP PACÍFICO, 2022).

La contextualización por departamento del componente social se amplía en el **ANEXO 5**, que complementa la caracterización con indicadores demográficos, socioeconómicos y territoriales para el diagnóstico diferencial de la región.

4.9. Encuesta regional de percepción sobre bioenergía en la Región Pacífico

Como parte de la construcción participativa del PIBE Pacífico, se desarrolló durante el primer semestre de 2025 una encuesta regional de percepción sobre bioenergía, orientada a identificar

la visión, las expectativas y las principales barreras que enfrentan los actores del territorio frente al aprovechamiento energético de la biomasa. Este instrumento se concibió como un componente transversal del diagnóstico territorial, complementando la información técnica y sectorial con la dimensión social e institucional del desarrollo bioenergético en la región. La encuesta se aplicó de manera virtual mediante un formulario estructurado en cinco secciones temáticas: recursos y gestión de biomasa disponibles, uso de bioenergéticos, barreras y oportunidades, incentivos y percepciones sobre impactos. El cuestionario se difundió a los actores mapeados durante la fase de caracterización sectorial (gobiernos locales, empresas productivas, asociaciones campesinas, universidades, entidades ambientales) buscando una representación territorial equilibrada entre los cuatro departamentos que integran la región Pacífico (Ver Figura 10).

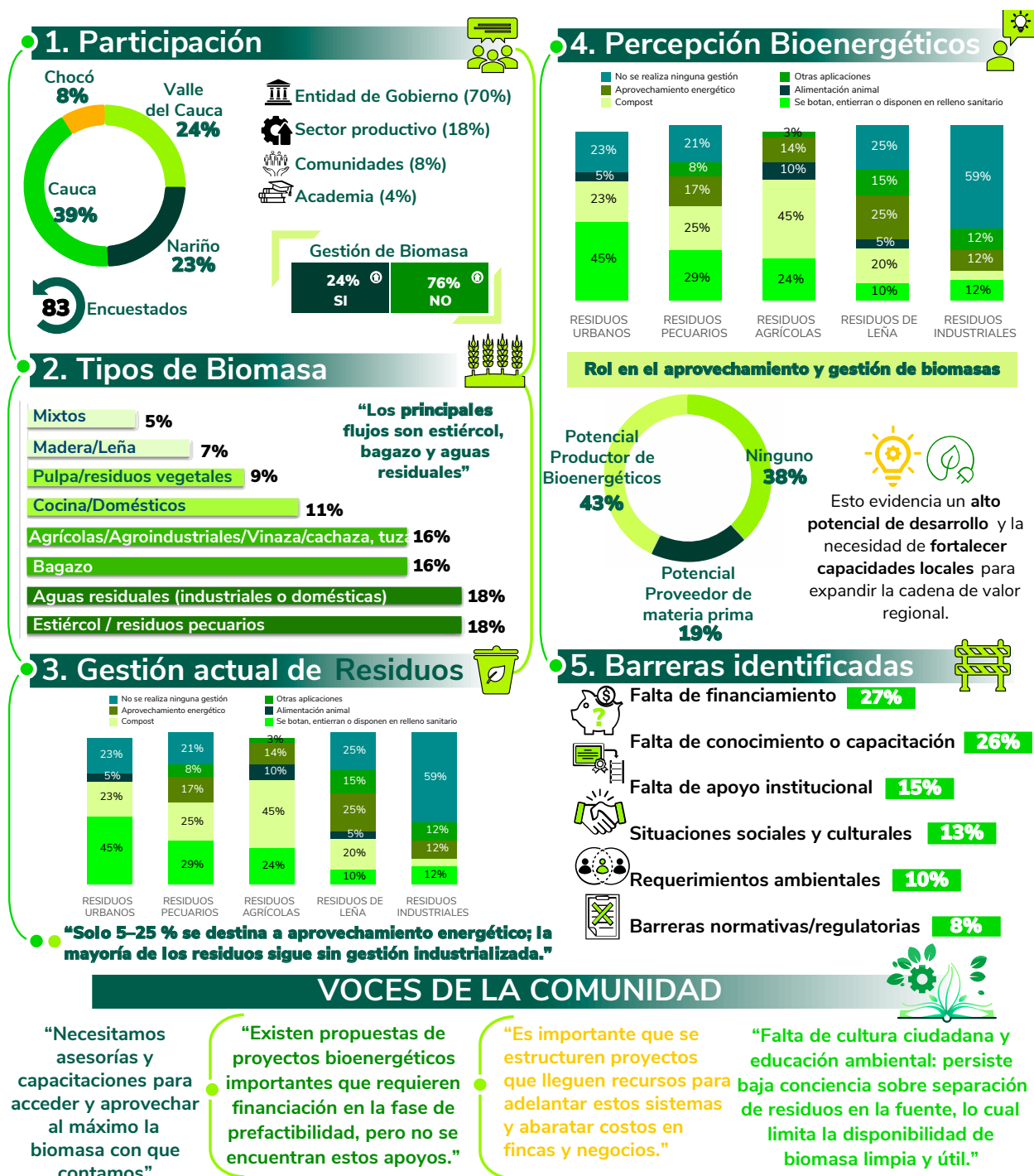


Figura 10. Resultados de la encuesta de percepción de Bioenergía aplicada a la Región Pacífico. Fuente: elaboración UPME.

En total, se recibieron 83 respuestas válidas, con predominio de entidades de gobierno territorial (70 %) y de representantes del sector productivo (18,1 %), seguidos por organizaciones sociales y comunitarias (8,4 %) y por actores académicos (3,6 %). En cuanto a la distribución geográfica, el Cauca concentró la mayor participación (39 %), seguido por el Valle del Cauca (24 %), Nariño (23 %) y Chocó (8 %).

Los resultados evidencian una percepción favorable hacia la bioenergía como oportunidad estratégica para la transición energética y el desarrollo sostenible regional. Más del 70 % de los encuestados la asocia con beneficios como la reducción de emisiones, la generación de empleo local y el aprovechamiento eficiente de los residuos. La mayoría reconoce la abundancia de biomásas agroindustriales y pecuarias —particularmente bagazo de caña, cáscara de coco, mucílago y cascarilla de cacao, estiércoles y residuos de palma—, aunque advierte una gestión aún incipiente y fragmentada de estos recursos a escala territorial.

En contraste, los participantes identifican diversas barreras estructurales y operativas que limitan el desarrollo del sector. Entre las más mencionadas se encuentran la falta de mecanismos de financiamiento e incentivos (27 %), la carencia de capacidades técnicas locales (26 %), los vacíos en información sobre tecnologías apropiadas, y la ausencia de articulación entre sectores productivos e institucionales. Al mismo tiempo, los encuestados destacan la existencia de condiciones habilitantes y oportunidades de corto plazo. Entre ellas, el interés creciente por alternativas de valorización de residuos; la disponibilidad de biomásas no aprovechadas en zonas agrícolas, pecuarias y urbanas; y la predisposición positiva de la población local hacia el uso de tecnologías limpias y energías renovables. Estos hallazgos confirman que, más allá de la disponibilidad de recursos, el avance del sector depende de fortalecer la institucionalidad territorial, de dinamizar la formación técnica y de generar confianza entre actores públicos y privados.

Desde el punto de vista social, la encuesta revela un alto nivel de aceptación y apropiación del concepto de bioenergía. El 72 % de los participantes considera que la bioenergía puede contribuir a mejorar las condiciones de vida rural, mientras que el 69 % la asocia con la seguridad energética local y la autonomía comunitaria. También emergen percepciones diferenciadas por departamento: en el Chocó, la bioenergía se asocia más con el aprovechamiento de residuos urbanos y forestales; en el Cauca, con la valorización de subproductos agrícolas; y en el Valle del Cauca y Nariño, con la integración industrial de procesos energéticos y la modernización tecnológica.

La información recopilada a través de esta encuesta complementa el diagnóstico técnico y territorial del PIBE Pacífico al incorporar la perspectiva de los actores del territorio sobre los desafíos reales de implementación. El ejercicio permitió validar las líneas estratégicas del plan, orientar los temas de los talleres regionales de socialización y definir las prioridades de comunicación y fortalecimiento institucional. En conjunto, los resultados demuestran que existe una base social receptiva y comprometida con el desarrollo bioenergético, siempre que se aborden las barreras de conocimiento, financiación y coordinación que persisten en la región.

PARTE III: ANÁLISIS TÉCNICO Y PROSPECTIVO

SECCIÓN 5. METODOLOGÍA PARA LA PROYECCIÓN DE LA BIOENERGÍA (2018–2036)

La metodología adoptada para la proyección de los potenciales bioenergéticos de la Región Pacífico se fundamenta en la naturaleza del PIBE Pacífico como un instrumento de planeación indicativo. Ante la inherente discontinuidad de las series históricas de biomasa a nivel subnacional (la cual limita la robustez de la aplicación de modelos estadísticos econométricos), la presente metodología da mayor valor a la fuerza de los supuestos estructurales de política pública en materia energética y la validación sectorial, que, a la precisión estadística, lo cual es apropiado para un plan indicativo de naturaleza transformadora como lo es el PIBE Pacífico. Lo anterior está asociado a los supuestos tendenciales definidos para los bioenergéticos utilizados y no utilizados en los territorios a partir de las diferentes cadenas de valor.

Las magnitudes de los potenciales técnicos bioenergéticos estimados para la región del Pacífico se obtuvieron a partir de supuestos y consideraciones conservadoras respecto de los potenciales teóricos identificados. En este sentido, es razonable prever que, en la práctica, puedan alcanzarse magnitudes superiores de potencial técnico, en la medida en que se disponga de: (i) información sectorial basada en datos primarios más actualizados; (ii) mejoras en las eficiencias de los procesos asociadas a la incorporación de tecnologías más avanzadas; (iii) mayores escalas de producción derivadas del desarrollo progresivo de los proyectos; (iv) un marco institucional y regulatorio más robusto y articulado que reduzca barreras para la implementación de proyectos bioenergéticos; y (v) mejoras en la articulación territorial y logística para el acopio, transporte y aprovechamiento de la biomasa.

5.1. Definición de la Línea Base (2018–2023):

La proyección se fundamenta en el cálculo del potencial técnico de bioenergía (medido en TJ/año) correspondiente al periodo 2018–2023, obtenido a partir de la estimación de las cantidades de residuos y subproductos utilizados y no utilizados en diferentes cadenas de valor. Se emplearon datos anteriores a 2018 para validar las tendencias en el horizonte 2036.

A continuación, para una mejor comprensión de los resultados identificados sobre la cantidad de bioenergía y sus potenciales de la Región del Pacífico colombiano, se presenta en la siguiente **Tabla 12** información relacionada con los porcentajes de disponibilidad técnica referidos al potencial teórico, como también el uso técnico porcentual definido en el análisis del PIBE Pacífico, lo cual se presentó con detalles en el primer avance del PIBE Pacífico (UPME, 2024); otra información sobre cada una de las biomásas y sus residuos o subproductos son presentados con más detalles en el **ANEXO 6**. Tales potenciales técnicos de biomásas para producir bioenergía fueron asociados a cuatro conceptos de bioenergía previamente definidos: i) “Bioenergía Utilizada”, ii) “Bioenergía No Utilizada”, iii) “Bioenergía Tendencial” y iv) “Bioenergía Potencial/Políticas”.

El desarrollo metodológico futuro se centra en el tránsito de la Bioenergía Utilizada y No Utilizada respectivamente a la Bioenergía Tendencial y a la Bioenergía Potencial/Políticas. Este proceso de transformación exige una acción coordinada de las entidades regulatorias involucradas, la cual debe materializarse en dos frentes clave i) cuantificación de la inversión para el desarrollo de los escenarios E2 y E3 y, ii) alineación normativa, con el fin de proponer marcos regulatorios que potencien el valor intrínseco de los subproductos (Digestato/biol) y promuevan la adopción de rutas tecnológicas eficientes en la región.

Los valores porcentuales de los diferentes tipos de bioenergía definidos antes son presentados en la Tabla 12 en el marco de este Plan:

Tabla 12. Porcentajes de disponibilidad técnica y de uso porcentual definidos en el plan.

Residuos y subproductos de cadenas de valor		% disponibilidad técnica para bioenergía 2018-2023 Utilizado	% de uso definido para bioenergía		
			2024-2036	2018-2023	2024-2036
			Tendencial	No Utilizado	Potencial/Políticas
Agrícolas	**Arroz (cascarilla)	70	80		20
	*Maíz (residuos)	70	0		100
	**Palma (raquis)	70	0		100
	**Palma (POME)	70	20		80
	**Caña azúcar (bagazo)	70	80		20
	*Caña de azúcar (hojas)	20	0		100
	**Caña azúcar (Vinaza)	70	0		100
	**Caña Panelera (bagazo)	70	80		20
	*Café (residuos)	70	0		100
	*Banano (residuos)	70	0		100
	*Plátano (residuos)	70	0		100
	**Forestal (residuos)	50	0		100
Urbanos	**PTAR (lodos)	70	10		90
	**RSU (orgánicos)	70	50		50
Pecuarios	**Avícola (estiércol)	70	15		85
	**Bovino (estiércol)	70	5		95
	**Porcicola (estiércol)	70	15		85
	*Búfalos (estiércol)	70	0		100
	*Caprino (estiércol)	70	0		100
	*Ovino (estiércol)	70	0		100
	*Equino (estiércol)	70	0		100
*Cadenas de valor que requieren estudios de prefactibilidad y factibilidad técnica y económica. Los actuales niveles de madurez tecnológica para rutas bioquímicas y/o termoquímica no son impedimento actualmente.					
** Cadenas de valor que ya tienen suficiente evidencia para pasar a aumentar aprovechamientos, fase de proyectos.					

Fuente: elaboración UPME.

5.2. Fuentes Primarias de Información y Cálculo

El sustento de la línea base proviene de sistemas de información oficial y análisis sectorial, considerado la fuente primaria para el cálculo del potencial en el **PIBE Pacífico**:

- **Sistemas Oficiales:** UPRA (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria), ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), SUI (Sistema Único de Información de Servicios Públicos), MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural), DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística).
- **Bioenergéticos Incluidos:** biomasas, residuos y subproductos de los sectores agrícola, pecuario, forestal, urbano e industrial; leña y biocombustibles líquidos (biodiésel y bioetanol).
- **Bioenergía en la región del Pacífico colombiano:** Se presentan las estimaciones para cada caso en la Tabla 12.

5.3. Proyección Estadística

Para la bioenergía (utilizada y no utilizada) de las biomasas definidas en el marco del presente

Plan y mediante regresión lineal se encontró la mejor línea recta que se ajustó al conjunto de valores históricos de los respectivos bioenergéticos (TJ/año) a nivel departamental entre 2018 y 2023, y posteriormente mediante extrapolación lineal los mismos bioenergéticos se proyectaron los valores del rango 2024 a 2036.

Para algunos casos de los bioenergéticos considerados entre el año 2018 y 2023 el coeficiente de regresión (R^2) fue bajo, indicando una dispersión considerable de los datos históricos. Esta limitación obedece a la naturaleza discontinua o no sistematizada de los registros a nivel subnacional que fueron calculados a partir de las fuentes consultadas.

El modelo lineal se definió porque, a pesar de su limitada capacidad explicativa, permite identificar la dirección general del comportamiento (crecimiento, estabilidad o decrecimiento). Este valor indicativo se complementa con la aplicación de criterios técnicos y de política pública y energética, lo que lo hace útil para un ejercicio prospectivo como el PIBE Pacífico.

5.4. Criterios de Proyección (2024–2036)

La diferencia entre el valor proyectado para 2023 y el valor de 2036 (expresada en términos porcentuales) se utilizó como referencia para aplicar los criterios de ajuste fijos. El rango histórico de energía creciente y decreciente identificado entre -15 % y +250 % fue muy amplio; por lo tanto, en la recta de regresión y su proyección para cada caso, se definió una intervención metodológica para guiar las metas hacia valores realistas y conservadores de planeación.

En tal sentido, en la mayor parte de los casos se definieron los rangos de crecimiento entre 10 % a 70 % bajo la premisa de **normalizar la proyección a tendencias conservadoras**, lo cual es considerado válido para el presente análisis indicativo y prospectivo que tiene un horizonte de mediano plazo hasta 2036 (ver **Tabla 13**). El único caso particular de decrecimiento fue la leña como un bioenergético tradicional, alineada esto con las políticas públicas y energéticas nacionales e internacionales.

Tabla 13. Criterios de proyección de las curvas a 2036

Valor Hallado con la recta de Proyección en 2036 con base a 2023	Criterio de Ajuste Establecido	Fundamento Estratégico y de Política (Ver 5.3)
Crecimiento Leve (0% a 30%)	Ajuste al 30%	Refleja la inercia positiva impulsada por la continuidad del mercado y la implementación de políticas mínimas.
Crecimiento Moderado (30% a 50%)	Ajuste al 50%	Se alinea con la expectativa de una expansión consolidada, compatible con la implementación parcial de políticas anunciadas
Crecimiento Alto (>50%)	Ajuste al 70%	Representa una alta ambición, justificando la necesidad de una transformación regulatoria e inversión significativa
Tendencia Levemente Decreciente (-15% a 0%)	Ajuste al 10% (Crecimiento)	Este criterio invita y sugiere el replanteamiento de estrategias de desarrollo en cadenas de valor con tendencia histórica negativa en el periodo evaluado 2018-2023. Se asume que políticas públicas en materia energética armonizadas posteriores a 2025 (alineadas con la TEJ) favorecerán el aprovechamiento de residuos, revirtiendo el decrecimiento observado.
De manera particular los resultados del consumo de leña en el periodo 2018-2023 fueron crecientes ; sin embargo, en este caso las políticas públicas en materia energética indican que la prospectiva de este bioenergético en fogones obsoletas e ineficientes como solución para la cocción de alimentos debe ser decreciente. En tal sentido se definió en este caso un ajuste de decrecimiento moderado ajustado al -30%.		

Fuente: elaboración UPME.

Para todos los casos y bajo los criterios aplicados, se definió un crecimiento porcentual anual igual durante los 13 años desde 2024 de los bioenergéticos utilizados y no utilizados antes dichos.

5.5. Definición de Escenarios Prospectivos y Articulación Estratégica

Teniendo presente que el horizonte de planeación del PIBE Pacífico es 2036, se definieron tres escenarios prospectivos (E1, E2 y E3), los cuales permiten evaluar el impacto energético de distintos niveles de implementación de políticas de aprovechamiento, innovación tecnológica y economía circular. Los tres escenarios del PIBE Pacífico se articulan conceptualmente con los escenarios de la Agencia Internacional de Energía (IEA) —STEPS, APS y NZE— y con las trayectorias definidas en el Plan Energético Nacional (PEN) de la UPME. Esta correspondencia garantiza que la planeación regional conserve coherencia metodológica con los compromisos nacionales e internacionales de transición energética.

El principal foco del PIBE Pacífico es el mayor desarrollo, uso y explotación de los bioenergéticos, tanto utilizados como no utilizados, principalmente en la generación de energía eléctrica y de calor, la cocción de alimentos, la iluminación y el transporte.

Bioenergía moderna líquida (actualmente Biodiésel y Bioetanol): La base productiva se consolidó a partir del CONPES 3510 (2008), cuyo propósito fundamental fue promover el desarrollo productivo y la ocupación eficiente del territorio rural a través de las cadenas de producción de palma y de caña de azúcar. Este documento mantiene la vigencia de estos dos biocombustibles y justifica el crecimiento sostenible del potencial de sus cadenas de valor, incluida la mejora continua del rendimiento de los cultivos, siendo la región del Pacífico colombiano un territorio de referencia nacional para la generación de materias primas y biocombustibles.

Bioenergía moderna sólida y gaseosa: La Ley marco para el uso de biomasa y residuos forestales sólidos para generación de energía y calor se establece en la Ley 1715 de 2014 y sus modificaciones (Ley 2099 de 2021 y la Ley 2294 de 2023). Estas leyes promueven el uso de Fuentes no convencionales de energía renovable (FNCE) para generación de energía eléctrica, la Gestión Eficiente de Energía (GEE), alineado con el Plan Indicativo del Programa de Uso Racional y eficiente de la energía (PAI- PROURE) y el uso de hidrógeno. Específicamente para el uso de biomasa sólida y gaseosa, el PAI PROURE establece acciones y medidas priorizadas para los sectores industrial y terciario encaminadas al desarrollo de buenas prácticas de operación de los sistemas, así como el uso de calor directo e indirecto, fomentando así la implementación de tecnologías con mayor eficiencia en producción de calor. En cuanto a la limitación de la ley, se establece una oportunidad de mejora respecto a las FNCE, debido a que no incluye directamente la generación de calor para proyectos distintos a la generación de energía eléctrica.

Sobre el biogás y biometano se identifica que su potencial utilizable es significativo, siendo su uso y valorización de residuos parte de la Estrategia Nacional de Economía Circular (CONPES 3874, 2016). No obstante, como ya se mencionó previamente en el documento de avance (UPME, 2024) el marco regulatorio vigente (Resolución CREG 240/2016) se sugiere se pueda ampliar y armonizar para su adecuado desarrollo.

5.6. Escenarios prospectivos del PIBE Pacífico:

Los escenarios se articulan con los referentes de la IEA y la visión de la Transición Energética Justa (TEJ), pero están plenamente contenidos en los fundamentos estratégicos del presente Plan, delimitando el espectro de la ambición hasta el 2036. En el marco comparativo, el Escenario E1 (Tendencial) se asimila al Stated Policies Scenario – STEPS de la IEA y al escenario BAU del PEN; el Escenario E2 (Avance Consolidado) corresponde al Announced Pledges Scenario – APS; y el Escenario E3 (Aprovechamiento Pleno) se relaciona con la Net Zero Emissions Scenario – NZE 2050. Esta alineación permite comparar los resultados del PIBE Pacífico con proyecciones globales y nacionales bajo criterios técnicos equivalentes.

En la Tabla 8 se presentan los aspectos más relevantes sobre los escenarios:

Tabla 14. Definición de escenarios prospectivos del Pibe Pacífico

Escenario PIBE Pacífico	Nivel de Incorporación del Potencial Posible	Alineación Estratégica Global
Escenario E1 (Tendencial Conservador - STEPS):	Sin incorporación de bioenergéticos de uso posible.	Alineado al Escenario de Políticas Establecidas (STEPS) de la IEA , reflejando el statu quo o inercia regulatoria, sin nuevas intervenciones ambiciosas.

Escenario PIBE Pacífico	Nivel de Incorporación del Potencial Posible	Alineación Estratégica Global
Escenario E2 (Avance Consolidado - APS):	Incorporación progresiva del 50% del potencial de uso posible desde 2026 a 2036.	Refleja un Avance Consolidado , compatible con la implementación de los Compromisos Anunciados (APS) de Colombia y una expansión moderada de infraestructura.
Escenario E3 (Aprovechamiento Pleno - Ruta NZE):	Incorporación progresiva del 100% del potencial de uso posible desde 2026 a 2036.	Representa una Ruta de Descarbonización Regional ambiciosa , alineada con el esfuerzo total requerido para el objetivo Net Zero Emissions (NZE) 2050 de la IEA , exigiendo la transformación regulatoria.

Fuente: elaboración UPME.

Ventana Abierta para Materias Primas y Vectores Avanzados (Post-2036): Si bien el PIBE Pacífico (2023–2036) se enfoca en el potencial de corto y mediano plazo, el aprovechamiento pleno del potencial de uso posible (Escenario E3) sienta las bases de la disponibilidad futura de materias primas sostenibles provenientes de la región, sirviendo como un referente para el país en este desarrollo paralelo de la bioenergía de uso actual y también se mantiene la ventana abierta para el desarrollo de tecnologías avanzadas principalmente como el Diésel Renovable (DR), el Combustible Sostenible de Aviación (SAF) y el Hidrógeno (H₂) de biomasas. La viabilidad y el ritmo de adopción de estos vectores avanzados mantienen articulación con los objetivos de largo plazo del Plan Energético Nacional (PEN 2024-2054) en el horizonte pos-2036. El PIBE Pacífico está alineado con lo establecido en el PND 2022-2026 y la Hoja de Ruta sobre los biocombustibles de aviación (liderazgo de la Aerocivil), cuyo objetivo es guiar la transición energética del sector aéreo mediante la descarbonización, con metas ambiciosas de producir 100 Mgal de combustible sostenible de aviación para 2035 y 450 Mgal para 2050.

SECCIÓN 6 - RESULTADOS LÍNEA BASE Y PROYECCIONES DEPARTAMENTALES:

A continuación, se presentan los resultados de la línea base (2018 a 2023) para los diferentes sectores evaluados y sus respectivas proyecciones desde 2023 a 2036, en el marco del PIBE Pacífico.

6.1. Sectores agrícola y forestal:

Para el sector agrícola y forestal se definió la evaluación de los potenciales bioenergéticos de los residuos y subproductos, en su mayoría sólidos (hojas, tallos, residuos de corte, etc.), de las siguientes cadenas de valor: maíz, arroz, palma, caña de azúcar, caña panelera, banano, plátano y cultivos forestales comerciales. En el **ANEXO 6** se presenta la información detallada de cada cadena de valor sobre el tipo de residuo, el factor de residuo, el poder calorífico utilizado, las

consideraciones técnicas, los porcentajes utilizados y no utilizados, la proyección de crecimiento lineal y los criterios de proyección definidos.

En la siguiente **Figura 11** se presentan los potenciales históricos de 2018 a 2023 y sus respectivas proyecciones a 2036 del crecimiento de los residuos y subproductos agrícolas y forestales en la producción de bioenergía.

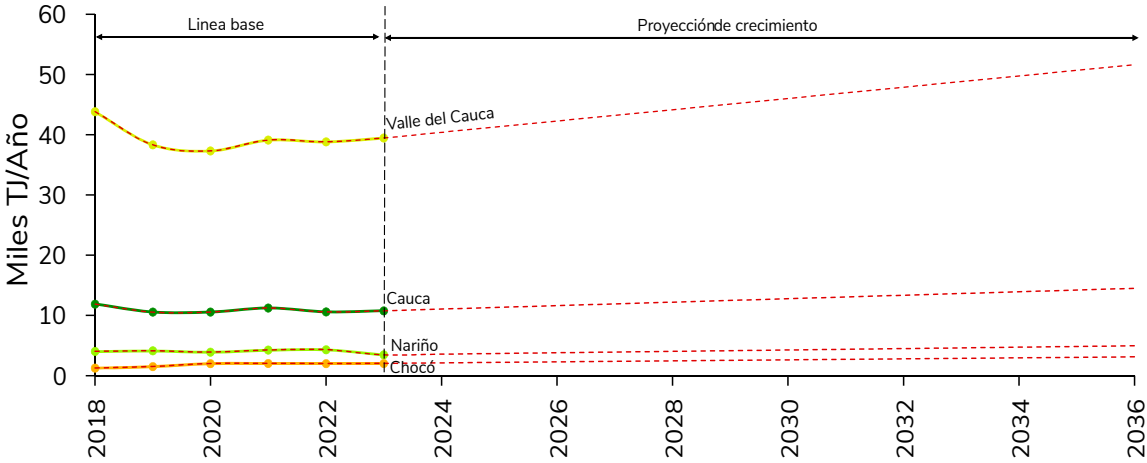


Figura 11. Línea base y proyección de crecimiento del potencial bioenergético técnico de residuos/subproductos agrícolas y forestales que incluyen biogás y aplicaciones termoquímicas. Fuente: elaboración UPME con información de (UPRA, 2025), (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2025).

Los resultados indicaron que en 2023 los departamentos del Valle del Cauca y del Cauca tuvieron una participación cercana al 85% del total de la bioenergía que fue de aproximadamente 56 mil TJ (Utilizado y no utilizado), asociada claramente a su vocación agrícola industrial de la caña de azúcar. Nariño y Chocó presentan potenciales bioenergéticos agrícolas y forestales menores, pero no son despreciables, ya que las cantidades identificadas podrían ser aprovechadas en el marco de las políticas energéticas territoriales y nacionales que se puedan definir en los próximos años. Los aportes bioenergéticos forestales están incluidos en el balance total (de la **Figura 11**), pero también se presentan más adelante de manera separada, puesto que es un sector con muchas expectativas y posibilidades de crecimiento y de aprovechamiento comunitario, de acuerdo con los planteamientos sectoriales.

En 2023, los resultados indicaron que la participación de la bioenergía utilizada del sector agrícola y forestal fue del orden 71 % y del 29 % la no utilizada. A manera de ejemplo, en la **Tabla 15** la participación departamental de los bioenergéticos utilizados y no utilizados del sector agrícola y forestal en el año 2023.

Tabla 15. Participación departamental de la bioenergía utilizada y no utilizada del sector agrícola y forestal en el año 2023

Departamento, 2023	Utilizada		No Utilizada		Total	
	TJ	%	TJ	%	TJ	%
Cauca	7.725	20%	3.044	19%	10.769	19%
Chocó	893	2%	1.149	7%	2.042	4%
Nariño	1.785	5%	1.675	10%	3.460	6%
Valle de Cauca	29.021	74%	10.458	64%	39.479	71%
Total (TJ)	39.423		16.327		55.750	

Fuente: elaboración UPME.

Los resultados identificados permiten señalar que existe una amplia ventana para mantener e impulsar en mayor medida los actuales aportes bioenergéticos en los territorios, así como el desarrollo prospectivo de los bioenergéticos no utilizados, lo cual puede estructurarse en el marco de las políticas públicas en materia energética existentes.

Del mismo modo, en el horizonte 2036, la bioenergía utilizada y no utilizada, considerando el crecimiento, se estima que aumentará aproximadamente en 32 % y 36 %, respectivamente (ver Tabla 16). Lo anterior es clave para que estos sean puntos de referencia en los nuevos instrumentos de política que consoliden un mayor aprovechamiento de la bioenergía en la región del Pacífico colombiano.

Tabla 16. Participación departamental de la bioenergía utilizada y no utilizada del sector agrícola y forestal en el año 2036

Departamento, 2036	Utilizada		No Utilizada		Total	
	TJ	%	TJ	%	TJ	%
Cauca	10.442	20%	4.066	18%	14.508	20%
Chocó	1.517	3%	1.608	7%	3.126	4%
Nariño	2.330	4%	2.623	12%	4.953	7%
Valle de Cauca	37.762	73%	13.860	63%	51.622	70%
Total (TJ)	52.051		22.157		74.209	

Fuente: elaboración UPME.

***Sector forestal:** Los resultados de los potenciales bioenergéticos forestales fueron calculados a partir de información publicada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el sector de la madera representado por Fedemaderas y relacionados con los potenciales residuos generados por la madera de cultivos forestales reportada como madera movilizada entre 2018 a 2023. Se definió incluir únicamente la información sobre los potenciales residuos industriales que pueden generarse, como el aserrín, las virutas y los recortes. Los cálculos de los potenciales técnicos asumieron un aprovechamiento del 50 % de estos residuos para generar bioenergía, lo cual forma parte de las consideraciones del presente Plan en la búsqueda de un aprovechamiento intermedio del E2 ("bioenergía potencial"). Las proyecciones de 2023 a 2036 se establecieron con base en los criterios de crecimiento conservadores antes mencionados. Los criterios técnicos y propiedades de la madera empleados para realizar los cálculos se presentan de manera más amplia en el **ANEXO 6**.

Los resultados de línea base (2018-2023) y proyección (2023-2036) para el sector forestal son presentados en la siguiente **Figura 12**:

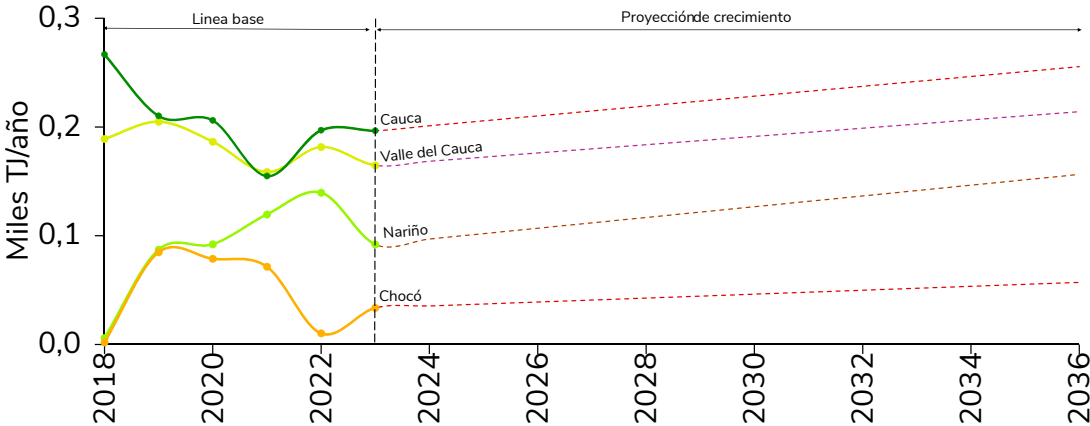


Figura 12. Línea base y proyección del potencial bioenergético técnico de solo residuos/subproductos forestales. Fuente: elaboración UPME con información de (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2025).

Los resultados en el periodo de 2018 a 2023 (Boletines Estadísticos Forestales) indicaron una tendencia muy irregular, lo cual sugiere que sea revisado en el marco de las políticas públicas y energéticas actuales y futuras que permitan su óptimo aprovechamiento en los territorios y en el país. Si bien la Ley 1715 de 2014 permite el uso de recursos forestales y sus residuos para la producción de energía, también es necesario armonizar habilitantes normativos y regulatorios adicionales que permitan un mayor desarrollo y aprovechamiento, ya sea como materia prima o como producto final bioenergético. Adicionalmente que las posibilidades de recursos forestales para aplicaciones bioenergéticas no solo estén delimitadas a los cultivos forestales comerciales, sino también al aprovechamiento de los residuos forestales que se generan en zonas que tienen condicionales y restricciones como bien se señaló en el documento “Oportunidades del biogás y el biometano en el desarrollo energético de la región del Pacífico como un referente para el país”(UPME, 2025b), en el que se planteó que la Resolución 110 de 2022 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible puede ser un buen punto de referencia para que a futuro se pueda considerar la inclusión y aprovechamiento energético de las biomásas residuales forestales, entendido esto como actividades sostenibles de explotación diferente de la forestal, que no perjudican la función protectora de la reserva y no se requieren sustracciones de zonas de reserva forestal. Toda valoración del aprovechamiento de la biomasa forestal deberá respetar las competencias del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, las CAR y la ANLA, y no implicará la recomendación de intervención en áreas protegidas. Sobre la magnitud de este último tipo de residuos forestales no está identificada alguna estimación clara en los departamentos del Pacífico colombiano por lo tanto serán, necesarios estudios territoriales que permitan identificar la magnitud del potencial, que de acuerdo con el PERS Chocó para este departamento fueron del orden de $9,7171E9$ MWh/a en 2014 (UPME et al., 2014) lo cual es considerado un valor muy alto (aproximadamente 35 millones de TJ/año).

En tal sentido, las proyecciones de crecimiento presentadas en la **Figura 9** hasta 2036, si bien se definió un crecimiento progresivo, infortunadamente son muy pequeñas en magnitud (de manera comparativa con los demás potenciales), y por lo tanto estas necesitarán la implementación de habilitantes de política pública en materia energética que sean efectivos para la puesta en marcha de proyectos a pequeña, mediana y gran escala que sean en esencia sostenibles. Es deseable también el desarrollo de una hoja de ruta de desarrollo y aprovechamiento forestal y sus residuos con aplicaciones energéticas, tomando como referencia la experiencia sectorial en el país y de otros países que tienen altos niveles de desarrollo energético.

***Biogás del sector agrícola:** Dentro del sector agrícola se identificó la participación departamental del biogás como un bioenergético clave para el desarrollo de la bioenergía en la región del Pacífico colombiano (ver **Figura 13**). En este caso, se incluyeron las cadenas de valor de la caña de azúcar, la palma aceitera y el café, que generan residuos acuosos con alto contenido de material orgánico. Sobre los potenciales de biogás en general se recomienda tomar como referencia la revisión del documento “**Oportunidades del biogás y el biometano en el desarrollo energético de la región del Pacífico como un referente para el país**”, recientemente publicado por la UPME, el cual hace parte integral del presente Plan

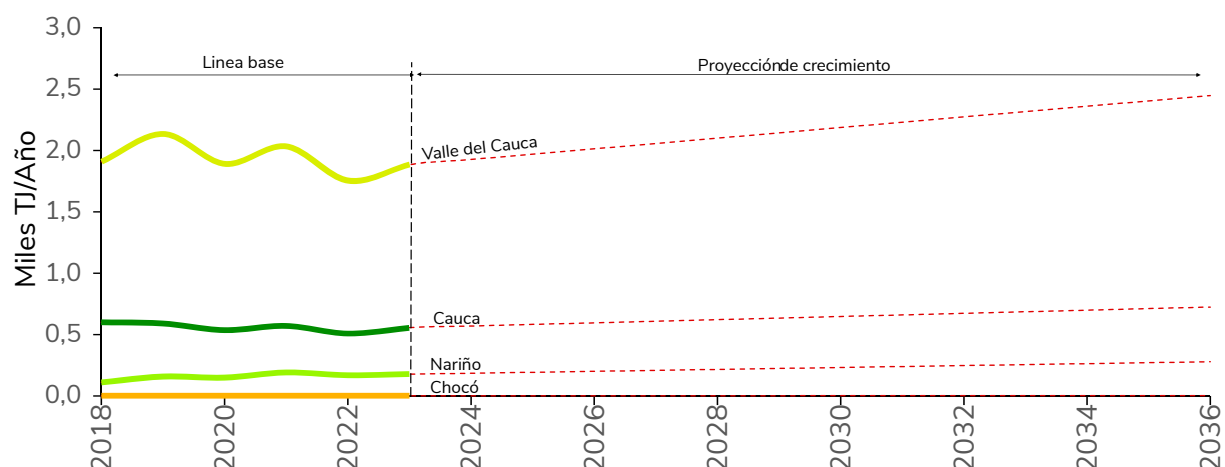


Figura 13. Línea base del potencial bioenergético técnico de residuos/subproductos agrícolas solo biogás. Fuente: elaboración UPME con información de (UPRA, 2025).

Es destacada la participación de los departamentos del Valle del Cauca y del Cauca con porcentajes a 2023 del 93 % regional, promovidos fundamentalmente por la participación de la industria de la caña de azúcar y el café. Por su parte, Nariño y Chocó tienen un 7 % de participación regional, lo cual es promovido mayoritariamente por la industria de la palma y el café. En el horizonte de 2036 se espera bajo los supuestos de la proyección que el biogás (clasificado como no utilizado a 2023) crecerá un 32 %. Lo anterior indica que el desarrollo de la industria del biogás en estos sectores tiene muchas posibilidades de impulso, lo cual sugiere la necesidad de que las políticas públicas en materia energética del territorio incluyan el biogás y sus posibles aplicaciones, como biometano, generación de calor y electricidad, a diferentes escalas de producción: pequeña, mediana o alta. Es importante también señalar que, mediante integraciones subregionales, es posible promover acopios de biomasas que puedan centralizarse para suministrar instalaciones de mediana o alta escala de producción. Cuando la ubicación de las biomasas con potencial bioenergético es altamente dispersa y la logística de su potencial acopio vuelve inviables los proyectos centralizados, resulta deseable promover iniciativas descentralizadas que permitan el aprovechamiento in situ de estos recursos.

6.2. Sector pecuario:

Los resultados identificados en este sector indican grandes oportunidades para la región del Pacífico colombiano. En el sector pecuario (principalmente bovino, porcino, avícola y equino, y en menor cantidad búfalos, ovino y caprino), el mayor aprovechamiento se da a través de la producción de biogás, que puede obtenerse de los residuos de estiércol generados en infraestructuras o lugares (granjas, corrales, criaderos, etc.) donde los animales son criados y alimentados. Por las diversas escalas que tienen estas infraestructuras, las posibilidades de desarrollo son muy grandes, hasta el punto de que, a pequeña escala, una finca con al menos 4 porcinos grandes puede tener la posibilidad de generar biogás de manera sostenible para uso propio en la producción de calor, iluminación y/o cocción. Los resultados del análisis son presentados en la **Figura 14**.

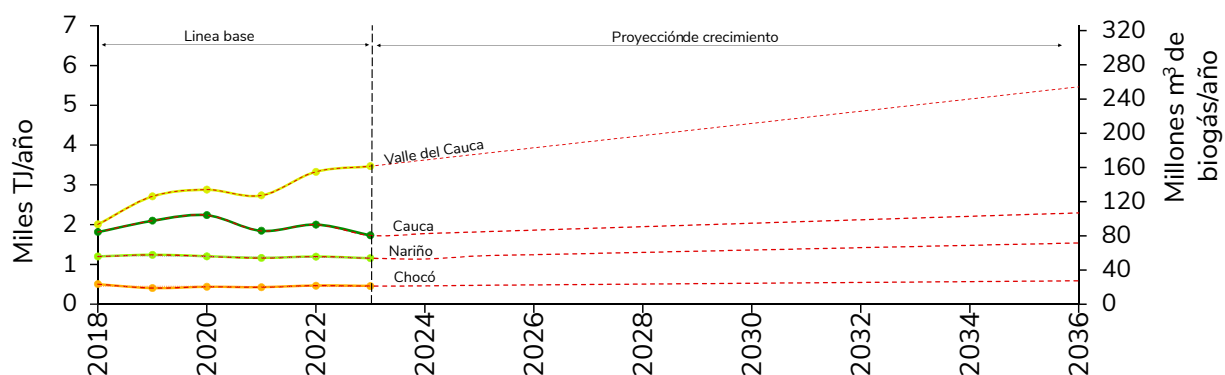


Figura 14. Línea base y proyección de crecimiento del potencial bioenergético técnico de residuos/subproductos pecuarios. Fuente: elaboración UPME con información de (UPRA, 2025).

La mayor participación del sector pecuario para producir biogás está centrada en los departamentos de Cauca y Valle del Cauca (**Figura 14**), los cuales en 2023 tuvieron una participación regional del 76 %. En el horizonte de 2036, bajo los supuestos de la proyección, se espera que el biogás (que en su mayoría ha sido clasificado como bioenergía utilizable en 2023) crezca un 45 %. Lo anterior plantea grandes posibilidades para la región del Pacífico colombiano, lo cual también es un punto de referencia importante para ser tenido en cuenta en los habilitantes regulatorios y de política pública y energética territorial y nacional. Se definió, para las respectivas proyecciones, que el porcentaje global de biogás en la región es del 15 % del total.

Las proyecciones pecuarias para la generación de biogás se espera que sean mayores cuando en la estructuración de los proyectos también se incluyan otras posibilidades, por ejemplo, la codigestión de los recursos pecuarios disponibles con otro tipo de biomasas, como los pastos, los cuales permiten asegurar un suministro constante de alimento al biodigestor durante todo el año. La codigestión con mezclas de pastos con estiércol u otros residuos agrícolas es una estrategia común que aprovecha las fortalezas de ambas materias primas, resultando en una solución equilibrada y a menudo más competitiva que el uso exclusivo de cualquiera de ellas. La pertinencia de esta codigestión es relevante para la Región del Pacífico, donde los pastos desempeñan un papel central en los sistemas pecuarios y no ejercen presiones significativas sobre las áreas destinadas a cultivos alimentarios. Integrar su uso energético mediante digestores familiares o comunitarios permite avanzar hacia esquemas silvopastoriles sostenibles, reducir las emisiones del sistema productivo, mejorar la disponibilidad de energía en las fincas y generar fertilizantes orgánicos locales. Si bien no se cuenta con referencias documentadas de codigestión pasto–estiércol a escala industrial en Colombia, la evidencia científica indica una clara oportunidad para fortalecer modelos de bioenergía rural basados en recursos ampliamente disponibles y de bajo costo.

6.3. Sector rellenos sanitarios:

De acuerdo a la información disponible de la Superintendencia de Servicios (2018 a 2023), se identificaron los rellenos sanitarios del Guabal y Presidente ubicados en el Valle del Cauca y el relleno sanitario Antanas ubicado en Nariño con posibilidades de producción de biogás que se puede aprovechar para fines bioenergéticos básicamente por la cantidad de residuos dispuestos en los mismos (mayor a 300 toneladas día), lo cual es presentado en la **Figura 15**. Los demás lugares de disposición clasificados como rellenos sanitarios, botaderos, celdas transitorias, celdas de contingencia tienen bajas tasas de disposición de residuos y en general se puede suponer que no tendrían viabilidad económica para el aprovechamiento bioenergético del biogás generado; en muchos de estos lugares que tienen la posibilidad de canalizar la generación del biogás, lo queman en antorchas destinadas para reducir el impacto del metano que naturalmente se produce en estos lugares.

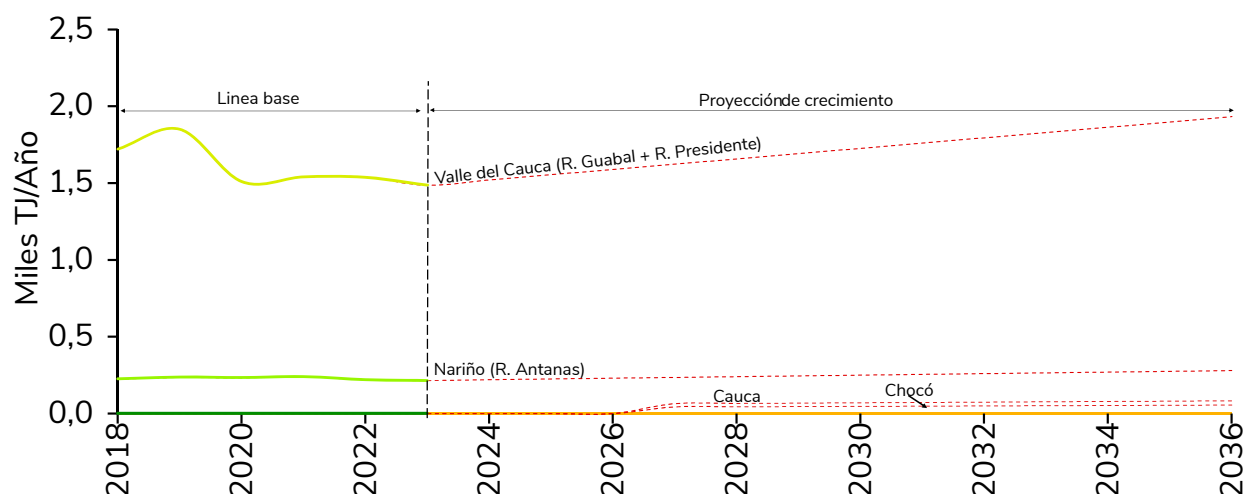


Figura 15. Línea base del potencial bioenergético técnico de rellenos sanitarios. Fuente: elaboración UPME con información de (SUI-Superservicios, 2024).

Los resultados indicaron que en 2023 los tres rellenos sanitarios pudieron haber generado aproximadamente 1.191 TJ/año, con la mayor participación en Guabal y Presidente (87 %) y, finalmente, en Antanas (13 %).

Se deberá tener presente que, en la actualidad, el país, bajo determinación de política pública, ha optado por un mandato claro (Decreto Basura Cero) para que Colombia abandone progresivamente la cultura de “enterramiento” de residuos y adopte un modelo más sostenible, donde los residuos son vistos como una fuente de materiales aprovechables. En tal sentido, el cambio principal que propone el Decreto 670 de 2025, conocido como el decreto de “Basura Cero”, consiste en la transición de los rellenos sanitarios a Parques Tecnológicos y Ambientales (PTA). Esta medida busca cambiar el enfoque tradicional de la disposición final de residuos por un modelo basado en la economía circular y en la valorización de materiales.

Así las cosas, en el horizonte 2036 se proyecta un aprovechamiento de los citados rellenos sanitarios considerados para los departamentos de Valle del Cauca y Nariño, bajo el cambio progresivo a parques tecnológicos y ambientales. Para el caso de los departamentos de Chocó y Cauca se incluye la aparición desde 2026 a 2036 de aprovechamientos de residuos urbanos sólidos bajo la figura de parques tecnológicos o ambientales que se puedan consolidar en estos departamentos y que puedan iniciar su operación de aprovechamiento bioenergético, para lo cual serán determinantes las políticas públicas con implicaciones y efectos en materia energética como el Decreto Basura cero en estos departamentos.

La incorporación de residuos urbanos como fuente para el desarrollo bioenergético requiere una articulación normativa y operativa estricta con los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) municipales y distritales, así como con el Decreto 1077 de 2015, marco rector del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. Esta obligación se fortalece con la expedición del Decreto 670 de 2025, que adiciona el Capítulo 8 al Decreto 1077 y reglamenta el Programa Basura Cero, estableciendo lineamientos para la transición hacia modelos circulares, la disminución progresiva de la disposición final y la consolidación de Parques Tecnológicos y Ambientales (PTA) como infraestructura para el tratamiento, aprovechamiento y valorización de residuos orgánicos y otras corrientes.

En este contexto, toda estimación de potencial, caracterización de recursos, diseño de cadenas de valor y formulación metodológica de proyectos bioenergéticos basados en residuos urbanos

puede considerarse:

- i. Los inventarios, metas y programas definidos en los PGIRS;
- ii. Los principios de jerarquía en la gestión de residuos y separación en la fuente establecidos por el Programa Basura Cero;
- iii. La disponibilidad real de fracciones orgánicas conforme a los modelos tarifarios y operativos del servicio público de aseo;
- iv. El reconocimiento de los recicladores de oficio y sus organizaciones como actores obligatorios del aprovechamiento;
- v. Los lineamientos técnicos y ambientales para la valorización energética de residuos, el tratamiento de biomasa residual y el aprovechamiento del biogás derivados del Decreto 670 de 2025.

De esta forma, la bioenergía urbana se consolida como un componente técnico complementario del PGIRS y del Programa Basura Cero, contribuyendo al incremento de las tasas de aprovechamiento, la reducción de la disposición final en rellenos sanitarios, la estabilización biológica de fracciones orgánicas, la producción de biogás, biometano y digestatos reutilizables, y el cumplimiento de las metas territoriales y nacionales en materia de economía circular, saneamiento básico y acción climática.

La integración de los proyectos bioenergéticos con los instrumentos PGIRS, Decreto 1077 de 2015, Decreto 670 de 2025 garantiza la coherencia regulatoria y alinea la planeación energética regional con los desarrollos recientes de la política pública en gestión integral de residuos, transición energética justa y uso estratégico de la biomasa.

6.4. Plantas de tratamiento de aguas residuales-PTAR:

En cuanto a los potenciales de biogás en las plantas de tratamiento de aguas residuales, se definió incluir escalas de PTAR con flujos de tratamientos mayores a 30 L/s. La información técnica consolidada presentada sobre las PTAR para la Región del Pacífico se definió y se enmarcó exclusivamente a aquellas instalaciones que cumplen con un caudal de aguas tratadas (Q) igual o superior a los 30 L/s y una Demanda Química de Oxígeno a la entrada (DQO) igual o superior a 250 mg/L.

Las instalaciones con flujos inferiores a 30 L/s requieren alta flexibilidad e incentivos para aprovechar el biogás en los municipios que potencialmente pueden generarlo. Un ejemplo de una PTAR con un caudal de tratamiento de 30 L/s con un DQO promedio de 300 mg/L, una laguna anaerobia, un costo de generación de energía con biogás aproximado de 0,2 USD/kWh y una tasa de descuento del 8 %, puede llegar a tener relaciones costo/beneficio por encima de 1, con un periodo de recuperación simple de aproximadamente 6 años con una inversión cercana a los 264 mil dólares (ver estimación de cálculo en la siguiente calculadora <https://calculadora-metano-cepal.vercel.app/calcular>).

En este caso, a partir de la información disponible en la Superintendencia de Servicios (2018 a 2023), se identificaron algunas plantas de tratamiento de aguas residuales de los 4 departamentos que presentan un caudal de tratamiento mayor a 30 L/s, con información de los DQO a la entrada y a la salida del tratamiento secundario. En la **Figura 16** se presentan, a nivel departamental, los

resultados de la línea base evaluada (2018 a 2023) y la respectiva proyección de 2023 a 2036.

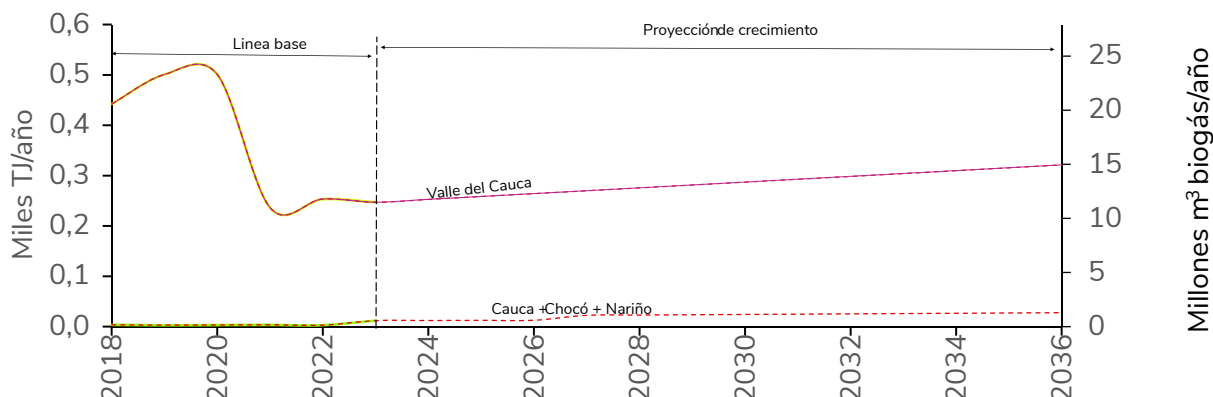


Figura 16. Línea base del potencial bioenergético técnico de plantas de tratamiento de aguas residuales con escala mayor a 30L/s. Fuente: elaboración UPME con información de (SUI-Superservicios, 2024).

Los resultados del potencial bioenergético del biogás en TJ/año indicaron que en el año 2023 el Valle del Cauca registró un potencial bioenergético aproximado de 247 TJ/año (11,5 Mm³ biogás/año), mayoritariamente con aporte de la PTAR Cañaveralejo. En términos porcentuales este año Valle del Cauca tuvo un 95% de participación y los demás departamentos el porcentaje restante.

A pesar de los avances normativos y de planificación en materia de saneamiento básico en Colombia, las ciudades de Quibdó (Chocó), Popayán (Cauca) y Pasto (Nariño) enfrentan limitaciones significativas en la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales. En Quibdó, no existe una planta urbana de tratamiento de aguas residuales en funcionamiento que permita manejar adecuadamente los vertimientos domésticos e industriales, lo que ha generado una alta presión ambiental sobre el río Atrato. Popayán cuenta con una planta denominada “Los Sauces”, cuya cobertura y eficiencia son insuficientes para atender la totalidad de las aguas residuales generadas por la ciudad, especialmente en sectores periféricos y zonas industriales. Por su parte, Pasto dispone de una planta de tratamiento que opera parcialmente, pero no logra cubrir la totalidad del área urbana ni garantizar el tratamiento de los vertimientos industriales. En las tres ciudades, los sistemas de alcantarillado presentan deficiencias en cobertura y conexión, lo que limita el alcance de la infraestructura existente. Esta situación evidencia la necesidad urgente de fortalecer los proyectos de saneamiento básico, mejorar la capacidad técnica de las PTAR existentes y garantizar una gestión integral de los recursos hídricos urbanos.

6.5. Consideraciones técnicas y normativas para el uso seguro y regulado del biogás:

Es fundamental precisar que los análisis y recomendaciones presentados en el marco del presente numeral no constituyen un desconocimiento ni un retroceso frente a lo dispuesto en la Resolución CREG 240 de 2016. Por el contrario, se enmarcan en una aproximación técnica y prudencial orientada a fortalecer su correcta implementación, garantizando los principios de seguridad, calidad y eficiencia que rigen los servicios públicos domiciliarios bajo la Ley 142 de 1994.

De acuerdo con los planteamientos señalados en el documento “Oportunidades del biogás y el biometano en el desarrollo energético de la región del Pacífico como un referente para el país”, que hace parte integral del presente Plan y fue presentado como un avance, se argumentó que no se recomendaba, en la actualidad, la inclusión del biogás en esquemas de prestación masiva bajo el marco de un Servicio Público Domiciliario, ya que no se cuenta con estudios técnicos y regulatorios suficientemente robustos en virtud de lo señalado en la Ley 142 de 1994, la cual se basa en principios de eficiencia y seguridad que deben ser plenamente garantizados. Adicionalmente, si bien el biometano cuenta con estándares internacionales claros, el biogás crudo carece de un consenso internacional para su uso domiciliario generalizado, especialmente en esquemas de inyección a redes existentes.

Se destaca que la Resolución CREG 240 de 2016 constituye un primer paso como marco habilitante; sin embargo, puede presentar vacíos regulatorios relevantes para un despliegue amplio del biogás como servicio público domiciliario. Como punto crítico de seguridad pública, por ejemplo, si la regulación del biogás no exige un odorizante eficaz o no lo hace obligatorio en redes aisladas, ello representa un riesgo inaceptable para un Servicio Público Domiciliario. Otro punto técnico relevante es la definición y el control de los límites de siloxanos, particularmente en el biogás proveniente de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y rellenos sanitarios. La evidencia científica indica que, durante la combustión del biogás, los siloxanos pueden oxidarse y generar partículas sólidas de compuestos de silicio, algunas de ellas en rangos nano y micrométricos, las cuales pueden ser liberadas a la atmósfera. La literatura especializada ha señalado que la exposición a este tipo de partículas puede representar un riesgo sanitario potencial por inhalación, además de causar daños relevantes en los equipos y acelerar el deterioro de la infraestructura, lo que refuerza la necesidad de establecer límites más estrictos y mecanismos de control adecuados previo a su uso masivo como servicio público domiciliario.

Por lo tanto, se recomienda que antes de avanzar en la implementación del biogás a gran escala en redes aisladas bajo esquemas de servicio público, sea indispensable garantizar la seguridad y la salud de las personas, así como evitar daños y deterioro en los equipos e infraestructuras, condiciones cuya ausencia podría comprometer la viabilidad técnica, económica y operativa de este tipo de proyectos.

En tal sentido, y mientras se superan los desafíos regulatorios y técnicos asociados al uso del biogás como Servicio Público Domiciliario masivo, se sugiere, bajo una visión pragmática y realista, que su utilización se oriente hacia aplicaciones prácticas y sostenibles como bioenergético, que lo excluyan del marco estricto del servicio público domiciliario masivo y lo sitúen en un ámbito de aprovechamiento energético más amplio y flexible, por ejemplo, en el marco de la Ley 1715 de 2014 y sus posibles ampliaciones, más allá de las aplicaciones exclusivas para la generación de energía eléctrica. Se reitera que el desarrollo de estos usos alternativos depende de los lineamientos del Ministerio de Minas y Energía (MME), como entidad rectora de la política energética nacional.

Adicionalmente, se reitera la necesidad de sustentar la utilización de este tipo de bioenergéticos a partir de estándares técnicos específicos y actualizados (como la norma UNE-EN ISO 20675:2022), lo cual demuestra un enfoque técnico riguroso. Dichos estándares resultan particularmente relevantes para aplicaciones de autoconsumo, usos productivos e industriales y proyectos de generación de energía, en la medida en que permiten suplir parcialmente los vacíos técnicos de la normativa nacional vigente, sin que su adopción sustituya la necesidad de un desarrollo regulatorio específico para la prestación del biogás como Servicio Público Domiciliario.

Como se señaló en el documento “Oportunidades del biogás y el biometano en el desarrollo energético de la región del Pacífico como un referente para el país”, la identificación de aplicaciones potenciales y la segmentación de usos resulta altamente pertinente, en tanto diferencia claramente entre esquemas de autoconsumo energético y la prestación bajo el régimen de Servicio Público Domiciliario, tales como:

- **Usos domiciliarios individuales** (autoconsumo in situ, fuera del régimen de servicio público): Reconoce que el biogás es viable para soluciones locales de cocción, iluminación o generación de calor en contextos donde la red pública no llega o no es técnicamente viable. En estos casos, el usuario gestiona su propio sistema con controles locales, evitando los riesgos asociados a una red masiva y sin configurar una prestación de Servicio Público Domiciliario en los términos de la Ley 142 de 1994. Esta aproximación constituye una solución valiosa para zonas rurales o apartadas; de hecho, la experiencia territorial y nacional, reflejada en la instalación de cientos de biodigestores, sugiere que este ha sido el enfoque predominante en muchas regiones del país.
- **Pequeña, mediana y gran escala** (usos productivos e industriales): Identifica que el biogás y el biometano presentan un alto potencial en aplicaciones industriales y de generación de energía eléctrica y térmica, donde los controles técnicos, la operación especializada y el personal capacitado permiten gestionar los parámetros de calidad y seguridad de forma más eficiente que en una red domiciliar masiva. De igual forma, la experiencia nacional y territorial evidencia que la construcción y operación de sistemas de biodigestión en este segmento no se ha orientado ni estructurado como un Servicio Público Domiciliario.

Finalmente, las consideraciones técnicas y normativas aquí expuestas no solo buscan orientar decisiones de corto plazo sobre el uso del biogás, sino también contribuir al blindaje y fortalecimiento de las políticas públicas energéticas vigentes y futuras. La identificación temprana de riesgos técnicos, vacíos regulatorios y posibles impactos en la seguridad y la salud permite evitar decisiones prematuras que puedan comprometer la sostenibilidad, legitimidad y aceptación social de estas políticas. En este sentido, el presente análisis aporta insumos técnicos para una formulación gradual, coherente y basada en evidencia, que facilite la evolución futura del marco normativo del biogás y el biometano en Colombia, en armonía con los principios de seguridad, eficiencia y protección del usuario final que rigen la política energética nacional.

6.6. Valorización integral del digestato:

El desarrollo de bioenergía moderna mediante biogás y biometano constituye una de las rutas estratégicas para la consecución de los escenarios E2 y E3 del PIBE Pacífico. Sin embargo, la valorización integral del digestato emerge como un componente crítico para la viabilidad técnica, ambiental y financiera de estos proyectos. El digestato, producto residual estabilizado del proceso de digestión anaerobia y se configura como un vector clave dentro de la economía circular, al permitir el retorno eficiente de nutrientes, materia orgánica y compuestos minerales al suelo, en contraste con los modelos lineales que generan externalidades negativas por disposición inadecuada de residuos. Su uso reduce la presión sobre la infraestructura sanitaria y evita emisiones fugitivas de GEI asociadas a la descomposición no controlada, al tiempo que sustituye fertilizantes inorgánicos, contribuyendo a la disminución de CO₂e reportada en los análisis de ciclo de vida.

Este material, junto con el biol, presenta atributos técnicos relevantes, estabilidad nutricional, fracciones nitrogenadas disponibles, condiciones controladas de carga patógena, aporte de materia orgánica y mejoramiento de las propiedades físico-químicas del suelo, que lo posicionan como una enmienda estratégica para sistemas agrícolas como caña, palma y modelos ganaderos, incrementando la resiliencia edáfica frente a variabilidad climática. En el marco de la planeación indicativa del PIBE Pacífico, su valorización constituye adicionalmente un mecanismo habilitante de sostenibilidad financiera, al generar flujos complementarios de ingresos, mejorar la intensidad de carbono del biocombustible y robustecer los criterios de elegibilidad para certificación de sostenibilidad, financiamiento verde y participación en mercados de carbono, aspectos indispensables para consolidar la competitividad regional de la bioenergía moderna.

Para que el digestato se posicione como un bioinsumo y no como un residuo, lo cual no ocurre de manera automática, se requiere una articulación institucional clara y el desarrollo normativo enfocado en su uso seguro, con el trabajo mancomunado de las siguientes entidades:

- **Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).** Registro y certificación: El ICA es la entidad competente para el registro de fertilizantes y bioinsumos. Se requiere que el digestato/biol cumpla con los estándares de composición y límites de contaminantes (metales pesados, patógenos y compuestos orgánicos potencialmente riesgosos) para obtener el registro que autorice su comercialización y uso. Este registro garantiza la inocuidad para los cultivos y el consumo humano.
- **Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible (MADS).** En articulación con el Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio deberán emitir los lineamientos normativos que permitan clasificar el digestato/biol como un subproducto valorizable de un proceso biotecnológico, y no como un simple residuo o lodo de tratamiento.
- **Corporaciones Autónomas Regionales (CARs).** Las CARs del Pacífico (CVC, Codechocó, Nariño, etc.) deben desarrollar los lineamientos para la aplicación segura y sostenible del digestato en los terrenos, incluyendo la definición de dosis máximas, épocas de aplicación y las distancias mínimas a cuerpos de agua, previniendo así la contaminación por lixiviación de nutrientes.

En este sentido, la valorización integral del digestato no solo fortalece la viabilidad técnica y financiera de los proyectos de biogás y biometano, sino que constituye un elemento clave para el diseño y blindaje de las políticas públicas asociadas a la bioenergía moderna, al reducir riesgos ambientales y sanitarios, mejorar la aceptación territorial de los proyectos y garantizar la coherencia entre los objetivos energéticos, ambientales y agroproductivos del país.

SECCIÓN 7-LÍNEA BASE DEPARTAMENTAL DE LA BIOENERGÍA, EL CONSUMO DE ENERGÍA Y LA REDUCCIÓN DE EMISIONES

En esta sección se presentan los resultados de la bioenergía que fue utilizada como parte del consumo de energía en cada departamento, al igual que su impacto positivo en la mitigación de emisiones de CO₂ equivalente. De igual manera, se presentan las respectivas proyecciones y posibilidades que puede tener la bioenergía en la matriz de consumo de energía y de reducción de emisiones.

7.1. Línea base departamental de la bioenergía entre 2018 a 2023 y proyecciones 2024 a 2036:

En la **Figura 17** se presenta la información de los 4 departamentos consolidando la magnitud de las cantidades de dos tipos de bioenergía: i) la bioenergía utilizada que incluye los biocombustibles biodiésel y bioetanol, residuos como el bagazo, cascarilla de arroz, residuos pecuarios y urbanos para producir biogás; ii) bioenergía no utilizada entre la que se encuentra una fracción de los bioenergéticos antes dichos y otros materias posibles residuos (con potencial bioenergético) de industrias como la palma, el banano, el plátano, café etc. Dos periodos son presentados: i) Entre 2018 a 2023 corresponde a datos históricos recopilados en el marco de la construcción del presente Plan (fuentes SUI, AGRONET, UPRA, MADR, ICA, e información sectorial) obtenidos a partir de cadenas de valor ya mencionadas antes; ii) entre 2023 a 2036 que corresponde a la proyección de tres escenarios E1, E2 y E3 previamente descritos.

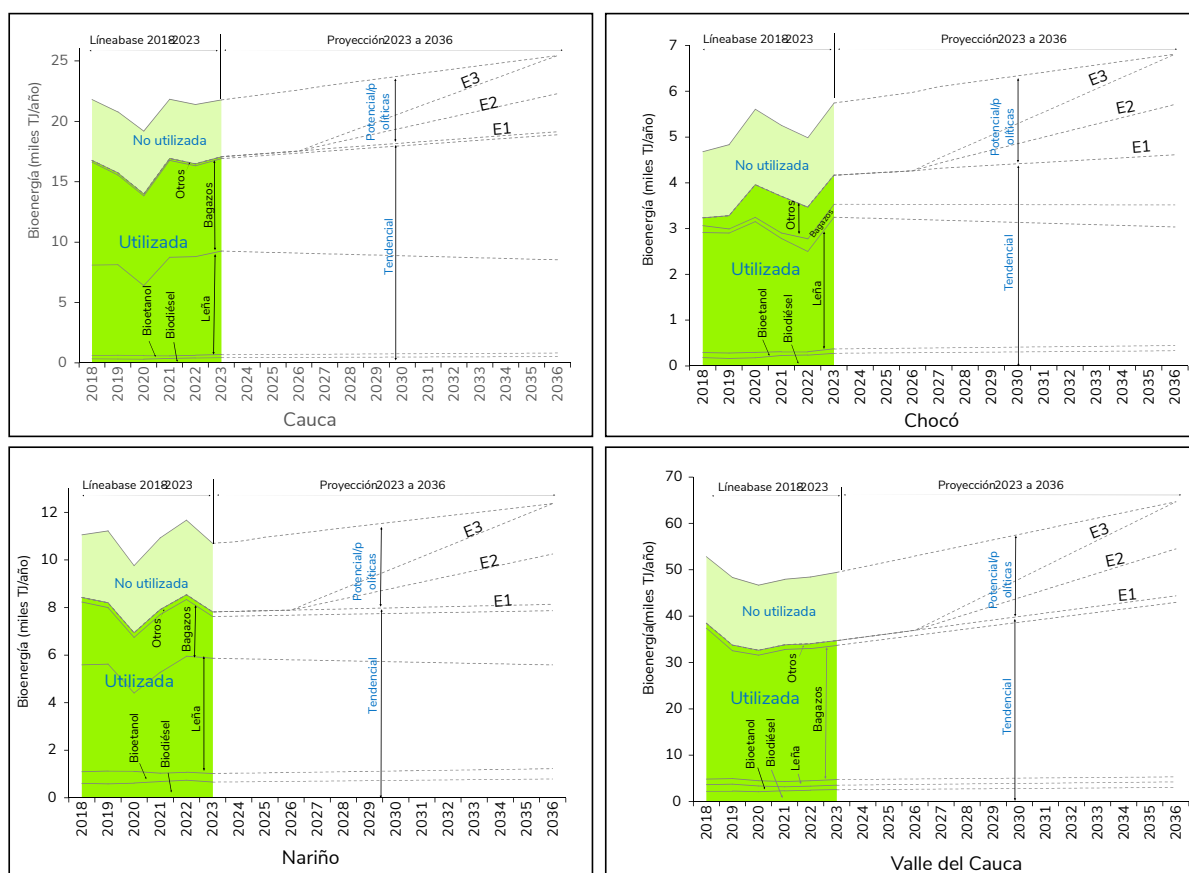


Figura 17. Potencial de bioenergía utilizada y no utilizada entre 2018 a 2023 y proyecciones 2023 a 2036 para la región del Pacífico. Fuente: elaboración UPME con información de (SUI-Superservicios, 2024), (UPRA, 2025), (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2025), (UPME, 2023), (Ministerio de Minas y Energía, 2025).

Los resultados consolidados presentados en la **Figura 17** confirman que los 4 departamentos disponen de significativas cantidades de bioenergía utilizada y no utilizada. Se destaca, a nivel regional, que Valle del Cauca y Cauca tienen la mayor participación en bioenergía. A modo de ejemplo, para cada departamento, la biomasa utilizada en 2023 en Cauca, Chocó, Nariño y Valle del Cauca fue, respectivamente, de 73 %, 45 %, 56 % y 76 % (sobre la base de la “bioenergía potencial/políticas”), lo cual ratifica las grandes oportunidades relativas que tiene cada departamento para aprovechar en gran medida la “bioenergía potencial/políticas”.

En esta **Figura 17**, la proyección de 2024 a 2036, la cual incluye los tres escenarios del Pibe Pacífico. El escenario E1 corresponde al crecimiento de la bioenergía utilizada bajo las políticas establecidas, con un crecimiento previamente definido. Por su parte, los escenarios E2 y E3 corresponden al aprovechamiento de la bioenergía posible, respectivamente, del 50 % y del 100 %, lo cual indica que el escenario E3 es el más ambicioso. Estos escenarios tienen, respectivamente, una asociación con los tres escenarios planteados por la IEA para la bioenergía moderna y tradicional.

7.2. Línea base departamental del aporte de la bioenergía a la matriz de consumo de energía y reducción de emisiones.

Se presenta en las Figura 18 y Figura 19 la magnitud de la participación de la bioenergía territorial en la matriz de consumo de energía total y en las reducciones de emisiones de CO₂e de cada

departamento. Como ya se dijo, los cálculos de generación de emisiones de CO₂e y del consumo de energía total de cada departamento se estimaron a partir de las emisiones y la energía per cápita, el crecimiento poblacional y el Producto Interno Bruto (PIB). Entre 2018 y 2023 se presenta información histórica de las emisiones y la energía total departamental, lo cual fue el punto de referencia de las proyecciones realizadas entre 2023 a 2036.

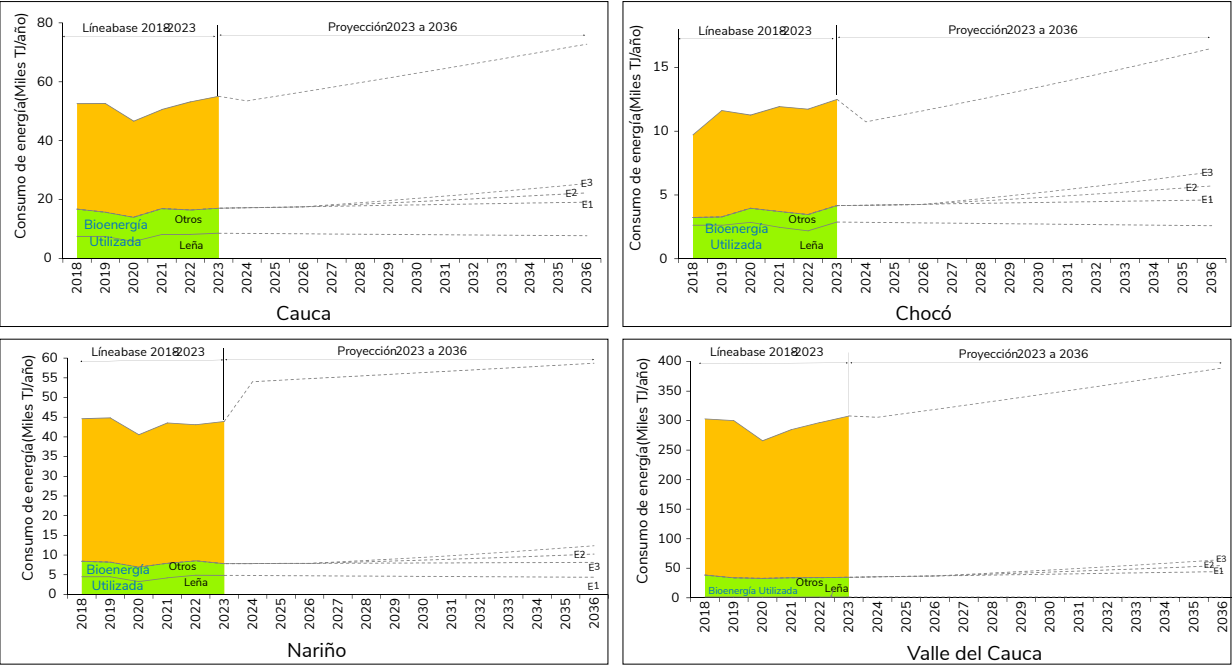


Figura 18. Consumo de energía en el periodo 2018 a 2023 y proyecciones 2023 a 2036. Fuente: elaboración UPME con información de (SUI-Superservicios, 2024), (UPRA, 2025), (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2025), (UPME, 2023), (Ministerio de Minas y Energía, 2025), (DANE, 2025a).

En la práctica, una unidad de bioenergía utilizada puede reducir total o parcialmente las emisiones generadas por una unidad de energía fósil; para los cálculos realizados y bajo escenarios conservadores de mitigación se tomaron como referencia las consideraciones presentadas en la siguiente **Tabla 17**. En la proyección de utilización de los bioenergéticos, los resultados de mitigación no deberán contabilizarse doblemente en otras medidas -por ejemplo, en aquellas asociadas a eficiencia energética o electrificación-. En el caso de la bioenergía utilizada (2018-2023), no se cuenta con registros que permitan distinguir o desagregar adecuadamente estos aportes, lo que implica la necesidad de fortalecer los sistemas de información para evitar duplicidades.

Tabla 17. Consideraciones para los bioenergéticos utilizados para la mitigación de emisiones

Bioenergético utilizado	% de reducción de emisiones de CO ₂ eq*	Energético fósil que sustituye**	Consideraciones
Leña	70%	Gas natural. Factor de emisión= 55.539 KgCO ₂ /TJ.	El GN es el energético fósil más usado para la cocción de alimentos en el país.
Bagazo, cascarilla de arroz	70%		Se defina no usar carbón mineral como el posible sustituto, teniendo presente las políticas energéticas globales y nacionales son muy restrictivas sobre este.
Biogás pecuario, de rellenos sanitarios y de PTARs y otros	70%		El GN es el energético fósil más usado para aplicaciones similares a las de estos bioenergéticos.

Bioenergético utilizado	% de reducción de emisiones de CO _{2e} *	Energético fósil que sustituye**	Consideraciones
Biodiésel	70%	Diésel Factor de emisión= 74.193 KgCO ₂ /TJ	El biodiésel sustituye al diésel fósil para transporte carretera en el país en un 10%
Bioetanol	70%	Gasolina Factor de emisión= 69.323 KgCO ₂ /TJ	El bioetanol sustituye a la gasolina fósil para transporte carretera en el país en un 10%
<p>*Para la estimación del aporte de los bioenergéticos a la mitigación de CO_{2e}, se definieron porcentajes de mitigación más conservadores que los reportados sectorialmente. Esta decisión responde al principio de prudencia técnica en la planeación, buscando evitar sobreestimaciones y asegurar que las proyecciones del PIBE Pacífico reflejen escenarios realistas y verificables. Al utilizar valores de reducción de CO_{2e} inferiores a los usualmente referenciados, se garantiza coherencia con un enfoque de planificación responsable, que privilegia la solidez metodológica y la credibilidad de los resultados frente a las incertidumbres propias de la implementación</p> <p>**Datos tomados de (UPME, 2025b)</p>			

Fuente: elaboración UPME.

La información presentada en la **Tabla 17** fue usada para los cálculos presentados en la **Figura 19**:

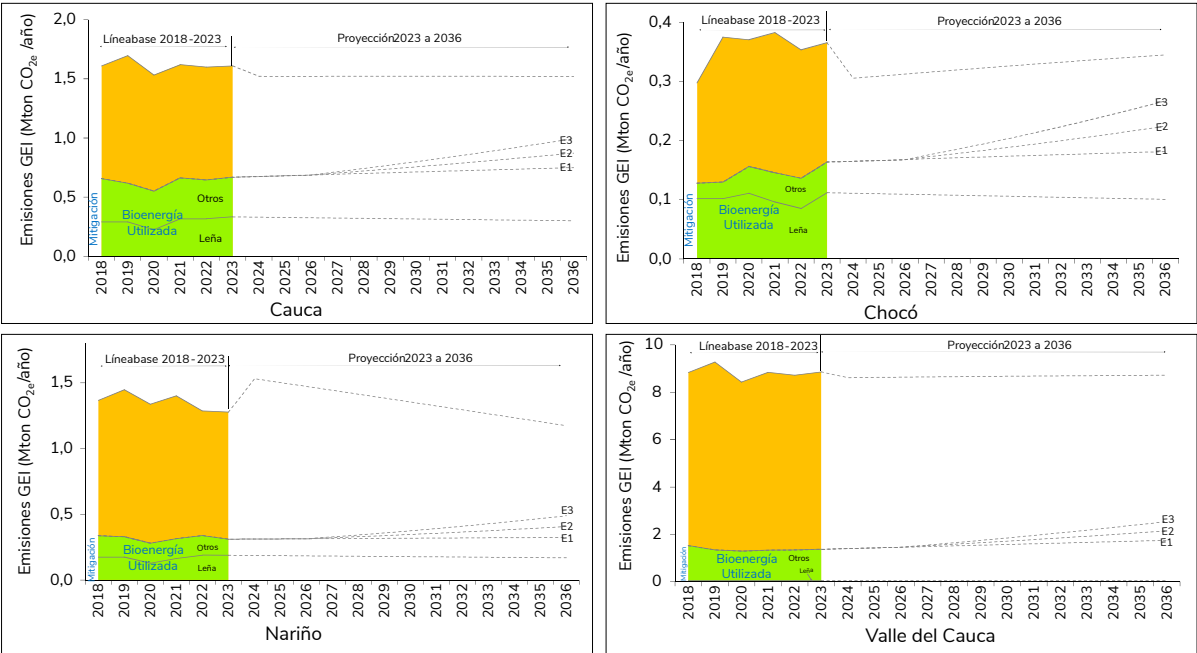


Figura 19. Generación y mitigación (por bioenergía utilizada) de emisiones de CO_{2e} el periodo 2018 a 2023 y proyecciones 2023 a 2036. Fuente: elaboración UPME con información de (SUI-Superservicios, 2024), (UPRA, 2025), (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2025), (UPME, 2023), (Ministerio de Minas y Energía, 2025), (DANE, 2025a).

Tanto en la reducción de emisiones de CO_{2e} y el consumo de energía total de cada departamento, la participación de la bioenergía es significativa (no es marginal). En la **Tabla 18** se presentan, de

manera ilustrativa, algunos datos extraídos de las dos figuras anteriores, que representan una muy buena idea del impacto de la bioenergía moderna y tradicional en los 4 departamentos.

Tabla 18. Consumo de energía y reducción de emisiones porcentuales y estimadas en 2023 y 2036

Departamento		Participación de la bioenergía %	
		2023 (Utilizada)	2036 (Tendencial + Potencial/Políticas)
Cauca	Consumo de energía total	22%	23%
	Reducción de emisiones	30%	41%
Chocó	Consumo de energía total	16%	18%
	Reducción de emisiones	22%	32%
Nariño	Consumo de energía total	10%	12%
	Reducción de emisiones	14%	24%
Valle del Cauca	Consumo de energía total	16%	20%
	Reducción de emisiones	17%	29%

Fuente: elaboración UPME

También se nota que, tendencialmente, las emisiones de CO₂e a futuro se estima que disminuirán independientemente de la participación de la bioenergía, pero esta aportará a una mayor reducción.

En el marco de los instrumentos económicos definidos por la Ley 1931 de 2018 y desarrollados en el Sistema para la Reducción de Emisiones – Sistema RE, también denominado Programa Nacional de Cupos Transables de Emisión (PNCTE), parte de las reducciones de emisiones generadas por proyectos bioenergéticos pueden convertirse en unidades de carbono comerciables, siempre que cumplan los requisitos de contabilidad establecidos por el Registro Nacional de Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (RENARE) y los estándares internacionales de integridad ambiental. De acuerdo con el Sistema RE, estos mecanismos incluyen:

- i. Los cupos transables de emisión del mercado regulado bajo el Sistema de Comercio de Emisiones (SCE);
 - ii. Los créditos de compensación del mercado voluntario;
 - iii. Los resultados de mitigación transferibles, conocidos como ITMOs (*Internationally Transferred Mitigation Outcomes*), generados bajo los Artículos 6.2 y 6.4 del Acuerdo de París.

En ese marco, la existencia de estos instrumentos amplía las oportunidades para la movilización de recursos financieros, apoya la estructuración de proyectos de bioenergía, viabiliza esquemas de *blended finance* y fortalece la capacidad del país para atraer inversión climática internacional.

SECCIÓN 8 - BIODIÉSEL Y BIOETANOL COMO REFERENTES DEL DESARROLLO BIOENERGÉTICO

Los biocombustibles biodiésel y bioetanol representan el componente más maduro y de alto impacto de la bioenergía en Colombia, principalmente en materia de seguridad y soberanía energética, económica, ambiental y social. Su desarrollo, impulsado por el CONPES 3510 de 2008, ha consolidado una agroindustria sólida, que en la actualidad requiere ajustes, continuidad y mejoras en el marco de las políticas públicas y energéticas establecidas y, de esta manera, identificar la necesidad de anunciar políticas que sean necesarias y beneficiosas para los territorios, el país y el mundo. Esto permitirá al país y a los territorios identificarse y participar. Al respecto, en el marco del PIBE Pacífico, presentamos en este apartado la participación de estos dos bioenergéticos en los diferentes escenarios planteados: E1, E2 y E3. El PIBE Pacífico identifica al bioetanol y al biodiésel como los bioenergéticos con mayor nivel de desarrollo integral en el país, cuyo aporte ha sido determinante para el crecimiento y la consolidación de sus propias cadenas de valor, así como para servir de referente y habilitadores del desarrollo de otras cadenas bioenergéticas, teniendo a la sostenibilidad como eje transversal y determinante.

8.1. Capacidad Instalada y proyecciones de demanda nacional:

El sector ha mantenido un volumen constante de producción de bioetanol (caña) y de biodiésel (palma) bajo mandatos de mezcla obligatoria nacional desde 2005 (bioetanol) y 2008 (biodiésel), respectivamente.

El uso de biocombustibles líquidos a nivel nacional ha generado un impacto ambiental significativo, evitando entre 2021 y 2024 la emisión de 12,3 millones de toneladas de CO₂ y más de 3 mil toneladas de material particulado, lo que respalda su rol como referente de mitigación.

La capacidad instalada se concentra en:

Bioetanol: Principalmente en el Valle del Cauca, impulsado por los ingenios azucareros.

Biodiésel: Distribuido en las zonas palmeras del país (Norte, Central, Oriental y Occidente, incluyendo Nariño).

La planeación del abastecimiento de combustibles líquidos está contenida en el Plan Indicativo de Abastecimiento de Combustibles Líquidos (PIACL 2024-2040). Para el caso de la demanda de estos dos biocombustibles en el horizonte 2036, se toma como punto de referencia la demanda proyectada de los combustibles gasolina motor y ACPM bajo el escenario base del vigente PIACL, el cual claramente proyecta un crecimiento continuo en ambos casos. El primer supuesto, es que para el escenario E1 del PIBE Pacífico (políticas establecidas) se mantienen los mandatos de mezclas al 10 % en volumen desde 2026 hasta 2036, lo que exige un aumento proporcional de la oferta de estos biocombustibles.

En las **Figura 20** y **Figura 21** se presenta el consumo de biocombustibles en el país de 2018 a 2024 y la proyección de 2024 a 2036, y para cada caso se incluye la capacidad instalada nacional.

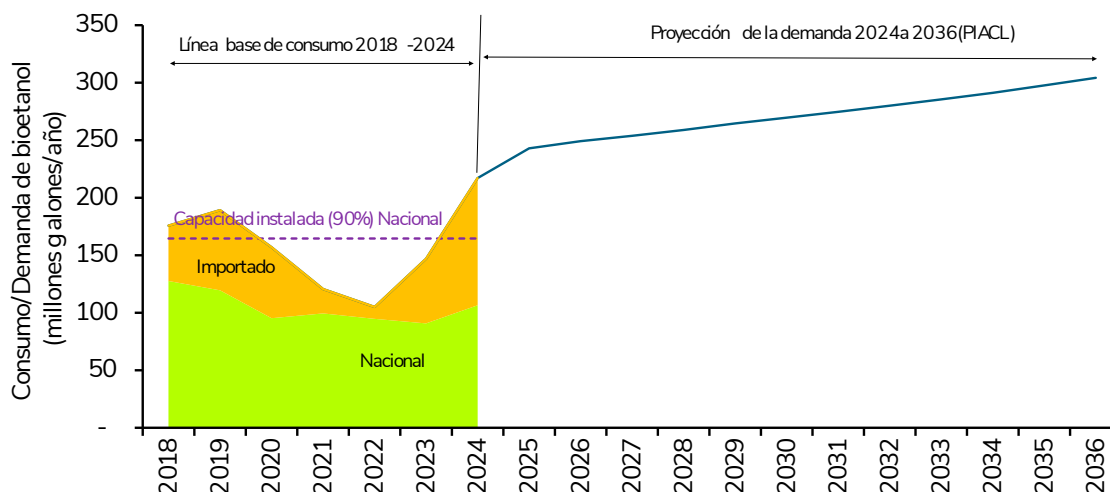


Figura 20. Consumo y Proyección de demanda nacional de bioetanol. Fuente: elaboración UPME con información de (Ministerio de Minas y Energía, 2025), (Fedebiocombustibles, 2024a).

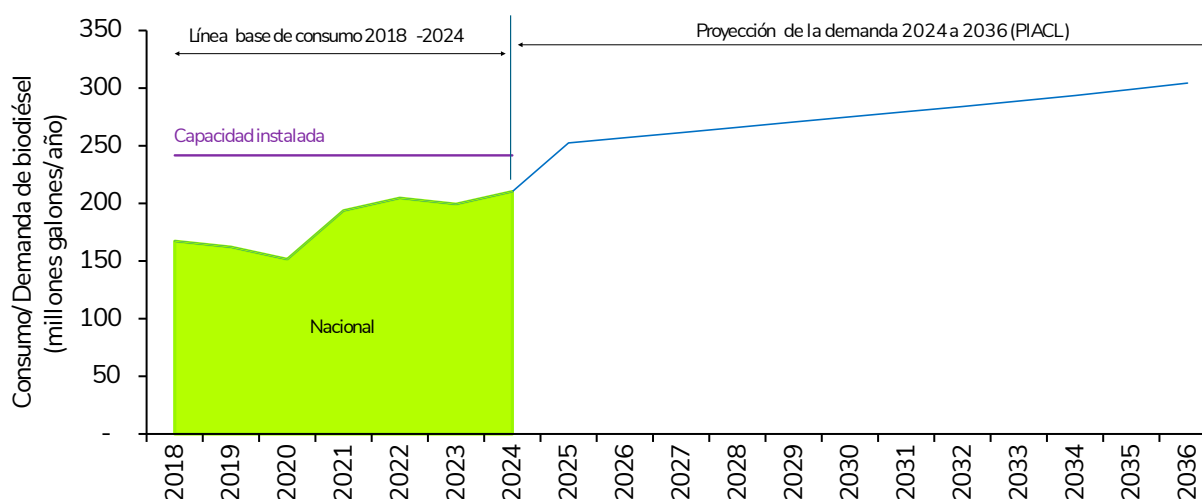


Figura 21. Consumo y Proyección de demanda de biodiésel. Fuente: elaboración UPME con información de (Ministerio de Minas y Energía, 2025), (Fedebiocombustibles, 2024a).

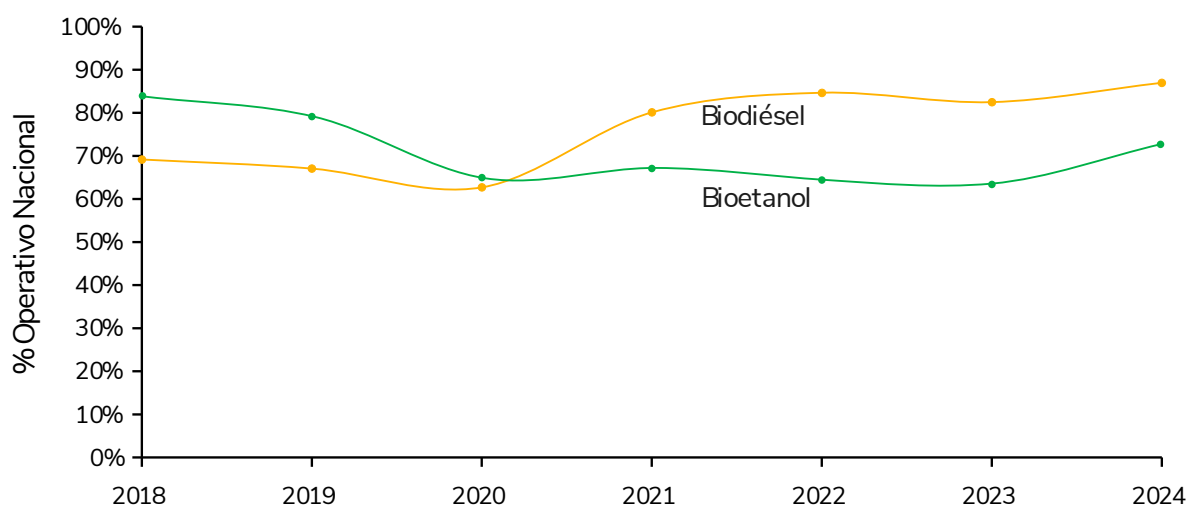


Figura 22. Porcentaje operativo (despachos) 2018-2024 de las plantas de biodiésel y bioetanol. Fuente: elaboración UPME con información de (Ministerio de Minas y Energía, 2025), (Fedebiocombustibles, 2024a).

Para el caso del bioetanol, de acuerdo con la información presentada en la Figura 20 y la Figura 22, se identifica que a 2024 la oferta nacional efectiva de bioetanol resulta insuficiente para abastecer la demanda asociada a una mezcla E10, aun considerando un escenario de utilización elevada de la capacidad instalada. En consecuencia, se han requerido importaciones de bioetanol para mantener el nivel de mezcla vigente. En 2024, la participación porcentual del bioetanol de origen nacional fue del 49 % del consumo total. Incluso bajo un escenario de aprovechamiento máximo de la oferta nacional (90 % de capacidad) en ese mismo año, la producción doméstica solo habría permitido cubrir aproximadamente el 76 % del consumo nacional de bioetanol, lo que evidencia una brecha estructural entre oferta y demanda.

En este sentido, si el propósito es mantener de manera sostenida una mezcla E10 hasta el año 2036, y simultáneamente incrementar progresivamente la participación de la oferta nacional hasta lograr el abastecimiento total de la demanda con producción doméstica, será necesario proyectar la ampliación de las plantas existentes y la construcción de nuevas infraestructuras productivas, así como el fortalecimiento de las cadenas de suministro de materias primas.

La importación de bioetanol constituye actualmente un componente de la oferta y puede desempeñar un rol complementario en el corto plazo; sin embargo, de acuerdo con los lineamientos y objetivos del presente Plan, y bajo el fundamento estructural de la seguridad y la soberanía energética, esta alternativa debería considerarse únicamente para situaciones excepcionales o transitorias, evitando una dependencia estructural del suministro externo.

Lo anterior se enmarca en las ambiciones de las políticas públicas vigentes y de aquellas que se proyecten con continuidad para el desarrollo de los biocombustibles líquidos, en las cuales el bioetanol, junto con el biodiésel, cumple un rol estratégico como energético de transición para la descarbonización del sector transporte y el fortalecimiento de la autosuficiencia energética del país.

8.2. Referente Regional del Pacífico (Valle del Cauca y Nariño)

Valle del Cauca (Bioetanol): El Valle del Cauca alberga la mayor parte de la infraestructura de producción de bioetanol del país y es el motor del sector, respaldado por la agroindustria de la caña de azúcar.

Nariño (Biodiésel): Tumaco es una zona clave en la producción de aceite de palma, contribuyendo con un 11,6 % del total nacional sembrado. En la actualidad no existe ninguna planta de producción de biodiésel en este departamento a pesar de los volúmenes de aceite de palma que produce, por lo que este departamento ha sido foco de propuestas para proyectos de producción de biodiésel.

El aprovechamiento pleno del potencial de uso del Pacífico (Escenario E3) asegura que la región sea el referente nacional en la provisión de insumos para la bioeconomía avanzada, manteniendo la articulación con el PEN 2024-2054 en el horizonte pos-2036.

8.3. Consumo, capacidades y ventas de bioetanol en la región del Pacífico colombiano:

Sobre la producción de bioetanol a nivel nacional Valle del Cauca y Cauca con los departamentos con mayor aporte porcentual a la oferta de este biocombustible para el mercado nacional como se muestra en la **Figura 23**:

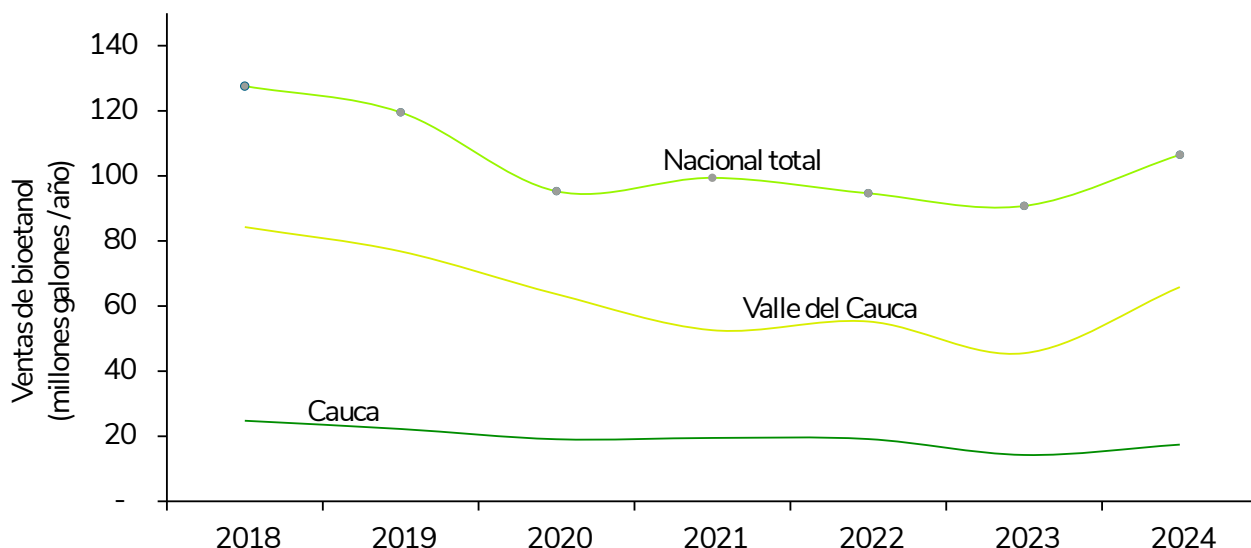


Figura 23. Ventas departamentales de bioetanol de Cauca, Valle del Cauca y el total nacional 2018-2024 de las plantas bioetanol. Fuente: elaboración UPME con información de (Ministerio de Minas y Energía, 2025), (Fedebiocombustibles, 2024a).

La producción de bioetanol en Colombia presenta una marcada concentración geográfica (ver **Figura 24**), especialmente en el Valle del Cauca, donde se localizan las principales plantaciones de caña de azúcar y las destilerías más grandes del país. Durante el período 2015–2024, la producción anual promedio fue del orden de 400 millones de litros (106 Millones de galones), alcanzando en 2024 un volumen de 406 millones de litros, lo que representó un incremento acumulado del 23,5 % respecto a 2015. Los departamentos de Valle del Cauca y Cauca concentran más del 70 % de la capacidad instalada nacional, con plantas que registran capacidades superiores a 1,55 Millones de litros al día. Esta concentración se debe a la disponibilidad de materia prima, a la madurez tecnológica del sector sucroenergético y a la existencia de una infraestructura agroindustrial consolidada. (ASOCAÑA, 2025b; Fedebiocombustibles, 2024b).

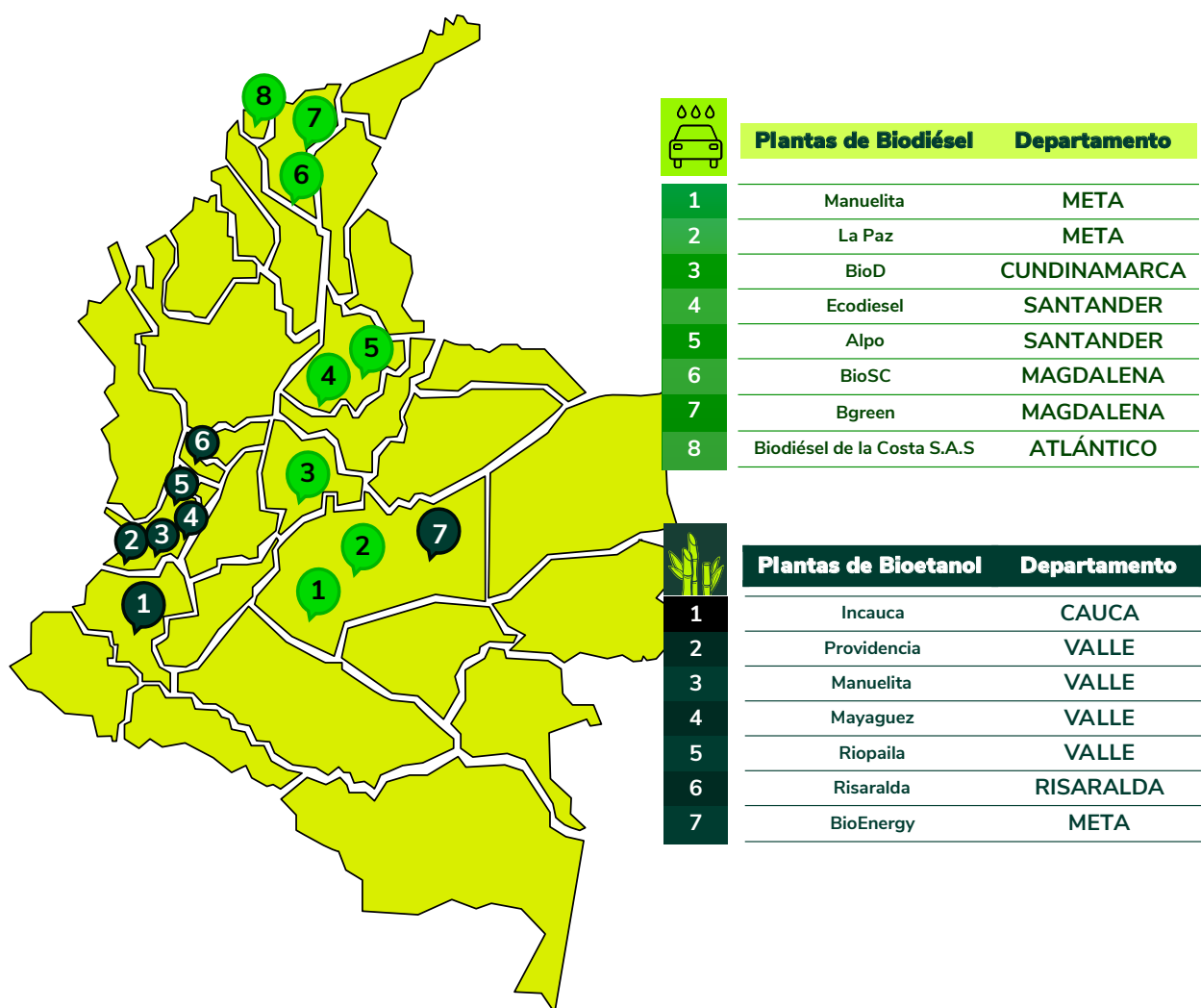


Figura 24. Capacidad Instalada de Biodiésel y Bioetanol. Fuente: Fuente: elaboración UPME con información de (Fedebiocombustibles, 2024a).

Parte significativa de esta producción se destina a la mezcla obligatoria de bioetanol con gasolina, política que busca mejorar la calidad del aire urbano y reducir las emisiones de CO₂ del sector transporte. Adicionalmente, el bioetanol representa una alternativa estratégica para la seguridad energética nacional, al disminuir la dependencia de combustibles fósiles importados y dinamizar las economías rurales del suroccidente colombiano.

En el caso de la capacidad instalada de bioetanol en el país se presenta en la tabla 19 la información relacionada:

Tabla 19. Capacidad instalada de bioetanol Nacional

Productor Bioetanol	2020-2024 Bioetanol (Litros/día) Capacidad instalada
Incauca*	350.000
Providencia*	300.000
Manuelita*	250.000
Mayagüez*	250.000
Riopaila*	400.000
Risaralda*	100.000

Productor Bioetanol	2020-2024 Bioetanol (Litros/día) Capacidad instalada
Bionergy**	504.000
TOTAL BIOETANOL	2.154.000
*Operan 330 días al año	
**Operan 190 días al año	

Fuente: elaboración UPME con información de (ASOCAÑA, 2025a) (Fedebiocombustibles, 2024a).

En el periodo analizado, la capacidad instalada nacional se mantuvo relativamente estable tras la ampliación de 2017, cuando pasó de 1,65 a 2,15 millones de litros diarios, consolidando la infraestructura existente sin adiciones significativas en los años siguientes. No obstante, la producción efectiva ha mostrado fluctuaciones anuales derivadas de factores climáticos (el impacto de los fenómenos de El Niño y La Niña), la disponibilidad de caña, el mantenimiento de las plantas y variaciones en las mezclas determinadas por el Ministerio de Minas y Energía.

La **Tabla 20** resume la evolución de la capacidad instalada, ventas nacionales, niveles de mezcla e importaciones de bioetanol entre 2015 y 2024, mostrando cómo los años con menor mezcla (2021–2023) requirieron importaciones significativas para sostener el abastecimiento nacional, especialmente en momentos de reducción de la oferta local. Se observa que entre 2015 y 2024 el programa de mezcla nacional ha fluctuado entre E5 y E10, siendo más común el uso de la mezcla E10.

Tabla 20. Capacidad instalada y balance de Bioetanol de Colombia 2015 – 2024

Año	Capacidad instalada (L/d)	Ventas nacionales (miles de litros)	Cubrimiento del programa y mezcla	Importaciones (miles de litros)
2015	1.650.000	468.040	Desde octubre mezcla del 10% en el suroccidente del país	1.871
2016	1.650.000	439.301	Mezcla promedio de 7%	18.555
2017	2.150.000	386.533	Mezcla promedio de 7%	67.974
2018	2.150.000	481.705	Mezcla de 8% entre enero y febrero. A partir de marzo, mezcla del 10% en todo el país	196.420
2019	2.150.000	449.084	Mezcla del 10% en todo el país	269.492
2020	2.150.000	354.528	Mezcla del 10% en todo el país	252.205
2021	2.150.000	376.423	Mezcla promedio de 6%	61.363
2022	2.150.000	355.289	Mezcla promedio de 5%	34.750
2023	2.150.000	306.926	Mezcla promedio de 6%	238.132
2024	2.150.000	399.548	Mezcla promedio de 10%	424.483

Fuente: elaboración UPME con información de (ASOCAÑA, 2025a)

Entre 2015 y 2024, el consumo total de bioetanol en Colombia aumentó de 129,3 a 220,6 millones de galones por año, lo que equivale a un crecimiento del 71 % en el periodo. Este comportamiento está estrechamente vinculado a la expansión del parque automotor, a la aplicación progresiva de las mezclas oxigenadas y a la mayor conciencia ambiental en los centros urbanos.

El consumo nacional presenta una alta concentración geográfica. Bogotá D.C., Antioquia y Valle del Cauca concentran entre 38 % y 42 % del total nacional, seguidos por Cundinamarca (~7 %), Santander (~5 %), Atlántico (~4 %), Nariño (~3,5 %) y Cesar (~4 %), que en conjunto representan alrededor de una cuarta parte del consumo nacional. Los cálculos se basaron en los niveles de mezcla bioetanol/gasolina definidos anualmente por el MME, ajustados por región y año, considerando tanto los cambios regulatorios como las interrupciones logísticas o climáticas que afectaron la distribución del biocombustible.

- Bogotá D.C. lidera el consumo nacional con una participación promedio de 15,0 %, y registra una tasa de crecimiento promedio de 2,04 % anual entre 2015 y 2024, al pasar de 24,7 a 30,2 millones de galones.
- Antioquia, segundo consumidor con 14,98 % de participación, mantiene estabilidad en crecimiento de la demanda gracias a su denso parque automotor y su infraestructura de distribución consolidada.
- Valle del Cauca, con 10,22 % del consumo nacional. Su demanda está estrechamente vinculada a la actividad industrial y logística del sector sucroenergético y, además, es el principal punto de origen de la oferta nacional.

En conjunto, estos tres territorios concentran más del 40 % del consumo nacional, lo que evidencia la correlación entre la densidad poblacional, el desarrollo urbano y la infraestructura energética en la configuración del mercado de bioetanol.

8.4. Producción y consumo de bioetanol en la Región Pacífico

La Región Pacífico, ocupa una posición estratégica en la cadena nacional del bioetanol, tanto en términos de producción como de consumo. El Valle del Cauca es el epicentro productivo y logístico del país, concentrando la mayor parte de las destilerías y la infraestructura agroindustrial asociada al cultivo de caña de azúcar. Este liderazgo regional garantiza el suministro interno e impulsa el desarrollo tecnológico y la generación de empleo en la zona. La **Figura 25** a continuación desglosa el consumo anual de bioetanol por departamento de la región Pacífico.



Figura 25. Histórico Participación Región Pacífico en Consumo de bioetanol 2015-2024. Fuente: elaboración UPME con información de (Ministerio de Minas y Energía, 2025).

En términos de consumo, la región Pacífico participa con cerca del 18 % del consumo nacional de bioetanol en el periodo 2015–2024. Dentro de ella:

- **Valle del Cauca** registra una participación promedio del 10,5 %, siendo tanto el principal productor como el mayor consumidor regional.
- **Nariño** ocupa el segundo lugar, con 3,48 % del consumo nacional, impulsado por su creciente parque automotor y su integración a los programas nacionales de mezcla.
- **Cauca** contribuye con 2,4 %, reflejando su doble papel como área de producción y consumo.
- **Chocó**, aunque con una participación reducida (0,98 %), representa un territorio clave para la expansión territorial del programa de biocombustibles, especialmente en lo relativo a inclusión regional y sostenibilidad.

En conjunto, la región se proyecta como el núcleo estratégico del sistema bioenergético colombiano, por su peso en la producción actual y por su potencial para liderar la diversificación de materias primas, avanzar hacia biocombustibles de segunda generación y desarrollar nuevos polos de producción que fortalezcan la seguridad de suministro a nivel nacional.

Finalmente es importante señalar que la producción del bioetanol en la región del Pacífico colombiano está estrechamente articulada con la cogeneración a partir de bagazo, el aprovechamiento energético de subproductos agroindustriales y el potencial desarrollo de biogás, biometano y biocombustibles avanzados.

8.5. El Rol del Bioetanol en la transición energética

El bioetanol de caña de azúcar se ha consolidado como una herramienta estratégica para mitigar el cambio climático en Colombia, gracias a su capacidad para reducir las emisiones de CO₂ frente a los combustibles fósiles tradicionales. Algunos datos clave ilustran su impacto:

El bioetanol ofrece una ventaja significativa en la reducción de las emisiones de CO₂ frente a los combustibles fósiles. En 2024, el uso de alcohol como carburante en Colombia evitó la emisión de aproximadamente 1,5 millones de toneladas de CO₂, lo que demuestra su impacto positivo en la lucha contra el cambio climático. De acuerdo con las estimaciones sectoriales, el bioetanol reduce las emisiones de CO₂ en un 74 % frente a los combustibles fósiles, contribuyendo a la descarbonización del sector energético (Fedebiocombustibles, 2025b).

A nivel normativo, la Resolución 1962 de 2017 regula las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para la producción del etanol anhidro combustible desnaturalizado (EACD) en Colombia. Esta resolución estableció un límite inicial de la huella de carbono de 924 kg CO_{2eq}/m³, con una disminución gradual para alcanzar 780 kg CO_{2eq}/m³ en 2021. Desde su implementación, la huella de carbono del EACD ha cumplido con estos requisitos, logrando un valor promedio ponderado de 542 kg CO_{2eq}/m³ en los últimos años (Resolución 1962, 2017; TECNICAÑA, 2023).

En términos de impacto ambiental, el bioetanol colombiano emite, en promedio, 27,5 g CO_{2eq}/MJ, frente a los 84 g CO_{2eq}/MJ de la gasolina convencional. Esta diferencia resalta la superioridad del bioetanol como fuente de energía más limpia y eficiente (Buitrago Tello, 2014).

Además, la producción de bioetanol a partir de caña de azúcar fomenta un ciclo de carbono cerrado. Durante su crecimiento, las plantas de caña de azúcar absorben CO₂, que luego se libera durante la combustión del bioetanol, lo que contribuye a un balance neto de emisiones de carbono prácticamente nulo. Este ciclo ayuda a mitigar los efectos del cambio climático y promueve el uso de fuentes de energía renovables y sostenibles.

Un aspecto destacado de la industria azucarera es el aprovechamiento del bagazo de caña, subproducto del proceso de producción de bioetanol, para la generación de energía eléctrica. El uso del bagazo como combustible en calderas de alta presión para cogeneración de energía eléctrica es una práctica consolidada en el sector azucarero colombiano. Según datos de ASOCAÑA, en 2024 los ingenios azucareros generaron un total de 1.876 GWh de electricidad a partir de bagazo, lo que representó un incremento de 4,3 % frente a 2023, de los cuales 857 GWh fueron excedentes comercializados en el Sistema Interconectado Nacional (SIN). En 2024, la capacidad instalada de cogeneración fue de 372,1 MW, de los cuales 179,4 MW se destinaron a la colocación de excedentes de energía en el mercado. De acuerdo con las previsiones del sector sobre nuevos proyectos de ampliación, para 2027 se proyecta que la capacidad de cogeneración se incremente hasta alcanzar los 393,1 MW, lo que representaría una expansión de 5,6 % frente a la capacidad de 2024. Con esta ampliación, la capacidad de generación de excedentes ascendería hasta 191,5 MW(ASOCAÑA, 2025b).

Este aprovechamiento de subproductos subraya el potencial de la industria azucarera para la generación de energía limpia, promoviendo un enfoque más sostenible y eficiente en la gestión de los recursos.

8.6. Consumo biodiésel Nacional:

La producción de biodiésel en Colombia se fundamenta exclusivamente en el uso de aceite de palma, materia prima en la que el país ocupa el cuarto lugar a nivel mundial y el primero en América Latina. Este biocombustible es una alternativa estratégica dentro de la matriz energética nacional, tanto por su contribución a la reducción de emisiones contaminantes como por su capacidad para dinamizar las economías rurales y generar encadenamientos productivos sostenibles.

La capacidad instalada nacional ascendió en 2024 a 798.200 t/a, distribuida entre siete plantas principales. Los principales productores están ubicados en los departamentos del Meta, Cundinamarca, Santander y Magdalena, como se observa en la **Figura 24**. Entre los productores más destacados se encuentran (ver **Tabla 21**):

Tabla 21. Productores de biodiésel a nivel Nacional. Capacidad Instalada 2024

Productor Biodiésel	Biodiésel (Ton/año)
Manuelita	120.000
BioD	244.000
Ecodiesel	150.000
Bgreen	77.200
BioSC	110.000
La Paz	75.000
Alpo	12.000
Biodiésel de la costa S.A.S	10.000
Total Biodiésel	798.200

Fuente: elaboración UPME con información de (Fedebiocombustibles, 2024a).

Este conjunto de empresas explica la concentración geográfica de la producción, ubicada principalmente en las regiones Andina, Caribe y Orinoquía, donde la palma de aceite cuenta con condiciones agroecológicas favorables y estructuras agroindustriales integradas.

En la siguiente **Tabla 22** se presenta la evolución de las ventas nacionales de biodiésel en Colombia durante el periodo 2015–2024, así como el nivel de mezcla implementado en cada año. En el caso del biodiésel, se observa que entre 2015 y 2024 el programa de mezcla nacional ha fluctuado entre B6 y B12, siendo más común el uso de la mezcla B10.

Tabla 22. Balance de Biodiésel de Colombia 2015 – 2024

Año	Ventas (Toneladas)	Cubrimiento del programa y mezcla
2015	523.402	
2016	506.989	
2017	513.296	B10 nacional – B9 Bogotá
2018	551.628	B10 nacional
2019	532.878	Septiembre B12-B2; Octubre B6; Noviembre B8; Diciembre B10
2020	512.881	B10 nacional
2021	634.119	Entre B6-B12 Nacional
2022	685.694	Entre B10-B11 Nacional
2023	698.598	B10 nacional
2024	688.000*	B10 nacional; Octubre a Diciembre B8

Fuente: elaboración UPME con información de (Ministerio de Minas y Energía, 2025), (Fedebiocombustibles, 2024a).

El crecimiento sostenido desde 2015 ha estado apoyado por un marco regulatorio estable, encabezado por la Ley 939 de 2004, el Decreto 4.892 de 2011 y, más recientemente, la Resolución 40444 de 2023, que establece nuevas especificaciones de calidad del biodiésel colombiano. A pesar de las fluctuaciones puntuales por la disponibilidad de aceite crudo o por variaciones climáticas, el mercado colombiano tiene una estructura autosuficiente y estable.

Entre 2015 y 2024, el consumo nacional de biodiésel pasó de 220,4 a 365,7 Mgal/a, lo que equivale a un aumento del 66 % en el periodo. El biodiésel es un biocombustible estratégico para el transporte terrestre, que garantiza cobertura nacional a través de la infraestructura de distribución de combustibles líquidos, lo que ha permitido una integración progresiva en todos los departamentos, incluso en regiones periféricas con desafíos logísticos.

El consumo nacional presenta una alta concentración geográfica. Los departamentos de Bogotá D.C., Antioquia, Valle del Cauca, Cesar y Cundinamarca concentran en promedio el 54 % del total nacional, seguidos por Bolívar, Boyacá, Santander, Tolima, Norte de Santander y Meta, que aportan en conjunto otro 22 %. Este patrón refleja la correlación entre la densidad poblacional, el parque automotor diésel y la actividad económica, especialmente en zonas con una fuerte presencia del transporte de carga.

Durante el periodo 2015–2024, se observan las siguientes tendencias territoriales:

- Bogotá D.C. se mantiene como el principal consumidor, con una participación promedio de 12,69 %, aunque presenta una tasa de decrecimiento anual de -3,56 %, al pasar de 31,7 a 22 Mgal. La contracción se asocia a la modernización del parque automotor y la adopción de tecnologías de movilidad más limpias.
- Antioquia, segundo en consumo, concentra 11,93 % del total nacional y muestra una tasa de crecimiento leve (1,85%), reflejando una demanda estable derivada del dinamismo logístico e industrial del área metropolitana del Valle de Aburrá.
- César ocupa el tercer lugar, con 11,2 %, y presenta una tasa de crecimiento estable de 0,37 %.

- Bolívar presenta un crecimiento anual de 1,68 %, impulsado por la expansión del puerto de Cartagena y por el aumento del transporte marítimo y terrestre asociado al sector industrial.
- Valle del Cauca, con una participación promedio de 9,03 %, se consolida como uno de los polos de consumo más relevantes, gracias a su papel logístico y a la presencia del sector agroindustrial.

En conjunto, los seis departamentos mencionados concentran más del 60 % del consumo nacional, lo que confirma el papel dominante de los corredores logísticos del centro y del occidente del país.

8.7. Consumo de biodiésel en la Región Pacífico

La Región Pacífico, integrada por Cauca, Chocó, Nariño y Valle del Cauca, presenta una dinámica heterogénea tanto en la magnitud del consumo como en su evolución temporal, aunque comparte una tendencia creciente de integración al programa nacional de biocombustibles.

El Valle del Cauca es el principal consumidor de biodiésel en la región, con una participación promedio del 9,03 % del total nacional entre 2015 y 2024. Su demanda está asociada a la alta densidad del parque vehicular diésel, al dinamismo de la actividad portuaria y logística del corredor Buenaventura–Cali–Yumbo. Aunque su consumo presenta una ligera tendencia a la baja (-0,07 % anual), se mantiene como uno de los principales centros de demanda nacional.

El Cauca, con una participación promedio de 1,42 %, es el único departamento de la región con una tasa de crecimiento positiva (4,12 % anual), lo que refleja una expansión sostenida del mercado y una mejor cobertura del programa de mezcla en el sur del país.

El Nariño participa con 2,52 %, presenta un leve incremento en el periodo (0,75 %), atribuido a la reducción del consumo en zonas fronterizas y a la limitada infraestructura de distribución de biodiésel.

El Chocó, con una participación cercana al 0,8 %, muestra un crecimiento (2,79 % anual), reflejando los avances en la cobertura territorial del programa de biocombustibles en regiones periféricas.

A continuación, la **Figura 26** presenta el desglose por año del consumo de biodiésel en los departamentos de la región Pacífico:



Figura 26. Histórico Participación Región Pacífico en Consumo de bioetanol 2015-2024. Fuente: elaboración UPME con información de (Ministerio de Minas y Energía, 2025).

En conjunto, la Región Pacífico representa cerca del 14 % del consumo nacional de biodiésel, desempeñando un papel relevante en la logística y distribución interna de combustibles limpios. Aunque no cuenta con plantas productoras, su importancia radica en ser un territorio de consumo y articulación logística dentro del sistema nacional de abastecimiento. El biodiésel que se utiliza en la región proviene de plantas productoras y es distribuido por mayoristas de combustibles líquidos que realizan la mezcla del biodiésel con diésel fósil en terminales habilitados, como los de Yumbo y Buenaventura. De esta manera, el Pacífico funciona como un nodo estratégico de consumo y distribución regional, que asegura la cobertura del programa de mezclas, mejora la conectividad energética del suroccidente colombiano y contribuye al cumplimiento de las metas nacionales de descarbonización y diversificación de la matriz energética.

8.8. El biodiésel en la movilidad sostenible y la transición energética

El biodiésel ha adquirido un papel relevante dentro de la política energética y climática nacional, al contribuir de manera directa a la descarbonización progresiva del sector transporte, particularmente en los segmentos de transporte de carga, flotas públicas y vehículos particulares con motor diésel, donde las alternativas de electrificación aún presentan limitaciones técnicas, económicas o de infraestructura. En este contexto, el biodiésel se consolida como un energético de transición, al complementar el uso de combustibles fósiles y facilitar reducciones inmediatas de emisiones sin requerir cambios sustantivos en la flota existente.

Desde la perspectiva ambiental, el biodiésel ofrece beneficios medibles y verificables. Las estimaciones sectoriales indican que en 2024 se evitaron aproximadamente 1,8 millones de toneladas de CO₂ gracias a su uso en el transporte, junto con la reducción de 426 toneladas de material particulado. De acuerdo con información del sector, el biodiésel permite reducir hasta en un 78 % las emisiones de CO₂ frente al diésel fósil convencional, considerando análisis de ciclo de vida (Fedebiocombustibles, 2025a; Sectorial, 2024).

En materia regulatoria, la mezcla obligatoria de biodiésel ha constituido el principal instrumento de política pública para la creación y sostenimiento de la demanda. El mandato nacional de mezcla del 10 % (B10) en el diésel fósil ha permitido consolidar una base estable para el sector. No obstante, la reducción transitoria al 8 % durante 2024, motivada por restricciones de oferta, evidencia la necesidad de fortalecer la resiliencia, diversificación y robustez de la cadena productiva, así como de avanzar en esquemas de planeación que mitiguen riesgos de desabastecimiento (Resolución 40111 de 2021, 2021; Resolución 40431, 2024).

El marco normativo y fiscal continúa siendo uno de los principales habilitadores del desarrollo del biodiésel en Colombia. La Ley 939 de 2004 y sus actualizaciones establecen exenciones del impuesto nacional a los combustibles fósiles y del IVA, lo que mejora la competitividad del biodiésel frente al diésel convencional. Estos incentivos fiscales benefician tanto a productores como a consumidores y han sido determinantes para la consolidación del mercado interno (CONPES, 2022). Adicionalmente, en coherencia con la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) bajo el Acuerdo de París, el Gobierno nacional ha priorizado la reducción de emisiones del sector transporte, reconociendo al

biodiésel como una herramienta clave para alcanzar los compromisos climáticos y avanzar en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular el ODS 7 (energía asequible y no contaminante) y el ODS 13 (acción por el clima) (Gobierno de Colombia, 2020).

Colombia ha fortalecido de manera significativa los esquemas de certificación de sostenibilidad y trazabilidad ambiental en la cadena de valor del biodiésel, en consonancia con los objetivos de mitigación del cambio climático y acceso a mercados internacionales. En 2024, el 32 % del aceite de palma crudo producido en el país cuenta con certificación en sostenibilidad, con 390 productores certificados bajo estándares reconocidos como ISCC y APSColombia, lo que representa el 32 % del área cultivada certificada y un incremento del 18 % respecto a 2023, con una meta adicional de 260 productores certificados para 2025. Asimismo, el 99 % de los cultivos de palma del país se encuentran libres de deforestación, y 19 plantas extractoras incorporan sistemas de captura y aprovechamiento de biogás, mientras que 23 plantas generan o cogenan energía eléctrica a partir de biomasa. Estos avances evidencian un progreso tangible hacia una agroindustria palmera baja en carbono, reforzando la sostenibilidad del biodiésel colombiano y su potencial elegibilidad como biocombustible sostenible en mercados internacionales, (CID. FEDEPALMA, 2025; MinAmbiente, 2018).

8.9. Metodología de cálculo de costos de transporte por carretera de biodiésel y bioetanol:

En este apartado se presenta una metodología de iniciativa regional sobre los costos unitarios del transporte terrestre de biocombustibles líquidos (biodiésel y bioetanol) en Colombia, tomando como punto de partida el modelo de costos elaborado por la Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG (2015), disponible en su repositorio institucional (Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), 2017); dicha metodología (ver ANEXO 7 para más detalles) constituye el referente técnico nacional actual para la estimación de los costos asociados al transporte terrestre de combustibles líquidos, al integrar de manera sistemática los costos directos de viaje, costos indirectos, costos fijos mensuales y costos administrativos, bajo un esquema modular que permite su actualización y trazabilidad.

Durante el periodo 2015–2025, el sistema nacional de transporte terrestre de carga ha experimentado transformaciones estructurales que modificaron la composición y el comportamiento de sus costos operativos. Estas variaciones, derivadas de factores macroeconómicos, financieros, logísticos y sectoriales (**Figura 27**), configuran un nuevo escenario que sugiere la conveniencia de actualizar y armonizar gradualmente los parámetros técnicos y económicos utilizados en la estimación de los costos unitarios de transporte, de modo que reflejen con mayor precisión las condiciones actuales de operación y mantengan la coherencia metodológica requerida para los análisis de eficiencia y planeación del sector energético. En este marco, la actualización metodológica 2025 busca consolidar un instrumento técnico vigente y verificable que integre la evolución real de los costos del transporte terrestre, expresados en unidades comparables y ajustadas a precios constantes de julio de 2025.

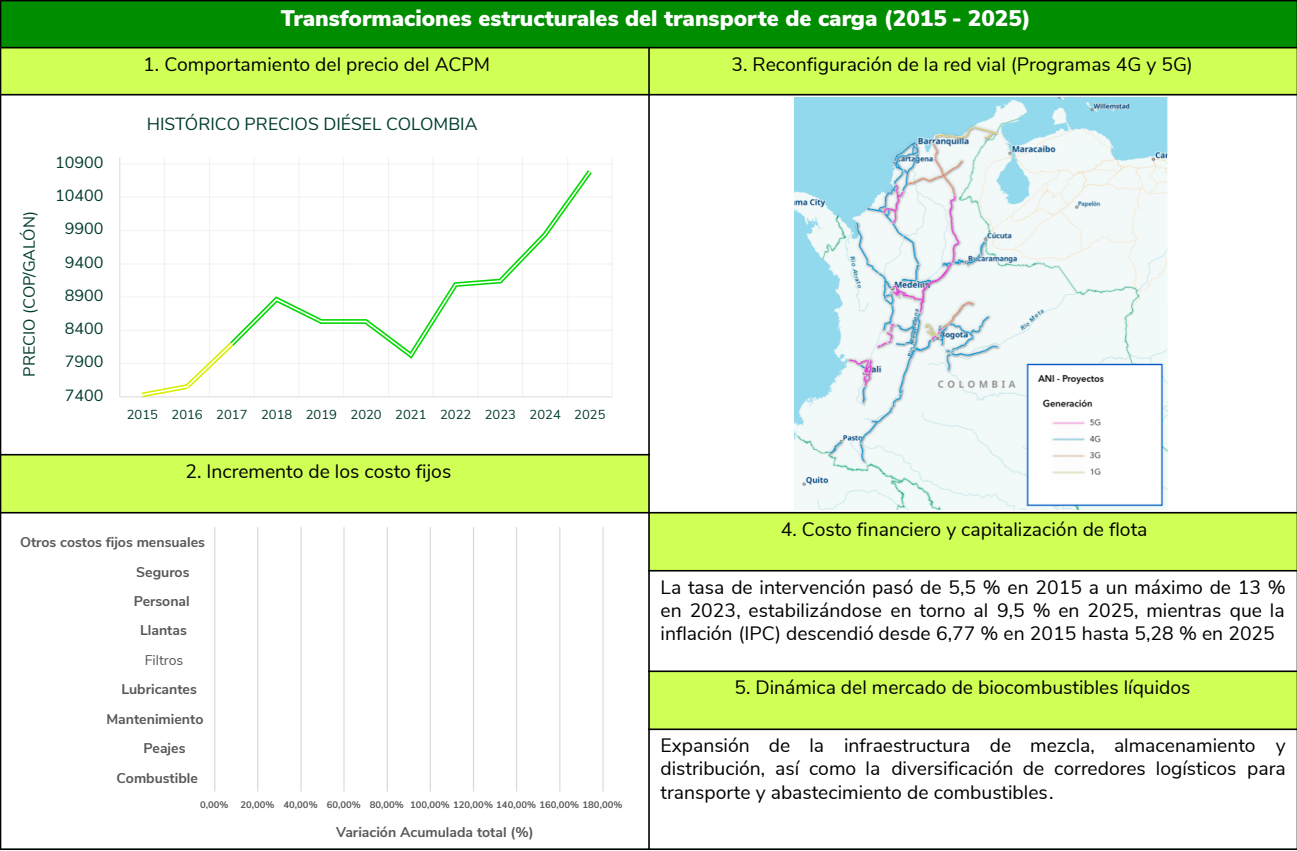


Figura 27. Transformaciones estructurales del transporte de carga (2015-2025).

Fuente: Elaboración propia basada en (Agencia Nacional de Infraestructura, 2025; Banco de la República de Colombia, 2025a, 2025b; Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), 2025; DANE, 2025c, 2025b; Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), 2025)

En el ámbito macroeconómico, el Índice de Costos del Transporte de Carga por Carretera (ICTC) del DANE (DANE, 2025c), registró una variación promedio acumulada superior al 60 % entre 2015 y 2024, evidenciando un incremento sostenido en los principales subíndices que estructuran el costo operativo del transporte de carga en Colombia: combustible, peajes, mantenimiento, lubricantes, filtros, llantas, personal y seguros. Este comportamiento refleja la presión inflacionaria sobre los insumos y servicios asociados a la operación del parque automotor, impulsada por la volatilidad del precio del ACPM uno de los principales determinantes del costo operativo del transporte. Entre 2015 y 2025, el precio promedio nacional del diésel presentó una variación acumulada del 53 %, pasando de \$7.426 a \$10.785 por galón (Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), 2025). La actualización tarifaria de peajes en corredores concesionados (Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), 2025), la depreciación promedio del peso frente al dólar (Banco de la República de Colombia, 2025a) y la alta dependencia de autopartes importadas, que representan cerca del 85 % del mercado nacional (LatinInsurance Analisis del Mercado de Seguros Latinoamericano, 2025). Los subíndices con mayor incidencia —mantenimiento, llantas y lubricantes— se correlacionan con el incremento de los precios de repuestos y servicios técnicos especializados, mientras que el combustible mantiene

la mayor participación dentro del costo total de operación. En conjunto, la evolución del ICTC constituye un indicador técnico de referencia para los análisis de estructura de costos y eficiencia económica del transporte de biocombustibles líquidos, respaldado por fuentes oficiales del DANE, Ministerio de Transporte, Banco de la República y gremios sectoriales, y representa una base estadística esencial para la planeación energética y logística.

En el componente financiero, las condiciones de capitalización del parque automotor han evolucionado de manera que inciden directamente en la sostenibilidad económica del transporte de carga. La tasa de intervención pasó de 5,5 % en 2015 a un máximo de 13 % en 2023, estabilizándose en torno al 9,5 % en 2025, mientras que la inflación (IPC) descendió desde 6,77 % en 2015 hasta 5,28 % en 2025 (Banco de la República de Colombia, 2025b; DANE, 2025b).

Este diferencial entre tasa e inflación refleja un entorno financiero restrictivo que incrementó los costos del crédito y los esquemas de leasing operativo y financiero, afectando la renovación y capitalización de flota, así como los costos de oportunidad del capital en las operaciones logísticas del sector. Esta situación, sumada al incremento sostenido de los costos de operación registrados por el ICTC, evidencia una presión adicional sobre los márgenes operativos del sector. Este comportamiento ha derivado en un parque automotor con envejecimiento progresivo, mayores costos de mantenimiento (variación acumulada del 174 % entre 2015 y 2024) y menores eficiencias energéticas, lo que se traduce en un aumento estructural del costo logístico integral por tonelada transportada.

Desde la perspectiva de infraestructura, la ejecución de los programas 4G y 5G ha representado una inversión acumulada superior a \$16 billones entre 2017 y 2023, con más de 7.000 km de vías intervenidas en construcción, rehabilitación y mejoramiento (Ministerio de Transporte, 2024; ANI, 2023). Estos desarrollos han modificado las condiciones de rodadura, pendientes y tiempos de recorrido, generando eficiencias marginales en consumo de combustible y desgaste vehicular. No obstante, la concentración geográfica de la inversión pública en departamentos como Antioquia y Cundinamarca contrasta con el rezago persistente de los corredores secundarios y terciarios en regiones como el Pacífico y el Piedemonte Amazónico, donde la limitada conectividad y las condiciones topográficas complejas incrementan los costos operativos por tonelada-kilómetro. Estas asimetrías regionales de accesibilidad y condición vial deben ser consideradas en los modelos técnicos mediante factores diferenciales de ajuste territorial, que permitan representar con mayor precisión la heterogeneidad estructural del sistema nacional de distribución.

Desde la perspectiva de infraestructura, la modernización vial derivada de los programas de concesiones 4G y 5G ha transformado de manera estructural la red nacional de transporte carretero, consolidándose como un componente estratégico para la competitividad logística y energética del país. En el marco de la Ley 1508 de 2012, el programa 4G, iniciado en 2013 bajo el esquema de Asociaciones Público-Privadas (APP), incorporó 30 proyectos orientados a la construcción y rehabilitación de cerca de 5.200 km de vías, 66 túneles y 1.689 puentes y viaductos, con inversiones acumuladas en CAPEX superiores a \$55,9 billones a diciembre de 2022 (Agencia Nacional de Infraestructura, 2025). Complementariamente, el programa 5G, aprobado mediante el CONPES 4060 de 2021, amplía el enfoque hacia la integración multimodal (carretero, férreo, fluvial y aeroportuario), con inversiones estimadas en \$11,65 billones (Agencia Nacional de Infraestructura, 2025). Estos desarrollos han optimizado las condiciones de rodadura, pendientes y tiempos de recorrido, generando eficiencias diferenciadas en consumo de combustible y desgaste vehicular. Sin embargo, la concentración de la inversión en corredores

estratégicos de Antioquia y Cundinamarca contrasta con el rezago vial de regiones como el Pacífico y el Piedemonte Amazónico, donde la limitada conectividad incrementa los costos logísticos y de operación, lo que demanda la incorporación de factores de ajuste territorial en los modelos técnicos de costo-transporte.

En paralelo, la evolución del mercado de biocombustibles líquidos ha introducido nuevos requerimientos logísticos y de transporte especializado. Según el Informe Estadístico de Fedebiocombustibles (2025), las ventas nacionales de biodiésel (B100) alcanzaron 688 mil toneladas y las de bioetanol anhidro llegaron a 429 millones de litros en 2024, impulsadas por la aplicación de mezclas obligatorias B10 y E10 (Fedebiocombustibles, 2025c). Este crecimiento ha sido acompañado por la ampliación de la infraestructura de mezcla, almacenamiento y distribución, así como por la consolidación de corredores logísticos.

8.10. Mitigación de la huella de carbono de biocombustibles líquidos:

La mitigación de la huella de carbono (CO₂e) asociada al biodiésel y el bioetanol producidos y consumidos en la Región del Pacífico trasciende el ámbito ambiental para consolidarse como un activo estratégico fundamental para la competitividad global, siendo esencial para la materialización de los escenarios ambiciosos E2 y E3 del PIBE Pacífico.

La certificación de sostenibilidad de estos biocombustibles, basada en la cuantificación de la reducción neta de GEI a través del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y alineada con el marco nacional (Resolución MADS 1962 de 2017), establece ventajas competitivas decisivas:

- Acceso preferencial a mercados: Garantiza el cumplimiento regulatorio para acceder a mercados con normativas estrictas, como la Directiva de Energías Renovables (RED II) de la Unión Europea.
- Seguridad comercial: Asegura cuotas de mercado y facilita la obtención de contratos de suministro de largo plazo al posicionar el producto como una opción de baja huella de carbono.
- Valorización circular: Permite integrar la valorización de subproductos (como el digestato/biol) como bioinsumos, minimizando el impacto ambiental general del proceso y optimizando la huella de carbono del ciclo de vida completo.
- Atracción de inversión y financiación verde: Mitiga los riesgos para los inversionistas y abre las puertas a líneas de crédito verde y bonos temáticos para financiar la infraestructura y tecnología requeridas en los escenarios E2 y E3.

Bajo esta perspectiva, la articulación con el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT) es crítica, ya que es preciso asegurar que los marcos de certificación nacionales (basados en las métricas de CO₂e del MADS) obtengan el reconocimiento y la homologación necesarios a nivel internacional.

En síntesis, la huella de carbono transforma un producto básico en un bien estratégico con un atributo ambiental verificable, indispensable para el crecimiento exportador y para impulsar la ambición bioenergética de la región.

SECCIÓN 9 - ESCENARIOS DE OFERTA DE BIOENERGÍA DE LA AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA (IEA) Y DEL PIBE PACÍFICO:

En la **Figura 28** se incluyen la oferta/consumo de bioenergías modernas (sólida, líquida y gaseosa) y de bioenergía tradicional a nivel mundial (información de la IEA) y de la región del Pacífico colombiano (información del PIBE PACÍFICO). Esta figura presenta una información de línea base para el periodo 2010 a 2023 (IEA) y 2018 a 2023 (PIBE PACÍFICO) y adicionalmente presenta una proyección tendencial para cada caso entre 2023 a 2036 (PIBE PACÍFICO) y entre 2023 a 2050 (IEA).

De esta manera se presentan comparativamente los 3 escenarios de la IEA y un solo el escenario E1 del PIBE Pacífico (ver **Figura 28**). La lectura gráfica de los datos de IEA (curvas grises) se pueden leer en el eje vertical izquierdo y los datos del PIBE PACÍFICO (curvas naranjadas) se pueden leer en el eje derecho de la gráfica. De acuerdo con la magnitud de los datos de energía de la IEA, que son mil veces mayor a los datos del PIBE PACÍFICO fue necesario usar los dos ejes verticales para visualizar de manera comparativa las trayectorias en el tiempo de la línea base y las proyecciones mencionadas.

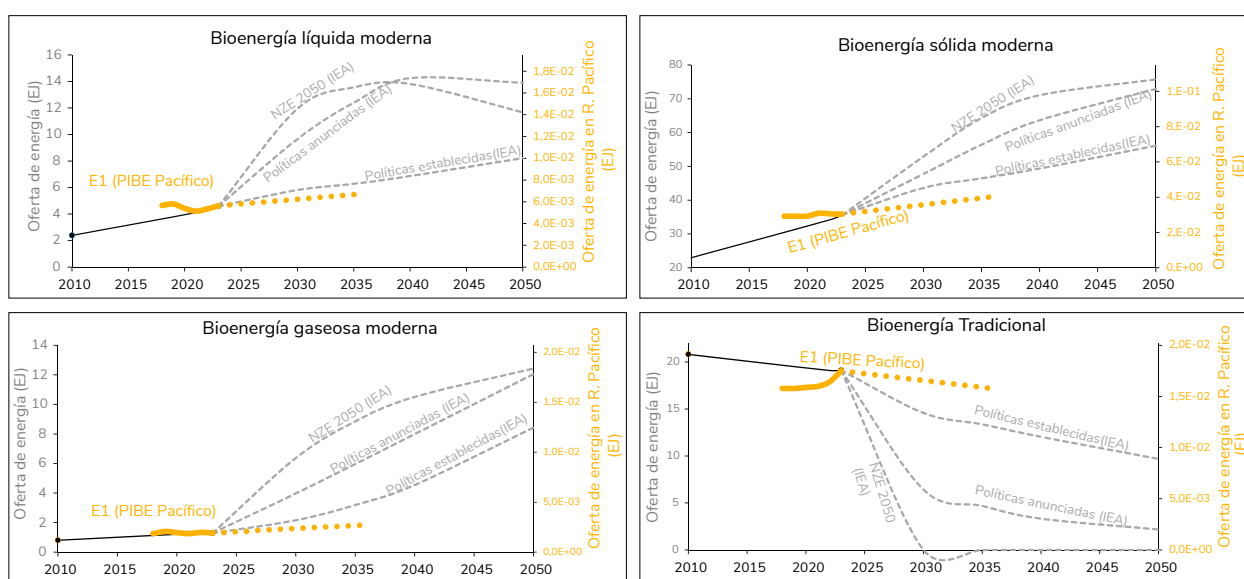


Figura 28. Escenarios prospectivos de bioenergía moderna y tradicional de la IEA y el escenario E1 del PIBE Pacífico. Fuente: elaboración UPME con información de (IEA, 2024).

Como se señala en la **Figura 28** se superpusieron las curvas del PIBE PACÍFICO y las de la IEA en el año 2023. De acuerdo con el análisis planteado los resultados sugieren dos conclusiones claves bajo el año de referencia 2023.

- **En el periodo de 2018 a 2023**, en todos los casos los indicadores del Pacífico colombiano fueron muy positivos puesto que siempre tuvieron proporcionalmente una trayectoria por encima de la de la IEA para el caso de las bioenergías líquidas y sólidas, mientras que la gaseosa tuvo una trayectoria estimada casi igual. Para al caso de la bioenergía tradicional, representada solo por la leña se observó un crecimiento lo cual no es deseable.

- **Por otro lado, el periodo 2024 a 2036**, de que se mantengan las políticas establecidas en el país y el Pacífico colombiano, claramente no se logrará tener una senda de crecimiento similar como lo propone la IEA en sus trayectorias de proyección para el caso de las tres bioenergías modernas. Y para el caso de la bioenergía tradicional, la tendencia de crecimiento del uso de la leña hace que la proyección también creciente no sea deseable.

Los planteamientos anteriores buscan asegurar la compatibilidad entre los resultados regionales y las proyecciones mundiales de la IEA, para fortalecer la integridad técnica del análisis y su utilidad para la formulación de políticas públicas en materia energética.

De esta manera, a partir de la trayectoria de las políticas establecidas (E1) del PIBE PACÍFICO, se llevó a cabo un análisis de impacto de los escenarios como se muestra de la Tabla 23 hasta Tabla 26 de tal forma que para cada tipo de bioenergía moderna y tradicional se pudiera alcanzar trayectorias similares a las de la IEA.

Tabla 26 de tal forma que para cada tipo de bioenergía moderna y tradicional se pudiera alcanzar trayectorias similares a las de la IEA.

Tabla 23. Consideraciones para que la trayectoria de la bioenergía moderna sólida de los escenarios del PIBE PACÍFICO sean similares a los de la IEA.

IEA/PIBE PACÍFICO	Bioenergía Moderna sólida ¿Qué se requiere ?	Observaciones
Políticas establecidas IEA/E1	Sumar de manera progresiva desde 2026 hasta 2036 el 35% de la bioenergía moderna sólida potencial/políticas estimadas en el presente Plan.	*Alcanzar a 2036 las mismas trayectorias de la IEA no parece un imposible, siendo más exigente lograrlo para los escenarios más ambiciosos de las políticas anunciadas y de cero emisiones.
Políticas anunciadas IEA/E2	Se requiere sumar de manera progresiva desde 2026 hasta 2036 cantidades aproximadas al 100% de la bioenergía moderna sólida potencial/políticas.	*Se requieren desde ya hacer ajustes a las políticas actuales bioenergéticas y agrícolas para lograr trayectorias o tendencias similares a las propuestas por la IEA.
Emisiones cero IEA/E3	Se requiere sumar de manera progresiva desde 2026 hasta 2036 cantidades aproximadas al 155% de la bioenergía moderna sólida potencial/políticas; en vista de que este porcentaje es mayor al 100%, entonces será necesario incluir en este caso alternativas adicionales, por ejemplo, i) lograr mayores eficiencias o mayor participación de las cadenas de valor incluidas en el Plan de tal forma que se obtenga un aprovechamiento de las biomásas, ii) incluir otras cadenas de valor que han sido propuestas como de identificación y trabajo futuro en el presente Plan.	*La migración del uso de leña (como bioenergía tradicional) hacia bioenergía moderna sólida es deseable y para ello la ambición y cumplimiento de las políticas actuales como el Plan y Programa de Sustitución de Leña respectivamente de la UPME y el MME serán claves. *Sería suficiente si se logra un empuje sectorial que permita un aprovechamiento mayor de los residuos y subproductos que generan; esto se podría lograr más fácilmente con un porcentaje de participación mayor, por ejemplo, las biomásas de la industria de la caña de azúcar y panelera al igual que el del arroz y esto a su vez acompañado de nuevas políticas de gobierno que incentiven el desarrollo agrícola y bioenergético.

Fuente: elaboración UPME.

Tabla 24. Consideraciones para que la trayectoria de la bioenergía moderna Líquida de los escenarios del PIBE PACÍFICO sean iguales a los de la IEA.

IEA/PIBE PACÍFICO	Bioenergía Moderna líquida ¿Qué se requiere ?	Observaciones
Políticas establecidas IEA/E1	Bajo la proyección de la demanda de combustibles líquidos en el país estimados en el escenario base del PIACL 2025 (solo mezclas 10%), se requiere a 2036 aumentar la participación neta de los biocombustibles (biodiésel y bioetanol), para lo cual las posibilidades pueden ser diversas sin ser únicas ni excluyentes: i) Si hay una mayor participación porcentual de un biocombustible que el otro por razones técnicas: por ejemplo, subir de B10 a B12,2 (equivale a un aumento de la producción de biodiésel en un 22%) y mantener la mezcla E10 permitiría alcanzar a 2036 la misma trayectoria de la IEA; ii) Si entran aportes de biocombustibles de aviación y/o diésel renovable, iii) Si se da un mayor desarrollo de la industria del etanol en un potencial mercado de vehículos Flex que permiten el uso de mezclas altas de bioetanol.	<p>* A nivel nacional, de acuerdo con la proyección de la demanda estimada de combustibles líquidos (gasolina y diésel y sus mezclas con biocombustibles) en el escenario base del PIACL 2025, se deberá tener en cuenta que para mantener las mezclas de biodiésel B10 y bioetanol E10 a 2036, en ambos casos se deberá aumentar la oferta de 2023 en un 20% aproximadamente.</p> <p>*En cualquiera de los casos se requieren medidas que se deberán generalizar a todo el país.</p> <p>*De igual forma de acuerdo con las capacidades instaladas para alcanzar los valores de trayectoria de la IEA en 2036 será necesaria la ampliación de infraestructuras en las plantas que sea posible, la reactivación de plantas que están construidas, que no están operativas y/o la construcción de nuevas plantas de producción. De acuerdo con lo señalado en la Figura 19 y Figura 20 que muestran la capacidad instalada nacional + la curva de demanda del escenario base de la UPME que corresponde al escenario de políticas establecidas.</p>
Políticas anunciadas IEA/E2	Bajo la proyección de la demanda de combustibles líquidos en el país estimados en el escenario base del PIACL 2025 (solo mezclas 10%), se requiere a 2036 aumentar la participación neta de estos dos biocombustibles, para lo cual las posibilidades pueden ser diversas, sin ser únicas ni excluyentes: i) se logra una mayor participación porcentual de un biocombustible que el otro por razones técnicas; por ejemplo, subir de B10 a B29 y mantener la mezcla E10.; ii) Si entran aportes de biocombustibles de aviación y/o diésel renovable, iii) Si se da un mayor desarrollo de la industria del etanol en potencial mercado de vehículos Flex que permiten el uso de mezclas altas de bioetanol.	<p>*En cualquier caso los aumentos de mezclas de biocombustibles definidos por el MME deberán estar (en una etapa previa) garantizados por una oferta nacional sustentada por ampliaciones, puesta en operación de plantas que no lo están o nuevas infraestructuras; lo anterior en el marco de una política que garantice estabilidad fiscal para el Estado y seguridad jurídica para las inversiones del sector productivo.</p>

IEA/PIBE PACÍFICO	Bioenergía Moderna líquida ¿Qué se requiere ?	Observaciones
Emisiones cero IEA/E3	<p>Bajo la proyección de la demanda de combustibles líquidos en el país estimados en el escenario base del PIACL 2025 (solo mezclas 10%), se requiere a 2036 aumentar la participación neta de estos dos biocombustibles, para lo cual las posibilidades pueden ser diversas, sin ser únicas ni excluyentes: i) si se logra una mayor participación porcentual de un biocombustible que el otro por razones técnicas; por ejemplo, subir de B10 a B31 y mantener la mezcla E10.; ii) si entran aportes de biocombustibles de aviación y/o diésel renovable, iii) Si se da un mayor desarrollo de la industria del etanol en potencial mercado de vehículos Flex que permiten el uso de mezclas altas de bioetanol.</p>	<p>*Escenarios que promuevan el desarrollo sostenible territorial y nacional bajo el fundamento estratégico de “soberanía energética” del presente Plan es deseable en lugar de una posible dependencia de importaciones de biocombustibles. El objetivo estructural sería producir 100% de los biocombustibles desde el Pacífico y otras regiones. Y una medida transitoria de Importar temporalmente si la capacidad nacional aún no está lista, pero solo mientras se amplía la producción local.</p> <p>*El crecimiento de la bioenergía moderna líquida impulsa en gran medida el crecimiento de la bioenergía moderna sólida y gaseosa; lo anterior como una necesidad de grandes posibilidades de aprovechamientos de economía circular, mejoras de eficiencia y mejores indicadores de beneficio/costo.</p> <p>*Para lograr proyectar mezclas superiores al 10% será necesario, que los sectores avancen en tener cada vez mayores eficiencias de las materias primas por hectárea y alinearse con los condicionales y restricciones de crecimiento posible de la frontera agrícola para estos cultivos, lo cual debe estar ajustado a las directrices del MADR.</p>

Fuente: elaboración UPME.

Tabla 25. Consideraciones para que la trayectoria de la bioenergía moderna gaseosa de los escenarios del PIBE PACÍFICO sean iguales a los de la IEA.

IEA/PIBE PACÍFICO	Bioenergía Moderna gaseosa ¿Qué se requiere ?	Observaciones
Políticas establecidas IEA/E1	Sería suficiente lograr incluir el 15% de la bioenergía moderna gaseosa potencial/ políticas a 2036.	*De acuerdo con las consideraciones de utilización y aprovechamiento de los biogases en el periodo 2018-2023, entonces el escenario de potencial/ políticas es significativamente alto, que permite un fácil acercamiento a las trayectorias de los escenarios de la IEA.
Políticas anunciadas IEA/E2	Sería suficiente lograr incluir el 50% de la bioenergía moderna gaseosa potencial/ políticas a 2036.	*Sería suficiente si se logra un empuje sectorial que permita un aprovechamiento mayor de los residuos y subproductos que generan; esto se podría lograr más fácilmente con un porcentaje de participación mayor por ejemplo de los subproductos de la industria de la caña de azúcar (vinazas). También es deseable y necesario que se puedan anunciar políticas que incentiven el desarrollo de todas las cadenas de valor y el aprovechamiento de las biomásas para generar biogases
Emisiones cero IEA/E3	Sería suficiente lograr incluir el 80% de la bioenergía moderna gaseosa potencial/ políticas a 2036.	*En este caso es deseable un mayor desarrollo de las cadenas de valor en la que se generen mayor cantidad de biomásas, por ejemplo, las vinazas de la industria de la caña para producir biogás y biometano. Las nuevas políticas que incentiven los sectores para su desarrollo también son deseables. *En el marco del presente Plan se incluye el documento “Oportunidades del biogás y el biometano en el desarrollo energético de la región del Pacífico como un referente para el país” el cual hace parte integral del presente Plan; allí se presentan consideraciones sobre la necesidad de armonizar y articular un mayor desarrollo para los biogases en la Región del Pacífico colombiano y el país

Fuente: elaboración UPME.

Tabla 26. Consideraciones para que la trayectoria de la bioenergía tradicional de los escenarios del PIBE PACÍFICO sean iguales a los de la IEA.

IEA/PIBE PACÍFICO	Bioenergía Tradicional ¿Qué se requiere ?	Observaciones
Políticas establecidas IEA/E1	Se requiere a 2036 una disminución de aproximadamente -15% del escenario E1 proyectado en el marco del PIBE PACÍFICO	*En cualquiera de los escenarios, va a ser muy importante el avance progresivo efectivo de las metas del programa de sustitución de leña del MME y el PNSL de la UPME. *En cualquiera de tres escenarios la utilización de estufas ecoeficientes en lugar de fogones tradicionales para la cocción de alimentos puede ser una estrategia que permitan mantener la mitigación de CO ₂ , mejorar la salud de las personas y que tenga un costo beneficio mejor que las demás alternativas como el GN, GLP, biogás/biometano, electricidad.
Políticas anunciadas IEA/E2	Se requiere a 2036 una disminución de aproximadamente -70% del escenario E1 proyectado en el marco del PIBE PACÍFICO	
Emisiones cero IEA/E3	Se requiere a 2030 lograr que no haya utilización de bioenergía tradicional, lo cual ha sido planteado como meta de cumplimiento en el año 2030 por la IEA.	*En el caso de la utilización de bioenergía tradicional para aplicaciones industriales se deberán. Esta estrategia permite migrar en la utilización de leña como una bioenergía tradicional a su utilización como una bioenergía moderna sólida, lo cual se puede enmarcar dentro de los conceptos de bioenergía presentados por la IEA.

Fuente: elaboración UPME.

PARTE IV: ESTRATEGIA, IMPLEMENTACIÓN Y CONCLUSIONES.

SECCIÓN 10 - ANÁLISIS ESTRATÉGICO REGIONAL

Esta sección sintetiza la posición de la Región Pacífico dentro de las políticas públicas en materia energética establecidas y los efectos futuros que pueden llegar a tener las políticas ya anunciadas y otras que se definan en adelante, contrastando sus fortalezas basadas en el potencial de biomasa y la agroindustria instalada con los desafíos estructurales que el PIBE Pacífico plantea como herramienta de planeación para el aprovechamiento de la bioenergía en el horizonte 2026–2036.

10.1. Oportunidades y Potencialidades de la Región

La Región Pacífico se posiciona como un corredor clave para la descarbonización nacional debido a una combinación de recursos y capacidades productivas ya instaladas, como lo demuestran los datos históricos de la línea base y los proyectados (Secciones 6, 7, 8 y 9). En la **Tabla 27** se presentan las oportunidades y potencialidades de la región y su sinergia con la bioenergía.

Tabla 27. Oportunidades y potencialidades de la región y su sinergia con la bioenergía

Potencialidad Estratégica	Evidencia Cuantitativa en la Región	Sinergia con Bioenergía
Concentración Agroindustrial	Valle del Cauca y Cauca concentran cerca del 85 % del potencial bioenergético agrícola/forestal (65 mil TJ en 2023), con una capacidad instalada de cogeneración de 95,8 MW con bagazo.	Una sinergia armónica principalmente en la política pública y energética + el desarrollo agropecuario y + los compromisos ambientales son claves para aportar desde la bioenergía a la firmeza del sistema eléctrico y la estabilidad del mandato de biocombustibles líquidos.

Potencialidad Estratégica	Evidencia Cuantitativa en la Región	Sinergia con Bioenergía
Alto Potencial de Residuos para la producción y aprovechamiento de biogás/biometano	Existe un potencial técnico estimado a 2023 de 19 mil TJ/año de biogás de concentrado principalmente en residuos agrícolas, pecuarios y urbanos	Se identifica una proporción potencial del 50% aproximadamente en cada una de las rutas de producción bioquímica y termoquímica de biogás y/o biometano.
Base Diagnóstica Territorial	Los PERS (Planes de Energización Rural Sostenible) identificaron potenciales concretos de bioenergía en los departamentos de Chocó, Cauca y Nariño	La bioenergía es una solución prioritaria para la autosuficiencia rural y la sustitución de generadores diésel en las ZNI, alineada con la equidad territorial (ODS 7, ODS 3).
Ecosistema de Innovación	La región cuenta con el Clúster de Bioenergía del Valle del Cauca y alianzas productivas que robustecen los encadenamientos agroindustriales sostenibles.	Facilita la articulación Público-Privada y la adopción de modelos de economía circular para transformar la subutilización (91, 53% de residuos sin aprovechar) en valor energético.

Fuente: elaboración UPME.

10.2. Retos y Limitaciones Territoriales

La materialización de los escenarios ambiciosos (E2 y E3) enfrenta barreras que requieren la intervención directa y estratégica de la gobernanza del PIBE. En la siguiente **Tabla 28** se presentan los retos y limitaciones evidenciados.

Tabla 28. Retos críticos, evidencias e implicaciones

Reto Crítico	Evidencia de Limitación	Implicación Estratégica
Inercia y Déficit de Capacidad 1G	La capacidad instalada de biocombustibles 1G (etanol/biodiésel) es insuficiente a nivel nacional para sostener la demanda proyectada al 2036, lo que genera un déficit estructural implícito (Sección 8).	Riesgo de que la escasez de oferta y la volatilidad obliguen al país a importar o a reducir permanentemente el mandato de mezcla.

Rigidez Regulatoria de incentivos	La Ley 1715 aunque muy positiva para el desarrollo de las FNER, está orientada solo a la promoción de generación de electricidad	El PIBE Pacífico sugiere ampliar y armonizar su alcance para el desarrollo de otras aplicaciones finales de las fuentes de bioenergía (que son FNER) distintas a la generación electricidad las cuales puedan acceder a la política establecida por esta Ley
Políticas anunciadas de las tarifas del biodiésel y el bioetanol que pueden retrasar acciones de la política establecida sobre el desarrollo de la bioenergía a nivel nacional	De acuerdo con los sindicatos y otros actores sumados a los sectores productivos de las industrias de la palma y la caña, las iniciativas actuales de cambio de estructura de IP para biodiésel y bioetanol no favorecen y por el contrario afectarán el desarrollo de estas industrias.	Los diferentes actores proponen alternativas y el gobierno en cabeza del MME junto con MinHacienda y el MADS analizan posibles escenarios de los cambios futuros. Los bios no tienen un impacto directo sobre el FEPC: estimaciones de la UPME indicaron que por ejemplo en 2022 bajo caso hipotético de que no tuviéramos bios en las mezclas con gasolina y diésel entonces se hubiera tenido un déficit en el FEPC mayor de cerca de 3 billones más.
Rigidez Regulatoria de Calidad	La Resolución CREG 240 de 2016 define límites estrictos para contaminantes (ej. Siloxanos) diseñados para el SNT.	Ver documento publicado “Oportunidades del biogás y el biometano en el desarrollo energético de la región del Pacífico como un referente para el país” el cual hace parte integral del presente Plan en el cual se esbozan lineamientos para complementar y armonizar los planteamientos establecidos en esta resolución
Riesgo de Sostenibilidad Agrícola	La preocupación por el iLUC es un factor legítimo de política.	La expansión productiva debe ser gestionada con cautela para asegurar que el crecimiento se base en la intensificación y el aprovechamiento de biomásas (residuos, subproductos y cultivos energéticos) y no en la expansión horizontal sin planeación de la frontera agrícola y sus condicionales y restricciones. Los proyectos futuros de ampliación de la frontera agrícola para el desarrollo de cultivos deben tener en cuenta los condicionales y restricciones de los territorios. Se sugiere en el marco de la política pública y energética hacer un plan de seguimiento y monitoreo con metas progresivas y armonizadas lideradas el gobierno en la cabeza de los ministerios de MME, MADS, MADR, Minvivienda, que incluya en alguna medida al gobierno territorial, sector productivo, comunidades y academia.

Riesgo de afectación del recurso hídrico	El PND 2022-2026 integra la gestión del agua como eje central para la planificación y toma de decisiones. El MADS indica riesgo inminente por el desarrollo de cultivos industriales especialmente de caña y palma	<p>Estas industrias deben de garantizar sostenibilidad en todas sus acciones incluidas el riesgo en el recurso hídrico. Al ser estas industrias motor clave de la bioenergía moderna líquida (bioetanol, biodiésel), sólida (bagazo, raquis y otros) y gaseosa (biogás de vinazas y POME), Se sugiere en el marco de la política pública y energética hacer un plan de seguimiento y monitoreo con metas progresivas y armonizadas lideradas el gobierno con el apoyo de la UPME pero en la cabeza de los ministerios de MME, MADS, MADR, Minvivienda, que incluya en alguna medida al gobierno territorial, sector productivo, comunidades y academia.</p> <p>El PIBE Pacífico tiene en cuenta el lineamiento fundamental del recurso hídrico y lo incluye así dentro de los fundamentos de la planeación.</p>
Déficit de Infraestructura de PTAR	Ciudades como Quibdó, Popayán y Pasto enfrentan limitaciones significativas en la infraestructura de PTAR (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales).	Limita la explotación del potencial de biogás urbano y contraviene el mandato del Decreto Basura Cero y el ODS 6 (Saneamiento Básico).
Déficit de capital humano técnico y especializado	No se evidencian suficientes programas de formación específicos que permitan proporcionar las necesidades de capital humano técnico y especializado	<p>Se requiere la formación de:</p> <ul style="list-style-type: none"> *Operadores de biodigestores rurales y comunitarios, *Técnicos en operación de plantas de biogás/biometano, *Especialistas en logística de biomasa y mantenimiento de estufas ecoeficientes, expertos en certificación de sostenibilidad y MRV.

Fuente: elaboración UPME.

10.3. Sinergias con Políticas Nacionales y Locales

La pertinencia del PIBE Pacífico se asegura mediante la articulación jerárquica de sus objetivos con el marco legal e institucional, garantizando la continuidad más allá del PND 2022-2026. En la siguiente **Tabla 29** se presenta de manera específica las contribuciones del PIBE Pacífico y las sinergias con las políticas vigentes

Tabla 29. Contribuciones del PIBE Pacífico y las sinergias con las políticas vigentes

Instrumento de Política	Sinergia Clave	Contribución posible de la bioenergía identificada en el PIBE Pacífico
Transición Energética Justa (TEJ)	Superación del extractivismo y enfoque en Equidad y Firmeza (PEN 2024-2054).	*A 2036 el aporte de la bioenergía podría ser en el escenario E1, de 75,7 mil TJ/año que corresponde al 14 % del consumo energético total de la región; se aportaría bajo este escenario a 2036 una reducción o mitigación de emisiones bajo políticas establecida del orden de 3 Mt CO _{2eq} /año que corresponden al 25 % del total de las emisiones de la región para este año
PND 2022-2026	Equidad Social (PNSL) y Economía Circular (Decreto Basura Cero).	*Proporciona la hoja de ruta técnica para el despliegue del biogás en hogares (sustitución de leña) y la valorización de residuos sólidos urbanos, validado por los PDD regionales.
PDD 2024-2027- Cauca	Transformación productiva, Internacionalización y Acción Climática Transición Energética	*Promoción de energías alternativas a partir de biomasa. *Desarrollo de proyectos de biogás y biocombustibles para autosuficiencia energética en zonas rurales. *Capacitación del recurso humano local en temas energéticos para buscar mayor productividad y el desarrollo regional.
PDD 2024-2027- Chocó	Transformación productiva. Transición Energética Equidad social Economía Circular	*Promoción de energías alternativas a partir de biomasa. *Comunidades energéticas *Diversificación de las fuentes de biomasa para la generación de energía renovable. *Capacitación del recurso humano local en temas energéticos para buscar mayor productividad y el desarrollo regional.
PDD 2024-2027- Nariño	Enfoque de equidad para ZNI	*Promoción de energías alternativas a partir de biomasa. *Capacitación del recurso humano local en temas energéticos para buscar mayor productividad y el desarrollo regional.
PDD 2024-2027- Cauca	Transformación productiva, Internacionalización y Acción Climática Transición Energética	*Promoción de energías alternativas a partir de biomasa. *Desarrollo de proyectos de biogás y biocombustibles para autosuficiencia energética en zonas rurales. *Capacitación del recurso humano local en temas energéticos para buscar mayor productividad y el desarrollo regional.

Fuente: elaboración UPME.

SECCIÓN 11 - EJES ESTRATÉGICOS, OBJETIVOS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

11.1. Ejes Estratégicos, Objetivos y Líneas de Acción

Esta sección articula la transición del nivel conceptual (los Fundamentos Estructurales del PIBE Pacífico definidos en la Sección 1) al nivel operativo, estableciendo los Ejes Estratégicos que guían las acciones posibles en el horizonte 2026–2036. Cada Eje Estratégico es una ruta de acción que sugiere materializar los escenarios de aprovechamiento en el contexto del Pacífico colombiano. En la se presentan las líneas de acción para cada eje estratégico definido.

Tabla 30. Ejes estratégicos definidos y líneas de acción sugeridas

Ejes Estratégicos	Objetivos Estratégicos (Enfoque Pacífico)	Líneas de Acción Sugeridas
Gobernanza y Articulación Institucional	Fortalecer la articulación entre instituciones nacionales, departamentales y locales, incorporando a comunidades (por ejemplo, afrodescendientes, indígenas y campesinas), sector productivo, academia, en la planeación y gestión de proyectos bioenergéticos.	<p>*Crear instancias de coordinación sobre bioenergía regional (por ejemplo, replicando el modelo de Mesa Técnica del PNSL).</p> <p>*Diseñar mecanismos de participación comunitaria con enfoque diferencial en proyectos.</p> <p>*Integrar la bioenergía en las metas de los planes de desarrollo departamentales y municipales (alineación con PDD 2024–2027,</p>
Innovación y Desarrollo Tecnológico	Impulsar tecnologías bioenergéticas adaptadas a las condiciones de la región (por ejemplo, pequeña y mediana escala, sistemas descentralizados, biodigestores, biomasa húmeda).	<p>*Fortalecer centros de investigación y universidades regionales en bioenergía, priorizando tecnologías sostenibles y viables.</p> <p>*Promover pilotos de biodigestores y plantas comunitarias de biogás para la democratización energética por ejemplo los lineamientos del Decreto 2236 de 2023 en lo relacionado con las Comunidades Energéticas en el marco de la Transición Energética Justa en Colombia</p> <p>*Transferir tecnologías para aprovechamiento de residuos y subproductos por ejemplo de caña, coco, café y plátano, capitalizando el potencial termoquímico y anaeróbico identificado</p>

Productividad y Competitividad de Mercados Bioenergéticos	Desarrollar cadenas de valor bioenergéticas competitivas que integren agroindustria (Valle del Cauca) y pequeños productores (Chocó, Cauca, Nariño).	<p>*Identificar encadenamientos productivos bioenergéticos por departamento.</p> <p>*Fomentar esquemas asociativos y cooperativos para la recolección y procesamiento de residuos.</p> <p>*Estimular mercados locales de bioenergía (ej. bioelectricidad, biogás, pellets), creando una demanda local que justifique la inversión</p>
Inclusión y Desarrollo Territorial	Garantizar que los proyectos bioenergéticos contribuyan a la inclusión social y étnica, mejorando la calidad de vida y el acceso a energía en zonas rurales dispersas (ZNI).	<p>*Diseñar proyectos comunitarios con enfoque étnico y diferencial.</p> <p>*Implementar soluciones bioenergéticas rurales para electrificación y cocción limpia (alineación con PNSL).</p> <p>*Vincular mujeres y jóvenes rurales en las cadenas de bioenergía, cumpliendo con los objetivos de justicia social de la TEJ.</p> <p>*Formación de capacidades técnicas y profesionales locales para operar y mantener las tecnologías de bioenergía moderna biodigestores, upgrading, cogeneración, pellets/briquetas, etc</p>
Sostenibilidad y Compromiso Ambiental	Promover la bioenergía como herramienta de conservación y uso eficiente de recursos, reduciendo impactos ambientales y mejorando la gestión de residuos.	<ul style="list-style-type: none"> • Impulsar proyectos de bioenergía que reduzcan presión sobre bosques, el recurso hídrico y ecosistemas. • Fomentar el uso de residuos agroindustriales, forestales y urbanos para bioenergía (alineación con Programa Basura Cero). • Implementar estándares ambientales y certificaciones de sostenibilidad para mitigar riesgos, incluyendo el ILUC.

Fuente: elaboración UPME.

SECCIÓN 12 - GOBERNANZA Y ARTICULACIÓN INSTITUCIONAL DEL PIBE PACÍFICO

La bioenergía se ha posicionado como un pilar de la transición energética global, lo que exige marcos de gobernanza sólidos que aseguren un desarrollo sostenible en sus dimensiones ambientales, sociales y económicas. La gobernanza es, en esencia, la articulación de relaciones entre actores gubernamentales, la sociedad civil y el sector privado en la toma de decisiones, la implementación y la evaluación de asuntos de interés público, integrando tanto instituciones formales como informales y reconociendo la necesidad de una participación inclusiva y responsable.

Para el desarrollo efectivo de la bioenergía, la gobernanza debe considerar aspectos clave como la implementación de políticas públicas en materia energética integrales que cubran toda la cadena de valor, desde el uso sostenible de la tierra y la producción de biomasa hasta las tecnologías de conversión. En este contexto, la coordinación de actores es esencial para un desarrollo cohesivo y beneficioso, mientras que la adopción de estándares de sostenibilidad resulta crucial para mitigar riesgos. La gobernanza también debe garantizar una distribución equitativa de los beneficios y riesgos para las comunidades locales y promover la descentralización y la participación comunitaria activa. Todo esto debe estar respaldado por marcos regulatorios estables y flexibles que, a su vez, impulsen la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i).

En Colombia, los pilares legislativos y de política para la bioenergía han evolucionado significativamente. La Ley 697 de 2001 inició el fomento al uso eficiente de la energía, y la Ley 1715 de 2014 integró las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) al sistema energético nacional; posteriormente, la Ley 2099 de 2021 se enfocó en la transición energética, introduciendo incentivos como la exclusión de IVA y la depreciación acelerada para proyectos de energías renovables.

El PIBE Pacífico, en su carácter de instrumento de planeación indicativa a corto y mediano plazo, identifica la necesidad de analizar esquemas de articulación institucional, cuya definición corresponde a las autoridades competentes, en particular en los escenarios de aprovechamiento en los escenarios E2 y E3 del presente Plan, y el desarrollo progresivo de las políticas establecidas sobre bioenergía precisados en el escenario E1. El éxito de este Plan dependerá de la participación voluntaria y efectiva de los actores nacionales y territoriales con competencia en regulación, financiación, licenciamiento y desarrollo rural.

A pesar de que el PIBE Pacífico es un plan indicativo, la región ya cuenta con experiencias significativas en bioenergía y FNCER que validan su potencial: el Valle del Cauca se destaca como un líder regional, con un robusto sector agroindustrial que utiliza el bagazo de caña para la cogeneración de bioelectricidad y la producción de etanol carburante, complementado con proyectos de biogás a partir de subproductos pecuarios (gallinaza, porcícola) y el aprovechamiento de biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales y rellenos sanitarios (como la de Yotoco); por su parte, el Cauca ha implementado plantas de biogás para la generación de energía eléctrica usando residuos agroindustriales y pecuarios, como la ubicada en el norte del departamento a partir de gallinaza.

12.1. Instancia de Articulación Nacional (Gobierno Central)

La dirección de los planes indicativos energéticos recae en el sector minero-energético, pero la ejecución y el desarrollo de los potenciales presentes en los territorios (como la bioenergía) exigen

la colaboración intersectorial que respalda la agenda de la Transición Energética Justa (TEJ) y las sucesivas estrategias más allá del PND 2022-2026. En la Tabla 31, se propone a las entidades que de manera voluntaria pudieran tener algún tipo de articulación con el Pibe Pacífico.

Tabla 31. Potencial articulación con entidades de gobierno central

Entidad Nacional	Rol Voluntario y Estratégico en el PIBE Pacífico	Fundamento de Competencia
Ministerio de Minas y Energía (MME)	<p>El MME podría:</p> <ul style="list-style-type: none"> *Tomar el PIBE Pacífico como insumo técnico para definir metas regulatorias (mandatos de mezcla, criterios para incentivos, definiciones de biogás/ biometano/digestato, etc.). *Liderar la Mesa Técnica Interinstitucional de bioenergía descrita en la Sección 12; *Coordinar con otras carteras (MADS, MADR, MVCT, MinTransporte) la implementación territorial. 	Formulación y adopción de políticas energéticas.
Departamento Nacional de Planeación (DNP)	Articulación de las nuevas iniciativas de planeación (como el PIBE Pacífico) con los Planes Nacionales de Desarrollo (PND 2022-2026 y sucesivos) y el Plan Plurianual de Inversiones (PPI).	Coordinación de la Planeación Nacional (PND 2022-2026 y sucesivos) y evaluación de la política pública.
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)	Provisión del marco de la Estrategia Climática de Largo Plazo (E2050) y metas NDC.	Competencias en materia ambiental y gestión de residuos.
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)	Integración de los potenciales de biomasa agrícola en los planes de desarrollo rural sostenible, asegurando la compatibilidad con la seguridad alimentaria.	Competencias en el Sector Agropecuario y desarrollo rural.
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MinVivienda)	Articulación con el Decreto Basura Cero (Art. 227 PND 2022-2026) que promueve la valorización energética de residuos sólidos urbanos y lixiviados de PTAR.	Competencia sobre el desarrollo de ciudades sostenibles y gestión de residuos urbanos y en los territorios
UPME (Unidad de Planeación Minero Energética)	<p>Se mantiene como líder técnico de escenarios, modelación y OBCO.</p> <p>Alimentar la reglamentación que expida el MME (decretos y resoluciones sobre bioenergéticos como biogás, biometano, digestato, comunidades energéticas y Basura Cero etc).</p>	Rol de planeación.

Fuente: elaboración UPME.

El éxito final del PIBE Pacífico dependerá de la capacidad de establecer mecanismos de gobernanza que superen la simple coordinación, creando un marco de responsabilidad compartida y rendición de cuentas. La articulación nacional debe materializarse en acuerdos específicos que definan los roles de cada entidad en la financiación, cofinanciación, asistencia técnica y acompañamiento a los proyectos. Al integrar de manera parcial o total a las instituciones anteriormente propuestas, de manera voluntaria pero estratégica, el Plan podrá asegurar el flujo constante de recursos, conocimiento y capacidades desde el nivel central hacia los territorios, consolidando la bioenergía como un verdadero motor de la Transición Energética Justa y como un pilar para el desarrollo sostenible y la reactivación económica del Pacífico colombiano.

12.2. Gobernanza Territorial y Comités de Ejecución Regional

La materialización de los escenarios ambiciosos (E2 y E3) y la garantía del desarrollo progresivo de las políticas establecidas (E1) sobre bioenergía dependen en gran medida de la participación y capacidad de gestión y licenciamiento a nivel nacional, departamental y regional. El PIBE Pacífico propone un esquema de Gobernanza Territorial Compartida con los siguientes actores clave:

- **Ejecutores Políticos y Financieros Territoriales**

Gobernaciones (Cauca, Chocó, Nariño, Valle del Cauca): Su participación es crítica para asegurar la alineación de la inversión pública (PPI) con los objetivos del PIBE Pacífico. Las gobernaciones pueden incorporar las metas de aprovechamiento bioenergético en sus Planes de Desarrollo Departamentales (PDD) 2024–2027 y posteriores, impulsando proyectos de infraestructura logística, por ejemplo, para la recolección de biomasa residual.

- **Autoridades Ambientales y de Licenciamiento**

Corporaciones Autónomas Regionales (CARs) del Pacífico (Cauca, Chocó, Nariño, Valle del Cauca): Su participación es fundamental, ya que son las entidades responsables del licenciamiento ambiental en algunos casos de la infraestructura bioenergética que se proyecte y, sobre todo, de la gestión y conservación de los recursos que constituyen la materia prima. La coordinación con el PIBE Pacífico debe facilitar la armonización de la planificación sectorial con los determinantes ambientales (p. ej., el manejo de Reservas Forestales y el control de contaminantes).

- **Esquema de Articulación (Mesa Técnica PNSL como Modelo)**

La implementación del PIBE Pacífico exige la creación de una Mesa Técnica Interinstitucional como mecanismo central de gobernanza y coordinación. Esta mesa es importante para asegurar la articulación de las entidades de gobierno territorial y nacional.

Algunos actores sugeridos para la conformación de esta mesa son: el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, las Gobernaciones de los departamentos del Pacífico y las Corporaciones Autónomas Regionales.

SECCIÓN 13 - INSTRUMENTOS DE IMPLEMENTACIÓN

La materialización de las proyecciones y líneas de acción de **PIBE Pacífico** requiere la articulación de mecanismos concretos que trasciendan la fase de planeación. Esta sección define los instrumentos de ejecución necesarios, propuestos por la UPME, en los ámbitos normativo, financiero y de monitoreo, para asegurar que el potencial bioenergético se traduzca en proyectos reales, equitativos y sostenibles en los departamentos del Cauca, Chocó, Nariño y Valle del Cauca.

13.1. Marco Institucional y Normativo Regional

Se deberá tener muy presente que el **PIBE Pacífico** es un instrumento de carácter indicativo y referencial, propuesto por la UPME. Su eficacia en la implementación no se basa en la coercitividad regulatoria, sino en la armonización con las políticas públicas en materia energética, así como con los marcos de gestión ya existentes en la región.

13.2. Articulación con la Planeación Territorial

El principal desafío es lograr que la planificación energética sectorial se integre a la planificación del desarrollo en los territorios, garantizando que los proyectos bioenergéticos sean viables y respondan a las necesidades locales.

- **Planes de Desarrollo Departamentales (PDD 2024–2027):** Los PDDs de los cuatro departamentos ya incluyen líneas de acción de transición energética y bioeconomía. La implementación del PIBE Pacífico debe coordinarse con las secretarías de planeación y minas/energía departamentales para incluir los proyectos y metas del Plan en los instrumentos de inversión subnacionales.
- **Instrumentos de Ordenamiento Territorial :** La viabilidad de proyectos de gran y mediana escala (p. ej., plantas de cogeneración, biometano) depende de la compatibilidad del uso del suelo. Es crucial que los diagnósticos de potencial bioenergético del PIBE Pacífico sean insumos para la revisión y ajuste de los **Planes de Ordenamiento Territorial (POTs)**, facilitando la identificación de zonas aptas y mitigando conflictos con condicionales y restricciones ambientales, étnicas, culturales, sociales y de riesgos de desastres.
- **Gestión Ambiental:** Las Corporaciones Autónomas Regionales (CVC, Corpocauca, Codechocó, Corponariño) son actores clave, pues administran los recursos biológicos y emiten licencias ambientales. El PIBE Pacífico puede servir como marco para que las CARs prioricen y faciliten la valorización de residuos (incluidos efluentes pecuarios y urbanos, y lodos de PTAR) con fines energéticos, bajo los principios de economía circular.
- **Mecanismos de Consulta Previa:** Dada la alta presencia de comunidades étnicas (afrodescendientes e indígenas), los instrumentos de implementación deben garantizar la aplicación rigurosa de los mecanismos de “consulta previa” en los casos que se requiera de

acuerdo a los condicionales y restricciones de los territorios, asegurando que los proyectos generen beneficios directos y cuenten con el consentimiento informado de las comunidades involucradas, tal como lo exige el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo sobre pueblos indígenas y tribales.

- **Los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS):** constituyen el instrumento municipal que define la arquitectura técnico-operativa del servicio público de aseo, incluyendo parámetros estructurales para la caracterización de residuos, la organización de rutas y frecuencias de recolección, los esquemas de separación y aprovechamiento, la operación de estaciones de transferencia y los criterios de disposición final. Esta estructura, común a los PGIRS del Pacífico, configura las condiciones materiales, logísticas y regulatorias sobre las cuales se evalúan las oportunidades de valorización energética de residuos en el marco del PIBE Pacífico. A escala departamental, los Planes de Desarrollo refuerzan esta configuración territorial mediante lineamientos que guían conceptualmente la gestión de residuos como eje de sostenibilidad y como componente funcional del sistema ambiental regional. En Nariño, el PDD 2024–2027 organiza la política de saneamiento básico alrededor de la ampliación de capacidades institucionales, el mejoramiento de la infraestructura de disposición final y la articulación intermunicipal de soluciones, lo que establece un marco territorial que delimita la disponibilidad y movilización de flujos residuales. En Chocó, el PDD 2024–2027 prioriza el fortalecimiento de la estructura ambiental y sanitaria mediante acciones de optimización de la prestación del servicio de aseo, formalización de rutas y planificación de infraestructuras críticas, elementos indispensables para determinar la viabilidad técnica de procesos de valorización. En el Valle del Cauca, el PDD 2024–2027 incorpora el saneamiento básico como infraestructura estratégica y vincula la gestión de residuos con determinantes de ordenamiento territorial, lo que incide directamente en la organización de flujos, la localización de infraestructuras y la capacidad de soporte del sistema regional. De manera complementaria, el Plan Estratégico Regional del Pacífico (PER) integra estas directrices departamentales y municipales señalando que la gestión de residuos y el saneamiento básico son condiciones habilitantes para el desarrollo regional, y que su planificación debe apoyarse en la convergencia entre los PGIRS, los POT, los PGAR y los PDD para garantizar consistencia técnica, institucional y financiera en proyectos de bioeconomía y bioenergía. Bajo este marco de ordenamiento multinivel, la articulación entre PIBE–POT–PDD–PGIRS permite estructurar alternativas bioenergéticas sobre la base de capacidades territoriales verificables, generación, composición y disponibilidad de residuos, flujos operativos del servicio, rutas de recolección, logística de transporte y infraestructura autorizada, asegurando que las intervenciones energéticas se ajusten a las determinaciones territoriales y a los estándares técnicos de saneamiento básico en Cauca, Nariño, Valle del Cauca y Chocó.

En el componente de residuos urbanos, la incorporación de rutas bioenergéticas dentro del PIBE Pacífico se estructura en correspondencia con los lineamientos definidos por los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), los cuales, conforme al Decreto 1077 de 2015, constituyen el instrumento de planificación obligatorio que organiza la caracterización, estimación de generación, rutas y frecuencias de recolección, sistemas de separación, programas de aprovechamiento, transporte interno y externo, y criterios de disposición final del servicio público de aseo. En este marco regulatorio, las alternativas bioenergéticas formuladas por el PIBE Pacífico se pueden articular funcionalmente con los PGIRS municipales y regionales, garantizando coherencia con los flujos reales de residuos, los esquemas operativos vigentes, las metas de aprovechamiento y la infraestructura para el manejo y tratamiento de residuos en cada jurisdicción. De igual manera, la planeación bioenergética reconoce la estructura programática establecida por la metodología nacional de PGIRS, la cual define metas de aprovechamiento, indicadores de desempeño, programas de separación en la fuente y estrategias de reducción de la fracción que llega a disposición final, constituyendo un marco operativo que facilita la identificación de corrientes orgánicas aptas para procesos de biodigestión, producción de biogás o biometano.

En concordancia con las disposiciones del Decreto 670 de 2025, los procesos de actualización de los PGIRS por parte de las entidades territoriales pueden incorporar explícitamente el biogás y el biometano como rutas de tratamiento y valorización dentro de la jerarquía de residuos, integrando criterios técnicos de elegibilidad, análisis de pretratamientos, requerimientos de infraestructura, y lineamientos para la integración del digestato como subproducto de interés agrícola o ambiental. La inclusión de estas rutas de valorización energética se articula con los principios de circularidad, eficiencia material y reducción progresiva de la disposición final establecidos en la normativa sectorial, y constituye un complemento técnico a los programas de aprovechamiento ya aprobados en los PGIRS.

En este contexto, el PIBE Pacífico actúa como un insumo técnico estructurante, proporcionando información consolidada sobre disponibilidad de biomasa residual, potencial energético, mapeo de infraestructura existente, análisis de brechas tecnológicas y escenarios de articulación con los sistemas departamentales y municipales de saneamiento básico. Esta información permite que los municipios y departamentos utilicen el PIBE Pacífico como referencia para ajustar sus PGIRS y planes integrales de aseo a la luz del Decreto 670 de 2025, incorporando criterios de viabilidad energética, reducción de emisiones, gestión del digestato, escalabilidad tecnológica y consistencia con los determinantes de ordenamiento territorial y de prestación del servicio público. De esta manera, la articulación PIBE Pacífico – PGIRS consolida una base técnica robusta para la integración de soluciones bioenergéticas en el sistema territorial de gestión de residuos, en coherencia con la regulación vigente y con las capacidades operativas del Pacífico colombiano.

13.3. Estrategias de Financiamiento e Inversión

Para alcanzar las metas proyectadas en los escenarios E1 (políticas establecidas que requieren continuidad), E2 (Avance Consolidado) y E3 (Aprovechamiento Pleno), se requiere una mezcla de inversión pública apalancada en fondos especializados, movilización de capital privado a través de incentivos y acceso a financiamiento internacional climático.

13.4. Fondos Públicos de Fomento

Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE): Es un vehículo fundamental para financiar proyectos piloto, estudios de preinversión y esquemas descentralizados (p. ej., biodigestores comunitarios y estufas ecoeficientes) que promuevan la bioenergía en Zonas No Interconectadas (ZNI) y en áreas rurales dispersas.

Sistema General de Regalías (SGR): Los proyectos de infraestructura y desarrollo productivo bioenergético deben estructurarse para ser elegibles ante los órganos Colegiados de Administración y Decisión (OCAD), especialmente aquellos que demuestren impacto directo en la reducción de la pobreza energética y la competitividad regional.

Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas (FAZNI): Es esencial para cofinanciar proyectos de generación eléctrica distribuida a partir de alternativas sostenibles de biomasa o biogás en comunidades que actualmente dependen de soluciones costosas y contaminantes (p. ej., diésel).

Obras por Impuestos 4.0: para proyectos de biogás y biometano: El instrumento permite canalizar inversión privada hacia: comunidades energéticas rurales que sustituyen leña y GLP mediante biodigestores familiares y comunitarios; proyectos de valorización energética de residuos en territorios PDET y zonas de alta vulnerabilidad, sin impacto tarifario para los usuarios; este mecanismo puede articular al MME–UPME–ART–DNP–MinHacienda, lo que refuerza la gobernanza interinstitucional.

13.5. Incentivos y Capital Privado

Ley 1715 y sus modificaciones: El marco de la Ley 1715 de 2014, que promueve las FNCER (y sus modificaciones), es la base para la movilización de capital privado. La implementación efectiva requiere la difusión y la simplificación del acceso a los incentivos tributarios de **deducción de renta, exención de IVA y aranceles** para la maquinaria y los equipos destinados a la producción de bioelectricidad, biogás y calor útil. De acuerdo con los planteamientos sugeridos en el PIBE Pacífico, se espera que se logre un espectro más amplio de cobertura de incentivos más allá de la generación de electricidad.

Mercados de Carbono: Los proyectos de valorización de metano (biogás de rellenos sanitarios y efluentes pecuarios) representan una fuente de ingresos mediante la venta de **créditos de carbono**. Es necesario que las autoridades regionales y la UPME faciliten la asistencia técnica a los desarrolladores de proyectos para que accedan a los mercados voluntarios y regulados de emisiones.

Crédito de Fomento: Es crucial el diseño de líneas de crédito blando a través de entidades como FINAGRO y Bancóldex, orientadas específicamente a la **modernización agroindustrial** para la autogeneración (cogeneración de bagazo y biogás de palma) y a la inversión en plantas de upgrading de biogás a biometano.

13.6. Mecanismos de Seguimiento y Evaluación

Después de oficializar el presente plan y de que se identifique la participación de las entidades en el marco de la gobernanza planteada, el seguimiento debe ser periódico y transparente, permitiendo la corrección de la trayectoria del Plan hacia el horizonte 2036 y más allá.

13.7. Indicadores Clave de Desempeño

El PIBE Pacífico sugiere una estructura de indicadores centrada en tres pilares. A continuación, se presentan algunos indicadores en el marco de cuatro pilares clave (ver **Tabla 32**).

Tabla 32. Indicadores propuestos

Pilar	Indicador Clave	Unidad de Medida	Frecuencia de Monitoreo
Energético	Potencial de bioenergía utilizada	% de Utilización sobre el Potencial Técnico	Anual
	Potencial de bioenergía no utilizada	% de Utilización sobre el Potencial Técnico	Anual
	Capacidad Instalada de Generación con Biomasa	MW y TJ/año	Anual
	Participación de Bioenergéticos en la Matriz Regional y nacional	% del Consumo Total	Anual

Pilar	Indicador Clave	Unidad de Medida	Frecuencia de Monitoreo
Climático/ Potencial generado	Reducción de Emisiones (Mitigación)	Mton de CO2eq Evitadas	Anual
	Tasa de Captura y Aprovechamiento de Metano	% de Metano Capturado	Anual
	Variación proyectada de áreas agroclimáticamente óptimas	%Cambio	Anual
	Incremento proyectado de temperatura y precipitación	°C y %	Cada 5 años
	Contribución Nacional Determinada (NDC): Avance hacia la meta de reducción del 51 % al 2030	% de reducción alcanzada respecto a la meta	Anual
Social/ Territorial	Número de Proyectos de Bioenergía Descentralizada	Unidades (Comunales/ Rurales)	Anual
	Inversión Privada Ejecutada	Millones de USD/COP	Anual
	Inversión Pública Ejecutada	Millones de USD/COP	Anual
	Participación de mujeres en proyectos bioenergéticos	% de mujeres involucradas en formación, operación o liderazgo	Anual
	Población beneficiada en territorios étnicos	Número de hogares étnicos beneficiados	Anual
ODS/ Trasversal	Reducción de contaminación del aire interior por cocción con leña (ODS 3 y 7)	% de hogares que migran a tecnologías de biomasa moderna sólida	Anual
	Incremento en el tratamiento de aguas residuales urbanas (ODS 6)	% de aguas residuales tratadas	Anual
	Nuevos usuarios en comunidades energéticas con FNCER (ODS 7)	Número de usuarios incorporados	Anual
	Creación de empleo verde asociado a bioenergía (ODS 8)	Número de empleos generados	Anual
ODS/ Trasversal	Innovación y adopción tecnológica en bioenergía (ODS 9)	Número de proyectos/ tecnologías implementadas	Anual
	Valorización de subproductos agrícolas y pecuarios (ODS 12)	% de biomasa valorizada	Anual
	Reducción de emisiones GEI en sectores priorizados (ODS 13)	Ton CO2eq reducidas	Anual
	Disminución de la deforestación (ODS 15)	Hectáreas/año	Anual
	Participación comunitaria y gobernanza territorial en bioenergía (ODS 16)	Número de comunidades o instancias fortalecidas	Anual

Fuente: elaboración UPME.

13.8. Instancias de Monitoreo y Adaptación: Observatorio de Bioenergía Colombiano — OBCO

En el marco del desarrollo del PIBE Pacífico, la UPME diseñó y desarrolló la primera versión del GeoBI de bioenergía titulado “Observatorio Colombiano de Bioenergía (OBCO)” (<https://sig.upme.gov.co/portal/apps/experiencebuilder/experience/?id=63b13785b2364a2db1dc6c9683b92c24>).

Esta herramienta Geográfica de Business Intelligence -GeoBI- se consolidó a partir del análisis de los potenciales bioenergéticos asociados a cadenas de valor agrícolas y pecuarias, así como a de rellenos sanitarios y de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en los departamentos de Cauca, Chocó, Nariño y Valle del Cauca.

A partir de esta versión inicial, la UPME proyecta la continuidad del OBCO con el propósito de ampliar progresivamente su cobertura a todos los departamentos del país y garantizar la actualización periódica de la información, conforme a los lineamientos de planeación del sector minero-energético bajo la dirección del Ministerio de Minas y Energía.

El OBCO responde a la necesidad de contar con una plataforma integral de información geográfica y técnica para la planeación y el seguimiento bioenergético, orientada a apoyar la toma de decisiones sobre el aprovechamiento sostenible de la biomasa, residuos y subproductos con potencial energético, a escala municipal, departamental y nacional. En este sentido, busca consolidarse como un insumo permanente para la planeación energética, la formulación de políticas públicas y la evaluación de proyectos locales, regionales y de investigación y desarrollo.

La herramienta integra una base de datos georreferenciada que reúne información sobre disponibilidad, localización y potencial energético de las biomásas priorizadas en la región Pacífico, con estimaciones de potencial teórico y técnico según rutas de conversión termoquímicas y bioquímicas. Su estructura permite visualizar la distribución espacial de los recursos, analizar su aptitud tecnológica y comparar escenarios de aprovechamiento por tipo de biomasa y sector productivo.

En el mediano plazo, el OBCO busca articularse con los sistemas de información oficiales del país, entre ellos:

- Balance Energético Colombiano (BECO): integración de información asociada a oferta y demanda energética nacional.
- Sistema Único de Información (SUI): para datos sobre residuos urbanos, lodos de PTAR y servicios públicos.
- DANE / UPRA / ICA: incorporación de información estadística y de producción agrícola, pecuaria y forestal.

A futuro, se proyecta que el OBCO se consolide como una estrategia de articulación interinstitucional, orientada a fortalecer progresivamente las fuentes de información y promover el uso sostenible de las biomásas (residuos y subproductos) en el territorio nacional.

En esta primera etapa, el OBCO ofrece una interfaz intuitiva y accesible que permite a los usuarios consultar de manera sencilla los potenciales teóricos y técnicos bioenergéticos, así como generar reportes descargables con la información de interés. En la Figura 29, se presentan algunas vistas de la interfaz del OBCO que ilustran las principales funcionalidades y elementos de navegación del aplicativo:

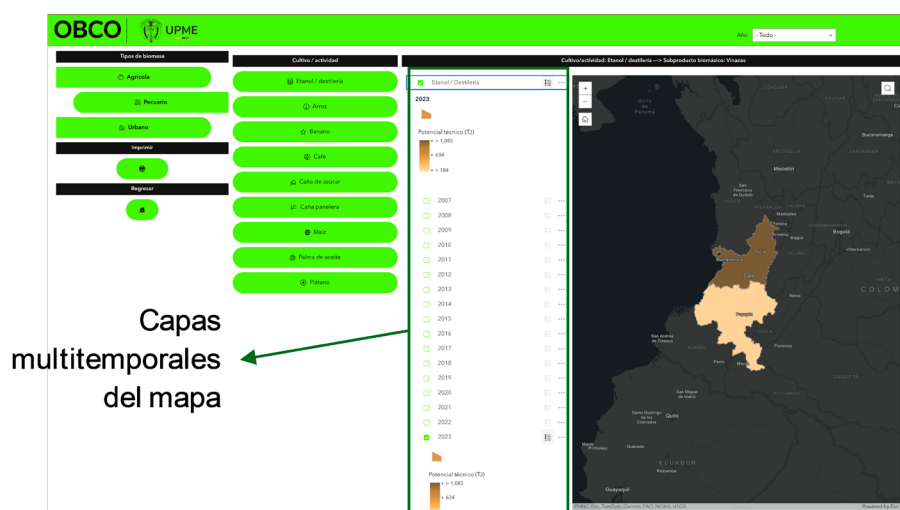


Figura 29. Interfaz del OBCO, con ejemplo de potencial pecuario de San Andrés de Tumaco, Nariño. Fuente: elaboración UPME.

El OBCO además de ser una herramienta de presentación de potenciales bioenergéticos se podría ampliar como una herramienta compartida para seguimiento de metas. En este sentido, además de funcionar como visor técnico, el OBCO se podría proyectar como la herramienta oficial de reporte y seguimiento de los indicadores de los Planes regionalizados incluido el PIBE Pacífico.

SECCIÓN 14 - PROGRAMAS E INICIATIVAS INDICATIVAS

El Plan Indicativo de Bioenergía del Pacífico (PIBE Pacífico) pone a consideración un portafolio de programas e iniciativas piloto. Estos proyectos indicativos, en el caso de definirse su ejecución, son fundamentales para materializar el potencial bioenergético regional, demostrando la viabilidad técnica, social y económica de las rutas priorizadas. Se establece que la ejecución de los proyectos más ambiciosos depende de señales regulatorias claras y duraderas que superen los ciclos de gobierno.

14.1. Programas, proyectos e iniciativas 1: Fortalecimiento de la bioenergía general

Los programas e iniciativas indicativas del PIBE Pacífico constituyen la base operativa del Plan y traducen sus ejes estratégicos en líneas de acción concretas. Cada programa ha sido formulado considerando su coherencia con los escenarios E1, E2 y E3, su viabilidad técnica y financiera, y su aporte a la transición energética justa y a la bioeconomía regional. Son deseables mesas de trabajo conjuntas MME – UPME – territorios para priorizar los programas que se puedan materializar. Las iniciativas aquí priorizadas orientan las inversiones públicas y privadas hacia proyectos de alto impacto territorial, medibles mediante indicadores de reducción de emisiones, generación de empleo, y fortalecimiento de capacidades locales.

Tabla 33. Programas, proyectos e iniciativas propuestas.

Programa/Iniciativa	Descripción y Justificación	Departamentos Foco	Ejes Estratégicos Vinculados
Iniciativa regional para sustentar la realización de un Copes para el desarrollo actual y futuro de bioenergéticos líquidos, gaseosos y sólidos sostenibles en el país a la luz de las metas de reducción de emisiones regionales y nacionales a 2050, bajo principios de sostenibilidad y producción eficiente con altos indicadores económicos, sociales y ambientales.	Política pública y energética orientada a consolidar la producción sostenible de bioenergéticos en Colombia, aprovechando las oportunidades de desarrollo económico y social derivada de la experiencia en el país sobre los biocombustibles biodiésel y bioetanol. Incluir apartado especial para el desarrollo actual y futuro de los biocombustibles del sector de transporte terrestre y aéreo (por ejemplo, tomando como referencia el Conpes 3510 de 2008). Se requiere alineamiento bajo los fundamentos estructurales del presente plan: i) Seguridad y soberanía energética; ii) compromisos climáticos y de desarrollo sostenible; iii) Sostenibilidad y transición energética; iv) Equidad social e inclusión territorial.	Valle del Cauca, Cauca	Productividad y Competitividad.

Iniciativa que permita garantías para trabajos que tienen afectación por la mecanización de cultivos industriales	Estudio de Sostenibilidad social en el empleo que incluya garantías para trabajos que tienen afectación por la mecanización de cultivos industriales	Valle del Cauca, Cauca, Nariño	Inclusión y Desarrollo Territorial
Proyecto de viabilidad de acopio de biomasa residuales subregionales	Estudio de viabilidad de acopio de biomasa residuales subregionales o municipales	Todos	Inclusión y Desarrollo Territorial
Iniciativa de estudio que cuantifique el material particulado de las actuales tecnologías de vehículos que mayoritariamente ruedan en los departamentos del Pacífico colombiano.	Este tipo de estudios fortalecen la información que tiene el país en esta materia y sirve como punto de referencia y diagnóstico de necesidades e impactos del uso de combustibles líquidos mezclados con biocombustibles	Todos	Sostenibilidad y Compromiso Ambiental;
Plataforma de Sostenibilidad y Seguridad Alimentaria	Desarrollo de un protocolo orientado a garantizar la no competencia con la seguridad y la soberanía alimentaria de los bioenergéticos que se logren desarrollar, incluyendo los biocombustibles líquidos (biodiésel y bioetanol). El énfasis del protocolo se propone en la certificación del origen de la materia prima utilizada en la producción de bioenergéticos, asegurando que la vocación primaria de la tierra no se desplace de la producción de alimentos, y que permita dar respuesta a aspectos relacionados con: (i) la competencia por la tierra, los desafíos asociados a la concentración de la propiedad, el uso de tierras para biocombustibles y los potenciales conflictos sociales; y (ii) la complementariedad y el aporte en términos de generación de ingresos y empleo, el fortalecimiento de alianzas productivas y el suministro interno. En el caso del bioetanol producido a partir de caña de azúcar en Colombia, se identifica, desde una perspectiva sectorial, que no existe competencia con la seguridad ni la soberanía alimentaria	Todos	Sostenibilidad y Compromiso Ambiental; Inclusión y Desarrollo Territorial

Plataforma de Sostenibilidad del recurso hídrico	Herramienta que permita hacer seguimiento de los indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico en las plantaciones de palma y caña de azúcar y de otros cultivos que tienen y/o puedan tener alguna relación con la producción de bioenergéticos.	Nariño, Cauca, Chocó y Valle del Cauca	Sostenibilidad y Compromiso Ambiental; Inclusión y Desarrollo Territorial
Programa de proyección de otros potenciales generadores de bioenergía	Estudio de proyección de uso de residuos industriales y otros no incluidos en el marco del actual PIBE Pacífico: pastos, cerveza, pesca, aceites residuales, otras cadenas de valor etc.	Todos	Sostenibilidad y Compromiso Ambiental;
Iniciativa regional, que sea un referente nacional, para alinear el desarrollo de la bioenergía moderna y tradicional con políticas internacionales.	Proyecto de cooperación internacional (por ejemplo, con la participación de la IEA) que permita dar insumos y seguimiento para las políticas públicas en materia energética regionales y nacionales sobre el desarrollo de la bioenergía moderna y tradicional	Todos	Sostenibilidad y Compromiso Ambiental;
Programa de Cualificación de Oficios Bioenergéticos	Programa de articulación por ejemplo con el SENA, universidades regionales y centros de innovación. Vincular al programa metas de empleo y equidad de género, priorizando mujeres y jóvenes rurales, comunidades étnicas y población PDET	Nariño, Cauca, Chocó y Valle del Cauca	Sostenibilidad y Compromiso Ambiental; Inclusión y Desarrollo Territorial
Programa para la Valorización Circular del Digestato/Biol y Cierre Financiero de Proyectos de Biogás	Asegurar la viabilidad económica y la sostenibilidad ambiental de los proyectos de biogás, mediante la valorización de sus subproductos (digestato y biol) como bioinsumos. El valor de estos insumos es clave para el análisis financiero y la mitigación de la huella de carbono total.	Todos (Valle del Cauca, Cauca, Nariño, Chocó)	Sostenibilidad y Compromiso Ambiental; Productividad y Competitividad; Innovación y Desarrollo Tecnológico

Fuente: elaboración UPME.

En conjunto, los programas, iniciativas y proyectos propuestos permitirían incorporar más del 70 % del potencial bioenergético no utilizado identificado en el diagnóstico, reduciendo cerca de 4,5 MtCO_{2e} para 2036 y generando muchos empleos directos e indirectos en las cadenas de valor bioenergéticas regionales. Su implementación escalonada está pensada en tres fases (2026–2028, 2029–2032 y 2033–2036), con un enfoque territorial diferencial por departamento y por tipo de biomasa.

Estos resultados refuerzan la contribución de la región del Pacífico al cumplimiento de las NDC nacionales, al tiempo que promueven el desarrollo local, la innovación tecnológica y la inclusión de comunidades rurales, étnicas y de mujeres en la cadena bioenergética.

14.2. Programas e iniciativas 1: Fortalecimiento de la Cadena de Biocombustibles Líquidos

El enfoque se centra en mantener la competitividad de los biocombustibles actuales y abrir la puerta a nuevas materias primas y tecnologías avanzadas; se busca, de igual forma, generar articulación interna en la UPME, de modo que los programas que se viabilicen puedan ser incluidos también en los avances del PIACL. Se presentan a continuación algunas iniciativas de programas e iniciativas en los 4 departamentos del Pacífico colombiano sobre los biocombustibles líquidos (ver **Tabla 34**).

Tabla 34. Iniciativas para los 4 departamentos sobre los biocombustibles líquidos

Programa/Iniciativa	Descripción y Justificación	Departamentos Foco	Ejes Estratégicos Vinculados
Programa de mantenimiento y mejoramiento de la producción de bioetanol Sostenible	Iniciativa para asegurar la optimización operativa de la capacidad instalada de bioetanol de caña de azúcar en el Valle del Cauca. Incluye ampliaciones de infraestructura, el desarrollo e implementación futura de materias primas de segunda generación en el corto, mediano y largo plazo.	Valle del Cauca, Cauca	Innovación y Desarrollo Tecnológico; Productividad y Competitividad.
Programa para la evaluación y control de la calidad de los dos biocombustibles como una iniciativa regional	Se ha planteado a nivel nacional un programa con estas características que blinde la cadena de producción, transporte y uso de estos biocombustibles; y que este sea uno de los insumos importantes a consolidar para un mayor desarrollo de los biocombustibles. La intencionalidad de la propuesta de un trasciende lo actualmente establecido en la regulación de calidad definida por el Ministerio de Minas y Energía (MME). Esta iniciativa no parte de cero, dado que en el país existen antecedentes técnicos y regulatorios asociados al diseño de un Programa Nacional de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) de biocombustibles y de sus mezclas con combustibles fósiles, los cuales podrían ser retomados y actualizados a la luz del estado actual de la industria y su prospectiva. En este sentido, el programa como iniciativa regional podría sentar bases técnicas, operativas e institucionales para su eventual implementación a escala nacional, constituyéndose en un insumo pertinente y oportuno frente al crecimiento esperado del sector y contribuyendo a generar mayor confianza y tranquilidad en los distintos agentes de la cadena de combustibles y biocombustibles.	Valle del Cauca, Cauca	Productividad y Competitividad.

Programa/Iniciativa	Descripción y Justificación	Departamentos Foco	Ejes Estratégicos Vinculados
Iniciativa de implementación de tecnologías Flex	Iniciativa para la implementación regional de un programa piloto de uso vehículos con tecnologías flex, teniendo como punto partida las experiencias aprendidas en el país e internacionales sobre esta temática.	Valle del Cauca, Cauca	Innovación y Desarrollo Tecnológico; Productividad y Competitividad.
Planta de Biodiésel de Mediana Escala en Nariño	Estructuración técnica, social y financiera para la posible construcción de una planta de biodiésel de mediana escala en Nariño (foco Tumaco). Clave para la soberanía energética y el desarrollo rural del Pacífico sur.	Nariño	Inclusión y Desarrollo Territorial; Productividad y Competitividad
Estudio de factibilidad de producción de biocombustibles líquidos avanzados	Evaluación técnica y financiera que complemente los actuales estudios de prefactibilidad para la producción de Diésel Renovable y Combustibles Sostenibles de Aviación (SAF) a partir de materias primas regionales. Este paso es esencial para la visión post- e indispensable en el mediano plazo. Identificar potencialidades de que la región sea proveedora de materias primas o productora final de este tipo de bioenergéticos. Alinear con hoja de ruta de SAF de la Aerocivil	Valle del Cauca, Nariño	Innovación y Desarrollo Tecnológico; Productividad y Competitividad

Fuente: elaboración UPME.

14.3. Programas e iniciativas 1: Biogases y Vectores Intermedios

Este eje busca aprovechar el alto potencial de los biogases (principalmente biogás/biometano) y sienta las bases para el desarrollo de gases avanzados; se busca de igual forma generar articulación interna en la UPME de tal forma que los programas que se viabilicen puedan ser incluidos también en los avances del ETPAGN y el PNSL. En la siguiente **Tabla 35** se presentan algunas iniciativas orientadas al desarrollo de los biogases y vectores intermedios.

Tabla 35. Iniciativas para los 4 departamentos sobre los biocombustibles gaseosos

Programa/Iniciativa	Descripción y Justificación	Departamentos Foco	Ejes Estratégicos Vinculados
Programa de Biometano Industrial de Vinazas	Iniciativa clave para estructurar la inversión que permita la purificación (upgrading) del biogás potencial de vinazas (sector azucarero) para su inyección como gas a la red. El potencial de producción del sector azucarero es de más de 50 millones de m3/año en el Pacífico Colombiano (Cauca y Valle del Cauca); revisar el impulso de proyectos por planta. Esto requiere el blindaje regulatorio de para atraer capital.	Valle del Cauca, Cauca	Innovación y Desarrollo Tecnológico; Sostenibilidad y Compromiso Ambiental
Programa de aprovechamiento de potenciales de producción de biogás y/o biometano en PTARs de los 4 departamentos.	Enmarcar con todas los lineamientos de las entidades nacionales y territoriales que tienen competencia con las PTARs.	Todos	Sostenibilidad y Compromiso Ambiental;
Programa de aprovechamiento de potenciales de producción de biogás y/o biometano en rellenos sanitarios de los 4 departamentos.	Enmarcar con todas los lineamientos de las entidades nacionales y territoriales que tienen competencia con los rellenos sanitarios y proyectan acciones de migración a parques tecnológicos ambientales	Todos	Sostenibilidad y Compromiso Ambiental;
Programa de biogás/biometano industrial de residuos de palma	Iniciativa para que todas las extractoras de aceite de palma produzcan biogás a partir de sus residuos. Meta máxima 2030.	Nariño y Chocó	Innovación y Desarrollo Tecnológico; Sostenibilidad y Compromiso Ambiental

Programa/Iniciativa	Descripción y Justificación	Departamentos Foco	Ejes Estratégicos Vinculados
Programa Piloto “Biogás Comunitario Rural”	Programa de Implementación de: i) biodigestores de pequeña escala en hogares rurales en Nariño, Chocó y Cauca como alternativa a hogares que usan leña para cocción. Meta por departamento: 300 biodigestores entre 2026 a 2030 y 600 biodigestores entre 2030 a 2036; ii) biodigestores de pequeña y mediana escala en fincas pecuarias y micro-agroindustrias en Nariño, Chocó, valle del Cauca y Cauca. Meta por departamento: 200 biodigestores entre 2026 a 2030 y 400 biodigestores entre 2030 a 2036; Este biogás podrá ser destinado principalmente a la generación de calor, electricidad, cocción e iluminación. Esto valida el modelo de equidad y desarrollo territorial. Las materias primas para estos proyectos pueden incluir todos los potenciales identificados en el marco del presente Plan de los sectores agrícola, pecuario, urbanos etc, con posibilidades de la utilización de mezclas de ellas por codigestión por el ejemplo la utilización de pastos con estiércol u otros residuos agrícolas, lo cual es considerada una estrategia común que aprovecha las fortalezas de varias materias primas, resultando en una solución equilibrada y a menudo más competitiva que el uso único de cualquiera de ellas. El mecanismo Obras por Impuestos 4.0 podría en este caso aplicar.	Cauca, Nariño, Chocó	Inclusión y Desarrollo Territorial; Sostenibilidad y Compromiso Ambiental.
Fomento de la Cogeneración con Residuos Secos/ Húmedos	Promoción de proyectos en la agroindustria palmera y arroceras (Chocó, Nariño) que utilizan residuos (raquis, cascarilla y otros residuos) para la cogeneración y evalúan el potencial de (termoconversión). La transformación de las materias primas (pellets, briquetas) y/o aplicaciones de gasificación/pirolisis/ combustión pueden llegar a ser clave el potencial aprovechamiento de la bioenergía definida como posible en el presente Plan (vector intermedio clave para la visión).	Chocó, Nariño, Valle del Cauca	Productividad y Competitividad; Innovación y Desarrollo Tecnológico

Fuente: elaboración UPME.

14.4. Programas e iniciativas 1: Bioenergía sólida moderna y soluciones térmicas

Este eje se concentra en el aprovechamiento eficiente de biomasa sólida para usos térmicos y en la reducción de la dependencia de la leña como insumo de bioenergía tradicional. Se busca, de igual forma, generar articulación interna en la UPME, de modo que los programas que se viabilicen puedan ser incluidos también en los avances del PNSL. Al igual que para la bioenergía moderna líquida y gaseosa, en el mismo sentido se presentan para la bioenergía moderna sólida (ver Tabla 36).

Tabla 36. Iniciativas para los 4 departamentos sobre los biocombustibles sólidos

Programa/Iniciativa	Descripción y Justificación	Departamentos Foco	Ejes Estratégicos Vinculados
Programa de mejoramiento de trapiches	Programa de mejoramiento de trapiches que usen hornos o calderas mejorados tecnológicamente en la industria de la caña panelera. Revisar actual estado y enmarcar necesidades regulatorias más allá de las actuales posibilidades de la Ley 1715 de 2014	Todos	Inclusión y Desarrollo Territorial
Programa integral de cocción limpia	Ejecución de consultoría para evaluar la viabilidad de la construcción de 4 plantas de producción de estufas ecoeficientes para cada departamento que permita sustentar demanda de los respectivos proyectos que se definan en las actualizaciones del PNSL y que busquen trayectorias ambiciosas como las propuestas por la IEA, pero que se puedan materializar en el contexto de los 4 departamentos del Pacífico colombiano.	Chocó, Nariño, Cauca, Valle del Cauca	Inclusión y Desarrollo Territorial; Sostenibilidad y Compromiso Ambiental
	Apoyo colaborativo del Pibe Pacífico en los proyectos piloto de sustitución de leña con estufas ecoeficientes en comunidades étnicas y rurales. Prioriza la salud pública (reducción de material particulado) y la equidad energética. Articulación con el PNSL y el Pibe Pacífico bajo escenarios de la IEA bajo fundamentos del uso de la migración del uso de bioenergía moderna en lugar de la tradicional.	Chocó, Nariño, Cauca, Valle del Cauca	Inclusión y Desarrollo Territorial; Sostenibilidad y Compromiso Ambiental
Programa integral de cocción limpia	Ejecución de consultoría de viabilidad técnico, económica y social para la sustitución de leña con biodigestores en comunidades étnicas y rurales. Prioriza la salud pública (reducción de material particulado) y la equidad energética. Articulación con el PNSL y el Pibe Pacífico bajo escenarios de la IEA	Chocó, Nariño, Cauca, Valle del Cauca	Inclusión y Desarrollo Territorial; Sostenibilidad y Compromiso Ambiental

Programa/ Iniciativa	Descripción y Justificación	Departa- mentos Foco	Ejes Estratégicos Vinculados
Centro de Excelencia en Termoconversión y transformación de materias primas locales	Creación de un centro de articulado con la academia regional para la caracterización de biomasa y el desarrollo de tecnologías de (termoconversión) o complemento de las actuales infraestructuras que tienen las Universidades de la Región. El objetivo es optimizar el aprovechamiento bioenergético territorial a partir de residuos reales para este fin.	Todos	Innovación y Desarrollo Tecnológico; Productividad y Competitividad
Plataforma de gestión y logística de biomasa residual y subproductos	Desarrollo de una plataforma georreferenciada para la gestión y logística de biomasa sólida (pellets, briquetas, astillas). Busca articular la oferta descentralizada (Nariño, Chocó) con la demanda térmica industrial (Valle del Cauca), impulsando un mercado regional de renovables.	Todos	Gobernanza y Articulación Institucional; Productividad y Competitividad
Programa de identificación de acopios de biomasa a nivel subregional	Estudio que permita identificar posibilidades de la generación, transporte y acopio de residuos y subproductos que pueden ser aprovechados para generar energía; ir más allá de la barrera sobre la dispersión de las biomásas en los territorios y plantear para estos casos alternativas descentralizadas a diferentes escalas pequeñas o medianas que puedan ser una solución.	Todos	Gobernanza y Articulación Institucional; Productividad y Competitividad
Programa de aprovechamiento de cultivos forestales comerciales y sus residuos en la generación de energía	<p>Dar un salto del estado actual de aprovechamiento de los potenciales recursos forestales que pueden materializarse para la generación de energía bajo criterios de sostenibilidad y transparencia. El Pibe Pacífico propone lineamientos que toman referentes internacionales bajo criterios estrictos de sostenibilidad, no deforestación, desarrollo social etc.</p> <p>En el marco de este programa es deseable una hoja de ruta regional con proyección nacional sobre el desarrollo y aprovechamiento forestal y sus residuos con aplicaciones energéticas.</p>	Todos	Gobernanza y Articulación Institucional; Productividad y Competitividad

Fuente: elaboración UPME.

Los programas e iniciativas del PIBE Pacífico son instrumentos dinámicos, sujetos a actualización y validación periódica por las instancias de gobernanza definidas en la Sección 12. Su ejecución articulada con los planes territoriales de desarrollo, las políticas sectoriales de energía y ambiente, y los fondos de fomento existentes (FENOGE, SGR, OCAD, FAZNI, Obras por Impuestos 4.0, etc) garantizará la sostenibilidad institucional y financiera del proceso. En conjunto, esta sección materializa el tránsito de la planeación indicativa hacia la acción transformadora, posicionando al Pacífico colombiano como pionero nacional en bioenergía moderna y en economía circular territorial.

SECCIÓN 15 - CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS

15.1. Conclusiones

Aspectos generales:

- Bajo el fundamento estratégico de seguridad y soberanía energética, el objetivo permanente del país en cabeza del MME, además de la transición energética, es garantizar que la energía que consumen los territorios (incluida la bioenergía) provenga de recursos nacionales, producidos de forma sostenible, con participación local y sin depender de factores externos.
- El Plan orienta el desarrollo bioenergético, no hacia la promoción de la expansión descontrolada de frontera agrícola, sino hacia la intensificación sostenible, la optimización del uso del suelo, y el aprovechamiento prioritario de residuos, subproductos y biomásas existentes.
- El Plan Indicativo de Bioenergía del Pacífico (PIBE Pacífico) es un instrumento técnico y prospectivo de carácter indicativo, elaborado con el propósito de aportar lineamientos, metodologías y evidencia territorial que fortalezcan la formulación de políticas, programas y proyectos de bioenergía en la región del Pacífico colombiano y ser un referente de planeación bioenergética para las demás regiones del país.
- El Plan se propone que sea un insumo regional útil para alimentar tres frentes de política: i) Decreto 670 de 2025 (Basura Cero), ii) actualización de la Hoja de Ruta de la TEJ, iii) planes indicativos sectoriales de la UPME como el PEN, el PIACL, el PNSL y el ETPAGN.
- Su contenido no tiene fuerza vinculante, pero constituye una referencia metodológica y estratégica que puede ser considerada total o parcialmente por las entidades competentes —en especial el Ministerio de Minas y Energía (MME), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT), el Departamento Nacional de Planeación (DNP), y otras entidades nacionales y territoriales relacionadas con la gestión energética, ambiental y productiva—, así como por el sector productivo y la academia, cuyo rol es esencial para la investigación aplicada, la innovación tecnológica y la implementación de soluciones bioenergéticas sostenibles en la región del Pacífico colombiano.
- El PIBE Pacífico se alinea, en el contexto regional, con los principios de la Transición Energética Justa (TEJ) y con los compromisos de Colombia en el marco de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) y del Plan Energético Nacional (PEN), manteniendo coherencia con las acciones previstas en el Plan de Acción del Decreto 670 de 2025 (Programa Basura Cero). En este contexto, y conforme a lo dispuesto en dicho decreto, el Plan reconoce la importancia del aprovechamiento energético de residuos sólidos ordinarios y especiales, incluidos aquellos provenientes de rellenos sanitarios y otras corrientes residuales susceptibles de valorización energética. En estos procesos, la UPME ha aportado metodologías, información técnica y capacidades institucionales que este Plan consolida y pone a disposición como insumo de referencia para las entidades competentes, en particular,

temáticas relativas a los reportes periódicos sobre potenciales de generación de energía a partir de biomasa y los planes indicativos de bioenergía regionalizados con integralidad nacional.

- El PIBE Pacífico demuestra desde las evidencias identificadas en los cuatro departamentos del Pacífico colombiano, que la bioenergía puede llegar a ser un componente esencial de la seguridad, diversificación y resiliencia energética del país, y un motor de desarrollo territorial y de economía circular. Su implementación progresiva, con la participación del sector productivo, la academia y los gobiernos locales, permitirá reducir emisiones, impulsar la innovación tecnológica y generar una expectativa significativa de empleo e ingresos sostenibles, con equidad territorial y participación comunitaria.

- A través de sus cuatro ejes estratégicos y las iniciativas de programas indicativos, el Plan ofrece un marco flexible de acción pública y privada, adaptable a distintos escenarios institucionales y territoriales, y promueve una visión integral de la bioenergía como eje de bienestar, competitividad e innovación para el Pacífico colombiano.

- Fortalecer la planeación territorial de la bioenergía resulta clave para avanzar en esta dirección. La disponibilidad de información actualizada y verificable sobre biomasa es la base para una toma de decisiones técnica y eficiente. En este contexto, el Observatorio Colombiano de Bioenergía (OBCO), desarrollado en el marco del PIBE Pacífico, constituye un hito institucional y técnico que materializa la visión de un sistema regional de información bioenergética. Esta plataforma integra datos georreferenciados sobre disponibilidad y potencial energético de las biomásas priorizadas en la región, permitiendo visualizar su distribución, evaluar su aptitud tecnológica y apoyar la formulación de proyectos sostenibles.

- Se espera por parte de la UPME mantener y fortalecer el OBCO como herramienta permanente de planeación y seguimiento, ampliando progresivamente su cobertura a nivel nacional y consolidándolo como un Observatorio Nacional de Biomasa y Bioenergía, articulado con los sistemas oficiales de información y con las agendas de desarrollo productivo regional.

- Sobre la evolución de los potenciales técnicos bioenergéticos identificados: Los potenciales técnicos bioenergéticos estimados, tanto de bioenergía utilizada como no utilizada, para la región del Pacífico corresponden a una línea base para el período 2018–2023, definida a partir de supuestos conservadores respecto de los potenciales teóricos identificados. En este contexto, las proyecciones 2026–2036 (tendencial y potencial/políticas) desarrolladas en el presente Plan indican que dichos potenciales podrían incrementarse en este horizonte, en función de la actualización de información primaria, la mejora de las eficiencias tecnológicas y agronómicas, el desarrollo de escalas de producción y el fortalecimiento del marco institucional, regulatorio y de la articulación territorial y logística. Al respecto se consideran los siguientes factores diferenciadores:

- Biogás/biometano: En el caso del biogás y el biometano, los potenciales técnicos podrían aumentar mediante: (i) la mejora y actualización de la información primaria sobre la generación y caracterización de residuos orgánicos de origen municipal, agroindustrial y pecuario; (ii) el incremento de las eficiencias de conversión asociado a tecnologías más robustas y a una mejor operación de los sistemas, así como el aumento de las eficiencias agronómicas en los sistemas de cultivo; (iii) el desarrollo de proyectos de mayor escala o esquemas asociativos que integren múltiples fuentes de residuos; y (iv) el fortalecimiento de los instrumentos regulatorios y de política pública vinculados a la gestión integral de residuos, el aprovechamiento energético y los esquemas de valorización del biogás y el biometano.

- Residuos sólidos con aprovechamiento energético: Para el aprovechamiento energético de residuos sólidos, se identifica un potencial de crecimiento asociado principalmente a: (i) una caracterización más precisa y actualizada de los flujos de residuos, en coherencia con los objetivos de Basura Cero y economía circular; (ii) la incorporación de tecnologías

de pretratamiento, separación y conversión con mayores eficiencias, así como el aumento de las eficiencias agronómicas en los sistemas de cultivo; (iii) la consolidación de escalas regionales de tratamiento que superen las limitaciones técnicas de proyectos aislados; y (iv) mejoras en la articulación institucional y logística entre municipios, operadores de aseo y gestores de residuos, que permitan asegurar una oferta estable y técnicamente aprovechable.

- **Biomasa forestal y residuos lignocelulósicos:** En el caso de la biomasa forestal y los residuos lignocelulósicos, los potenciales técnicos podrían incrementarse a partir de: (i) inventarios forestales y agroforestales más detallados y actualizados, incluyendo residuos actualmente no aprovechados; (ii) mejoras en las tecnologías de conversión térmica y termoquímica, que permitan una mayor eficiencia energética; (iii) el desarrollo de encadenamientos productivos y escalas de aprovechamiento compatibles con las condiciones del territorio; y (iv) una mejor articulación logística para el acopio, transporte y acondicionamiento de la biomasa, reduciendo restricciones técnicas asociadas a la dispersión geográfica y a la baja densidad energética.

- **Biocombustibles líquidos:** Para los biocombustibles líquidos, los potenciales técnicos podrían ampliarse mediante: (i) una mayor disponibilidad de información primaria sobre rendimientos productivos y subproductos aprovechables; (ii) mejoras tecnológicas en los procesos de transformación que incrementen la eficiencia y reduzcan pérdidas, así como el aumento de las eficiencias agronómicas en los sistemas de cultivo; (iii) el desarrollo de esquemas productivos integrados y a mayor escala que fortalezcan la viabilidad técnica; y (iv) el fortalecimiento del marco normativo y de política pública que asegure la no competencia con la seguridad alimentaria, el respeto por las restricciones de uso del suelo y la sostenibilidad ambiental de las cadenas productivas.

- En coherencia con la Ley 1715 de 2014, se concluye que los desarrollos regulatorios y los procesos de armonización normativa en bioenergía se sugiere reconozcan de manera expresa a las biomásas residuales y a los subproductos como potenciales Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER). Este reconocimiento no redefine el marco legal vigente, sino que precisa su aplicación, atendiendo a las barreras técnicas, regulatorias y de mercado que han limitado su incorporación efectiva. La recomendación es consistente con el enfoque de la Agencia Internacional de Energía (IEA), que utiliza la categoría de “no convencional” para referirse a fuentes que requieren un impulso regulatorio específico para su despliegue, y contribuiría a fortalecer la seguridad y soberanía energética regional, así como los objetivos de transición energética justa y economía circular.

- El desarrollo de la bioenergía moderna y tradicional en la región y en el país a 2036 puede alcanzar trayectorias similares a las de la IEA siempre y cuando se tomen medidas de política pública y energética al igual que la participación y empuje de los sectores productivos de tal forma que se logren mayores aprovechamientos de las biomásas.

- La adopción de tecnologías modulares puede dinamizar la producción descentralizada y aumentar la autonomía energética en zonas rurales y ser una solución a los cuellos de botella relacionados con la dispersión de las biomásas que pueden ser utilizadas en aplicaciones bioenergéticas. En este marco, resulta esencial promover esquemas de bioenergía asociativa, donde comunidades productoras, cooperativas y pequeños agricultores participen en los beneficios económicos y ambientales de la valorización de residuos.

- La región posee un potencial bioenergético significativo, proveniente mayoritariamente de residuos y subproductos agrícolas y pecuarios. El Valle del Cauca y el Cauca concentran el mayor porcentaje de este potencial, impulsado en gran medida por la agroindustria de la caña de azúcar, la caña panelera y el sector pecuario.

- El Escenario E3 (Aprovechamiento Pleno) proyecta que la región podría incorporar a 2036 incrementos significativos de aprovechamiento energético, con un potencial adicional superior 33 mil TJ/año (43 % más) respecto a la línea base, que es E1 (76 mil TJ/año). Respectivamente,

a 2036 la línea base de mitigación de GEI del E1 podría ser de 3 Mton CO_{2e}/año y en el E3 podría ser de 4,3 Mton CO_{2e}/año

- Existe la necesidad de un marco normativo proactivo para la bioenergía moderna sostenible (líquida, sólida y gaseosa) que incluya al bioetanol, biodiésel, el biogás, biometano y los recursos sólidos (biomasas, forestales comerciales), pero también se requiere incluir de manera paralela a la potencial industria del diésel renovable y de los biocombustibles de aviación que generen grandes beneficios a los territorios y al país en términos económicos, sociales y ambientales. Lo anterior como una iniciativa regional para ser implementada a nivel nacional.

- Teniendo presente que el aprovechamiento de los residuos agrícolas, forestales y pecuarios en la región del Pacífico colombiano y en general en todo el país ha sido muy bajo estadísticamente, se plantea la necesidad de articular mayores esfuerzos entre los sectores productivos de cadenas de valor involucradas, las entidades territoriales y nacionales y las comunidades.

Bioenergía moderna líquida:

- El desarrollo de los biocombustibles líquidos en la región y en el país debe orientarse a garantizar estrictamente la no competencia con la seguridad y la soberanía alimentaria.

- Ya es un reto mantener mezclas B10 y bioetanol E10 en el país entre 2023 y 2036, puesto que esto implica en ambos casos, un aumento de la oferta en un 20% aproximadamente, lo cual implicaría necesariamente desde ahora la planeación de proyectos de ampliación, nuevas plantas y habilitar las infraestructuras que no están operativas actualmente. Etanol bajo el fundamento de seguridad u soberanía energética que permita usar el mayor porcentaje posible de este biocombustible de producción nacional.

- El crecimiento de la bioenergía moderna líquida en el territorio y en el país impulsará en gran medida el crecimiento de la bioenergía moderna sólida y gaseosa.

- Para lograr proyectar mezclas superiores al 10% del biodiésel y el bioetanol respectivamente con diésel y gasolina fósil, será necesario que los sectores avancen en tener cada vez mayores eficiencias de las materias primas por hectárea y alinearse con los condicionales y restricciones de crecimiento posible de la frontera agrícola para estos cultivos, lo cual debe estar ajustado a las directrices del MADR. Se requiere para esto que la política pública y energética sobre los dos biocombustibles avance decididamente.

Bioenergía moderna gaseosa:

- Los resultados logrados permiten confirmar un potencial bioenergético significativo para la producción de biogás y biometano, lo cual se convierte en una oportunidad para un mayor desarrollo energético en la región del Pacífico y en el país, lo cual pone de manifiesto la importancia de la bioenergía en el país y los territorios.

- De acuerdo a las consideraciones de utilización y aprovechamiento de los biogases en el periodo 2018-2023, la proyección definida como “potencial/políticas” es significativamente alta, ya que permite un fácil acercamiento a las trayectorias de los escenarios de la IEA para la bioenergía moderna gaseosa.

- Los análisis del presente Plan sugieren que el tratamiento actual del biogás como Servicio Público Domiciliario en el marco de la Ley 142 de 1994 sea replanteado, mientras persistan vacíos técnicos y regulatorios debido a diversas limitaciones técnicas y normativas, lo cual señala la necesidad de armonizar los propósitos de la Resolución CREG 240 de 2016. En su lugar, el biogás puede ser considerado un bioenergético susceptible de gestión sostenible y efectiva, de acuerdo con los lineamientos de política pública y energética que defina el Ministerio de Minas y Energía, la CREG y las autoridades competentes. Para efectos técnicos de referencia, pueden consultarse normas internacionales como la UNE-EN ISO 20675:2022 y sus actualizaciones.

- Es fundamental precisar que los análisis y recomendaciones presentados no constituyen un retroceso a lo señalado en la Resolución CREG 240 de 2016. Por el contrario, buscan fortalecer su implementación garantizando los principios de seguridad, calidad y eficiencia que rigen los servicios públicos domiciliarios bajo la Ley 142 de 1994.

- Los resultados indican en términos de potenciales técnicos de producción de biogás y biometano en la región del Pacífico colombiano, que el sector agrícola tiene la mayor participación (56 %), seguido por el sector pecuario (33%), urbano (10%) e industrial (1%).

- Dado que actualmente existe un uso del biogás a partir de biomasas en la región por ruta bioquímica, los resultados sugieren que se pueda proyectar una mayor producción de biogás (y potencialmente el biometano), a partir de un mayor aprovechamiento de las biomasas residuales que incluyen residuos urbanos y subproductos de las diversas cadenas de valor antes mencionadas con alto potencial bioenergético, sin entrar en detrimento de las demás aplicaciones tales como el compost y la dieta animal.

- La producción de biometano a partir de biomasas por ruta termoquímica se viene posicionando como una alternativa complementaria a la ruta bioquímica para diversificar los procesos, materias primas y escalas de producción.

- Se identifican oportunidades técnicas para promover la revisión por parte de las autoridades competentes, ampliar, complementar y armonizar los aspectos regulatorios y normativos de calidad actuales sobre el biogás y/o biometano y de esta manera evitar que estos se conviertan en barreras para la implementación de los potenciales de producción de estos. Tales acciones con el objetivo de lograr un mayor desarrollo progresivo, ordenado y sostenible del biogás y el biometano en el país y los territorios y sean habilitantes para estructurar una política energética sobre estos dos bioenergéticos que sea vinculante a las entidades del sector minero energético y otras entidades que dentro de su misionalidad tienen incidencia directa sobre potencial producción, distribución y comercialización de estos bioenergéticos.

- Se recomienda que, en el desarrollo e implementación del plan de acción del Programa de Basura Cero, se puedan alinear las consideraciones aquí presentadas en el marco del PIBE Pacífico. Lo anterior, con el objetivo de lograr un mayor desarrollo progresivo, ordenado y sostenible del biogás y el biometano en el país y los territorios y sean habilitantes para el deseado desarrollo de las políticas públicas en materia energética sobre estos dos bioenergéticos.

- En el corto plazo, una “Hoja de Ruta para Biogases” en el país es deseable en la que se incluyan no solo el biogás y el biometano, sino también otros potenciales gases renovables principalmente como el biosyngas, el biopropano y el hidrógeno procedente de biomasas. Dicha hoja de ruta deberá ser liderada por el Ministerio de Minas y Energía y articulada con las entidades del sector, con base en los insumos técnicos que genere la UPME.

Bioenergía moderna sólida y tradicional:

- Se requieren desde ya hacer ajustes a las políticas actuales bioenergéticas y agrícolas para lograr trayectorias o tendencias similares a las propuestas por la IEA sobre la bioenergía moderna sólida y tradicional.
- Escenarios que promuevan el desarrollo sostenible territorial y nacional bajo el fundamento estratégico de “soberanía energética” del presente Plan son deseables para evitar la dependencia de importaciones de combustibles y biocombustibles, fortaleciendo la autosuficiencia regional y nacional, y disminuyendo la exposición a riesgos externos como la volatilidad de precios, la variabilidad cambiaria y las interrupciones logísticas.
- La sustitución del uso de leña (como bioenergía tradicional) hacia bioenergía moderna sólida es deseable y para ello la ambición y cumplimiento de las políticas actuales como el Plan y Programa de Sustitución de Leña respectivamente de la UPME y el MME serán claves.
- Sería suficiente si se logra un empuje sectorial que permita un aprovechamiento mayor de los residuos y subproductos que generan; esto se podría lograr más fácilmente con un porcentaje de participación mayor por ejemplo las biomásas de la industria de la caña de azúcar y panelera al igual que el del arroz y esto a su vez acompañado de nuevas políticas de gobierno que incentiven el desarrollo agrícola y bioenergético.
- Un buen ejemplo para la región del Pacífico colombiano y para el país, son las políticas públicas y energéticas implementadas en otros países, como España, en donde se ha planteado aumentar los aprovechamientos de biomásas forestales dentro de un marco de gestión forestal sostenible, para mejorar el estado general de las masas arboladas, manteniendo una densidad adecuada para el desarrollo óptimo de los árboles y rebajando el volumen de biomasa total, lo que equivale a retirar energía disponible, lo cual hace parte de la estrategia para evitar potenciales incendios.
- En España, la oportunidad y necesidad de valorizar la biomasa sólida forestal está recogida en diversas normas, que especifican que los Planes de Ordenación de los Recursos Forestales deben considerar, en la caracterización socioeconómica, la presencia de instalaciones dedicadas al aprovechamiento energético de la biomasa forestal, u otras normas por ejemplo sobre incendios forestales, que establece que las comunidades autónomas deben desarrollar planes de aprovechamiento de la biomasa forestal residual existente en sus montes.
- La alta cantidad de áreas forestales con restricciones y condicionales de frontera agrícola que equivale aproximadamente del 84% en la región del Pacífico colombiano, y los ejemplos de gestión forestal de zonas de reserva en otros países como España, sugieren que es pertinente conceptuar y proyectar con las respectivas autoridades territoriales y nacionales sobre los potenciales aprovechamientos bioenergéticos sostenibles de biomásas residuales de origen forestal generadas en algunos territorios.

Enfoque territorial, ambiental y social

- En el marco de la metodología de enfoque territorial de la UPME los aspectos condicionales y de restricciones de frontera agrícola en los cuatro departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, deben ser tenidos en cuenta en todos los potenciales proyectos de producción de bioenergéticos desde el sector agrícola. Lo anterior permitirá blindar el cumplimiento de requerimientos que incluyen aspectos ambientales, étnico-culturales, y de riesgo de desastres.
- Bajo criterios fundamentales de sostenibilidad para el aprovechamiento de la bioenergía moderna sólida, se debe tener en cuenta que toda actuación derivada de la información antes señalada deberá cumplir con la normatividad ambiental, social y territorial aplicable, en el marco de las competencias de las autoridades correspondientes. Lo anterior teniendo presente que

en la actualidad la gestión del recurso forestal es muy tema muy sensible y por lo tanto las acciones de aprovechamientos bioenergéticos deberán ir orientadas a tener un extremado cuidado por el recurso forestal.

- La gestión integral del recurso hídrico constituye un criterio técnico para el desarrollo de proyectos bioenergéticos, los cuales necesariamente deben garantizar la preservación de cuencas hidrográficas estratégicas, humedales y páramos, que sustentan los servicios ecosistémicos y la resiliencia ambiental regional.

- El principio de ordenamiento territorial alrededor del agua establece el marco de sostenibilidad que orienta la implementación del PIBE Pacífico, garantizando que la transición energética justa y la bioeconomía regional se desarrollen de manera incluyente, culturalmente respetuosa y funcionalmente sostenible.

- Los proyectos deben fundamentarse en principios de sostenibilidad y alinearse con los condicionales y restricciones de la frontera agrícola de los territorios, asegurando la primacía de los usos alimentarios del suelo. En este sentido, las políticas públicas que se definan respecto a las Áreas de Protección para la Producción de Alimentos (APPAs, figura de ordenamiento territorial en Colombia creada para proteger tierras aptas para la agricultura y garantizar la seguridad alimentaria) deben armonizarse con la producción de bioenergéticos.

- Asimismo, la producción de bioenergía puede encontrar en las APPAs importantes focos de desarrollo de bioenergía bajo esquemas de economía circular y el aprovechamiento de residuos, siempre que se preserve su función principal de protección alimentaria.

- Los actores que producen las biomasa tienen alternativamente posibilidades de convertirse en productores y/o proveedores de materias primas para la producción bioenergéticos como el biogás y/o biometano a diferentes escalas.

- La adopción del enfoque territorial en los estudios, planes y proyectos energéticos, lo que implica que las dimensiones social, ambiental, étnica, cultural y de género deben estar presentes en la planificación bioenergética del Pacífico. De igual forma, este enfoque territorial requiere la incorporación de la gestión del riesgo climático, el riesgo con el recurso hídrico y el riesgo de desastres en la estructuración de proyectos, dada la alta vulnerabilidad de la región a inundaciones, deslizamientos y variabilidad climática

Visión de Largo Plazo (Post-2036)

El PIBE Pacífico es el cimiento de una transformación estructural más profunda. Su éxito en el horizonte permitirá la alineación con las metas de Carbono Neutralidad (después de 2050) y el posicionamiento de la Región Pacífico como uno de los vectores energéticos avanzados a nivel nacional.

- **Ruta Química Avanzada:** El desarrollo de la (Eje 3) y la de (Eje 2) son cruciales. Esto contribuirá a la viabilidad de la producción comercial de diésel renovable y de biocombustibles de aviación, utilizando la bioenergía y sus posibilidades de desarrollo como precursor intermedio. Estos bioenergéticos avanzados podrán convertirse en opciones energéticas una vez que se consolide la cadena de suministro de biomasa. Lo anterior podrá habilitar la producción comercial de diésel renovable y de biocombustibles de aviación (SAF), mediante tecnologías de conversión de gas a líquido (GtL), específicamente la ruta Fischer-Tropsch (FT), utilizando el gas de síntesis de origen bio (biosyngas) proveniente de la gasificación de biomasa lignocelulósica como precursor intermedio. Las rutas de diésel renovable y SAF dependerán de la consolidación previa de cadenas de valor de biogás / biometano y bioenergía

sólida que el PIBE Pacífico está priorizando.

- **Seguridad y soberanía Energética:** La consolidación de la capacidad de generación eléctrica y calor distribuidas a partir de bioenergía garantizará la autonomía y resiliencia energética del Pacífico, reduciendo la dependencia de la matriz nacional y los combustibles fósiles.
- **Bioeconomía Circular Consolidada:** La valorización integral de los residuos permitirá la articulación completa entre la industria del bioetanol y el biodiésel (bioenergía líquida moderna) y el aprovechamiento de las grandes cantidades de bioenergía gaseosa y sólida modernas, posicionando a la región como un modelo de desarrollo bajo en carbono y de justicia ambiental para el resto del país.

15.2. Próximos pasos:

El carácter indicativo del PIBE Pacífico demanda acciones voluntarias inmediatas con un enfoque colaborativo como se presenta a continuación:

Tabla 37. Acciones críticas voluntarias en el corto o mediano plazo con actor líder sugerido

Prioridad	Próximo Paso (Acción Crítica voluntaria)	Horizonte Temporal	Actor Líder sugerido	Actor transversal sugerido
1. Adopción y Blindaje Institucional	Adopción total o parcial del PIBE Pacífico mediante un acto administrativo (Resolución) del MME y/o un Memorando de Entendimiento interinstitucional, involucrando al MME, UPME, DNP, las cuatro Gobernaciones y las CARs.	Corto Plazo (2026-2030)	MME (Dirección o Viceministerio)	UPME, DNP, Gobernaciones. CARs
2. Planes de bioenergía regionalizados con integralidad nacional, con participación activa del sector productivo, la academia y los gobiernos locales, para asegurar pertinencia territorial y sostenibilidad técnica	Elaboración de planes de bioenergía regionalizados en el resto del país (Orinoquia, Caribe, Amazonía, insular y Andina). Se propone en el marco del Decreto Basura cero avanzar con esta iniciativa de manera conjunta con el MME, MinVivienda y la UPME. La estrategia debe incluir que se pueda garantizar la actualización periódica estos planes incluidos el Pibe Pacífico con una integralidad nacional, en función de los avances tecnológicos, regulatorios e institucionales.	Corto-Mediano Plazo (2026-2031)	UPME,	MME, MinVivienda

Prioridad	Próximo Paso (Acción Crítica voluntaria)	Horizonte Temporal	Actor Líder sugerido	Actor transversal sugerido
3. Plan Nacional de bioenergía	El Plan de Bioenergía Nacional genera directrices de política pública en materia energética y periódicamente tomará la información de los planes regionalizados	Corto Plazo (2026-2027)	UPME	MME
4. Desbloqueo Regulatorio de Biogases	Creación de la Hoja de Ruta complementaria a los lineamientos actuales del MME, con énfasis en la revisión de la normativa para asegurar la planificación de biogás y el biometano en el corto y Mediano Plazo y los demás biogases en el largo plazo.	Corto Plazo (2026-2030)	MME	CREG, UPME, CRA, MinVivienda, MinAmbiente
5. Fortalecimiento de Biocombustibles Sostenibles	Desarrollo de un Plan de Sostenibilidad y Cadena que dé señales claras de continuidad regulatoria, que evalúe la viabilidad de iniciativas industriales en Nariño y otros territorios del Pacífico, garantizando la no competencia con la seguridad alimentaria	Corto Plazo (2026-2030)	MME	MADS, UPME
6. Observatorio bioenergético Nacional	Mantener la actualización y difusión de la base de datos del Pacífico colombiano (con alcance progresivo nacional) de biomasa y residuos, fortaleciendo redes de conocimiento y alianzas tecnológicas con universidades y centros de investigación.	Corto Plazo (2026-2030)	UPME	MME
7. Estrategia de Financiamiento Climático	Estructurar un Portafolio de Inversión (Público-Privada) para proyectos PIBE Pacífico con enfoque en el cambio climático, priorizando el acceso a fondos internacionales y nacionales para industrial y proyectos de comunitario.	Corto Plazo (2026-2030)	DNP	MADS, CRAs

Prioridad	Próximo Paso (Acción Crítica voluntaria)	Horizonte Temporal	Actor Líder sugerido	Actor transversal sugerido
8. Desarrollo de Capacidades Territoriales	Fomentar la Articulación Academia-Sector productivo para en (producción de biogás) y la creación de un Programa de Formación Comunitaria en gestión de en biogás. Adicionalmente el desarrollo de capacidades en la gestión de biomasas residuales, alistamiento de estas para aumentar su eficiencia en procesos de transformación energética, así como capacidades enfocadas a la producción de combustibles sostenibles de aviación.	Corto Plazo (2026-2030)	MME	Universidades Regionales y otras entidades académicas y del sector productivo
9. Implementación de Proyectos Ancla de Equidad	Articular con el PNSL la ejecución de iniciativas de cocción limpia en los cuatro departamento, con enfoque de mujer y género como catalizadores de inclusión social y reducción de la pobreza energética.	Corto Plazo (2026-2030)	MME	Gobernaciones.
10. Aprovechamiento de residuos de otras cadenas de valor	Estudios de viabilidad técnico, económica y social de residuos de cadenas de valor no incluidos en el presente PIBE Pacífico como coco, cacao, maní, sorgo y cebada, yuca, soya, camelina, jatropha, pastos para la producción de bioenergía moderna que beneficie a las comunidades del Pacífico colombiano	Corto Plazo (2026-2030)	MME	Gobernaciones, UPME

Fuente: elaboración UPME.

15.3. Mensaje Final

El PIBE Pacífico es una contribución técnica y estratégica de origen regional al proceso nacional de transición energética, que promueve la cooperación entre instituciones públicas, el sector productivo, la academia y las comunidades para aprovechar de manera sostenible el potencial bioenergético del territorio. Aunque su adopción no sea obligatoria, el Plan constituye un insumo técnico de alto valor, replicable y articulador, alineado con el Programa Basura Cero (Decreto 670 de 2025) y con las políticas nacionales de energía limpia, economía circular y desarrollo territorial sostenible. El Pacífico colombiano se proyecta, así como un territorio pionero en bioenergía y bioeconomía, donde la ciencia, la innovación y la producción convergen para transformar los recursos locales en energía, prosperidad y bienestar para la vida. el PIBE Pacífico se consolida, así como una plataforma de aprendizaje y cooperación que podrá inspirar el desarrollo de planes de bioenergía en otras regiones del país.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia Nacional de Infraestructura. (2025). *Proyectos ANI - Modo Carretero*.

ASOCAÑA. (2025a). *Balance azucarero colombiano Asocaña 2000 - 2025 (toneladas)*. <https://www.asocana.org/modules/documentos/5528.aspx>

ASOCAÑA. (2025b). *Informe anual de Asocaña con aspectos generales del Sector Agroindustrial de la Caña de Colombia 2024-2025*. <https://www.asocana.org/modules/documentos/3/405.aspx>

Banco de la República de Colombia. (2025a). *Tasa de cambio del peso colombiano (TRM) – USD [Serie estadística]*.

Banco de la República de Colombia. (2025b). *Tasas de interés y sector financiero*.

Biofuels, D., Malik, K., Capareda, S. C., Raj Kamboj, B., Malik, S., Singh, K., Arya, S., & Kumar Bishnoi, D. (2024). *Biofuels Production: A Review on Sustainable Alternatives to Traditional Fuels and Energy Sources*. *Fuels* 2024, Vol. 5, Pages 157-175, 5(2), 157–175. <https://doi.org/10.3390/FUELS5020010>

Buitrago Tello, R. (2014). *Evaluación de los efectos ambientales de la gasolina, diesel, biodiesel y etanol carburante en Colombia por medio del análisis de ciclo de vida [Universidad Nacional de Colombia]*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/54838>

Cámara de Comercio de Cali. (2025). *Iniciativa Cluster de Bioenergía*.

CENICAÑA. (2024). *Informe Anual 2024*. https://www.cenicana.org/pdf_privado/informe_anual/ia_2024/ia_2024.pdf

CIAT, & MinEnergía. (2021). *Informe final – Estudio de factibilidad para el aprovechamiento energético del biogás en Colombia*.

CID. FEDEPALMA. (2025). *Avanzando hacia un futuro sostenible y bajo en carbono. Logros 2024 del sector palmero Colombiano*. <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/155170#page=2>

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2017). *Publicaciones del sector - modelo de costos de transporte terrestre*.

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2025). *Precios de combustibles líquidos*.

Congreso de la República de Colombia. (2018). *Ley 1931 de 2018*.

CONPES. (2022). *POLÍTICA DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA*.

CVC. (1959). *Zonas Forestales Protectoras y Bosques de Interés General (Ley 2a de 1959)*.

DANE. (2019). Encuesta Nacional Agropecuaria . <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena#anexos>

DANE. (2025a). Estadísticas por tema. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema>

DANE. (2025b). Índice de precios al consumidor (IPC).

DANE. (2025c). Índice de costos de transporte de carga por carretera (ICTC).

DANE. (2025d). Pobreza multidimensional.

DNP. (2023a). Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026. <https://www.dnp.gov.co>

DNP. (2023b). Plan Plurianual de Inversiones. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/portalDNP/PND-2023/2023-05-04-plan-plurianual-de-inversiones-2023-2026.pdf>

DNP. (2025a). Actualización IICA 2017 - 2023.

DNP. (2025b). Metodología de Cierre de Brechas. DPN.

DNP. (2025c). Triage poblacional Territorial de Colombia.

Fedebiocombustibles. (2024a). Federación Nacional de Biocombustibles. <https://fedebiocombustibles.com/>

Fedebiocombustibles. (2024b). Informe anual 2023. <https://fedebiocombustibles.com/wp-content/uploads/2024/04/Informe-Anual-2023-FNBC.pdf>

Fedebiocombustibles. (2025a). 2024: Año de Impacto para los Biocombustibles y Proyección hacia 2025. <https://fedebiocombustibles.com/2024-ano-de-impacto-para-los-biocombustibles-y-proyeccion-hacia-2025/>

Fedebiocombustibles. (2025b). El Alcohol Carburante: Un Motor para la Sostenibilidad en Colombia. <https://fedebiocombustibles.com/el-alcohol-carburante-un-motor-para-la-sostenibilidad-en-colombia/>

Fedebiocombustibles. (2025c). Fedebiocombustibles-Estadísticas. <https://fedebiocombustibles.com/statistics/#>

FEDEPALMA. (2023). Informe de Gestión 2023. https://fedepalma.org/wp-content/uploads/2024/06/Informe_de_Gestion_Fedepalma.pdf

Fuentes, J. (2022). Biomasa forestal: Fuente de energía firme Refoenergy.

Gobernación de Chocó. (2024). Plan de Desarrollo Departamental 2024 - 2027. El Chocó en Ruta hacia el Progreso.

Gobernación de Nariño. (2024). Plan de Desarrollo Departamental 2024 - 2027. Nariño, región país para el mundo.

Gobernación del Cauca. (2014). Plan de Desarrollo Departamental 2024 - 2027 Cauca.

La Fuerza del Pueblo.

Gobernación del Valle del Cauca. (2024). *Plan de Desarrollo Departamental 2024 - 2027 Valle del Cauca. Liderazgo que Transforma.*

Gobierno de Colombia. (2020). *Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC).*

Gobierno de Colombia. (2021). *Estrategia climática de largo plazo de Colombia E2050 para cumplir con el Acuerdo de París.*

IEA. (2024). *World Energy Outlook 2024.* <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>

IEA. (2025). *Outlook for Biogas and Biomethane A global geospatial assessment.* <https://iea.blob.core.windows.net/assets/5b757571-c8d0-464f-baad-bc30ec5ff46e/OutlookforBiogasandBiomethane.pdf>

Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). (2025). *Sistema de Información Vial (SIV).*

IPCC. (2021). *Sixth Assessment Report — IPCC.* <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

IPSE. (2025). *Contexto Departamental .*

IRENA. (2016). *Innovation Outlook Advanced Liquid Biofuels.* <https://www.irena.org/publications/2016/Oct/Innovation-Outlook-Advanced-Liquid-Biofuels>

Jaramillo, G. (2018). *PTAR – Cañaveralejo en la ruta de la bioenergía [Presentación]. Segundo Congreso Nacional de Bioenergía .*

LatinInsurance Analisis del Mercado de Seguros Latinoamericano. (2025). *El 85 % de las autopartes en Colombia son importadas: alerta por nuevos aranceles.*

MinAgricultura. (2024a). *Acopio Leche Cruda Bovina.* <http://uspleche.minagricultura.gov.co/Acopio.html>

MinAgricultura. (2024b). *Dirección de Capacidades Productivas y Generación de Ingresos.*

MinAmbiente. (2018). *Minambiente apuesta por la sostenibilidad en la producción de biocombustibles.* <https://www.iscc-system.org/news/minambiente-apuesta-por-la-sostenibilidad-en-la-produccion-de-biocombustibles/>

MinAmbiente. (2024). *Estrategia Nacional de Economía Circular .* <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/estrategia-nacional-de-economia-circular/>

MinCiencias. (2025). *Lista de Municipios PDET y ZOMAC.*

MinEnergía. (2025). *Hoja de Ruta para la Transición Energética Justa de Colombia.* https://minenergia.gov.co/documents/13272/Hoja_de_ruta_transicion_energetica_justa_TEJ_2025.pdf

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2025). Ventanilla Unica Forestal. Boletines Estadísticos Forestales Desde 2018 a 2024. <https://vuf.minagricultura.gov.co/Paginas/Index.aspx>

Ministerio de Minas y Energía. (2025). SICOM-MME. <https://www.sicom.gov.co/>

Murcia Molano, P. (2025). Smurfit Westrock construye su proyecto más grande en Colombia: una caldera de biomasa de US\$ 115,5 millones.

Naciones Unidas. (1998). PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.

Our World in Data. (2025). Energy Production and Consumption. <https://ourworldindata.org/energy-production-consumption>

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2021). Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP).

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2025). Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales: corresponsabilidad con autoridades indígenas.

RAP PACÍFICO. (2022). Plan Estratégico Regional PER-PACIFICO. 1–216.

RedbioCol. (2019). Resumen Proyecto SEPSUTA .

Resolución 1962 (2017). <https://fedebiocombustibles.com/wp-content/uploads/2022/05/1962.pdf>

Resolución 40111 de 2021 (2021). https://www.minenergia.gov.co/documents/3040/48895-Res_40111__MezclasBios_B12_042021.pdf

Resolución 40431 (2024). [https://www.suin-juriscol.gov.co/clp/contenidos.dll/Resolucion/30054088?fn=document-frame.htm&f=templates\\$3.0](https://www.suin-juriscol.gov.co/clp/contenidos.dll/Resolucion/30054088?fn=document-frame.htm&f=templates$3.0)

RUNAP. (2024). RUNAP. Registro Único Nacional de Áreas Protegidas. Unidad Administrativa Especial de Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Sectorial. (2024). Colombia redujo 2 millones de toneladas de CO2 con biodiésel durante 2024 . <https://sectorial.co/biodiesel/colombia-redujo-2-millones-de-toneladas-de-co2-con-biodiesel-durante-2024/>

SUI-Superservicios. (2024). Aseo-Reportes Técnico Operativos (Portal SUI). <https://sui.superservicios.gov.co/Reportes-del-Sector/Aseo>

TECNICAÑA. (2023). Bioetanol de Caña. Revista Tecnicaña Edición 56. https://tecnicana.org/wp-content/uploads/2023/11/Revista_Tecnicaña_Ed_56.pdf

TECSOL, & USAENE. (2023). Estudio técnico integral para caracterizar las tecnologías de BC2G&3G con ABC y requerimientos técnicoeconomicos para la instalación de una biorrefinería/ Consultoría UPME. <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/Biblioteca.aspx>

Universidad de Nariño, UPME, USAID, & IPSE. (2014). Estudios detallados para el aprovechamiento de los recursos biomásicos con uso de biodigestores para generación de energía y producción de abono orgánico en el municipio de Cumbal.

Universidad Externado de Colombia. (2024). Informe sobre biogás y biometano.

UPME. (2022). *BALANCE ENERGÉTICO COLOMBIANO Revisión 2022-Preliminar 2023*. https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Beco/Presentacion_Balance_Energetico_Colombiano_2022%E2%80%932023.pdf

UPME. (2023). *Plan Nacional de Sustitución de Leña-PNSL*.

UPME. (2024). *Plan Indicativo de Bioenergía - PIBE Pacífico*. <https://www.upme.gov.co/simec/hidrocarburos/plan-indicativo-de-bioenergia/>

UPME. (2025a). *Balance Energético Colombiano-BECO*. <https://www.upme.gov.co/simec/oferta-y-demanda/balance-minero-energetico-colombiano/>

UPME. (2025b). *Calculadora de Factores de Emisión de Combustibles (FECOC)*. https://app.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones1/new/calculadora.html

UPME. (2025c). *Estrategia 6GW*. https://docs.upme.gov.co/Documents/Enfoque-territorial/Territorial_6GW.pdf

UPME. (2025d). *Geovisor - Generación en Colombia*.

UPME. (2025e). *Oportunidades del Biogás y el Biometano en el Desarrollo Energético de la Región del Pacífico como un Referente para el País*.

UPME, IPSE, & Universidad Tecnológica del Chocó. (2014). *PERS-Chocó. Oferta energética de recursos renovables en el departamento del Chocó*. <https://sig.upme.gov.co/SIPERS/Files/Index/1056>

UPRA. (2023a). *Reporte Regional Cauca*. https://upra.gov.co/Kit_Territorial/2-%20Informaci%C3%B3n%20por%20Departamentos/CAUCA/1-%20Presentaci%C3%B3n%20Regional%20UPRA%20Cauca.pdf

UPRA. (2023b). *Reporte Regional Chocó*. https://upra.gov.co/Kit_Territorial/2-%20Informaci%C3%B3n%20por%20Departamentos/CHOC%C3%93/1-%20Presentaci%C3%B3n%20Regional%20UPRA%20Choco.pdf

UPRA. (2023c). *Reporte Regional Nariño*. https://upra.gov.co/Kit_Territorial/2-%20Informaci%C3%B3n%20por%20Departamentos/NARI%C3%93O/1-%20Presentaci%C3%B3n%20Regional%20UPRA%20Nari%C3%93o.pdf

UPRA. (2023d). *Reporte Regional Valle del Cauca*. https://upra.gov.co/Kit_Territorial/2-%20Informaci%C3%B3n%20por%20Departamentos/VALLE%20DEL%20CAUCA/1-%20Presentaci%C3%B3n%20Regional%20UPRA%20Valle%20del%20Cauca.pdf

UPRA. (2025). *Estadísticas Agronet*. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=59>



**Unidad de Planeación
Minero Energética**

© UPME

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

BOGOTÁ - COLOMBIA | +57 601 2220601

UPME.GOV.CO