



Contexto para la transición energética regional en Colombia: Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Colombia

Ciencia, tecnología e innovación
para el desarrollo sostenible de
los territorios en Colombia

Contexto para la transición energética regional en Colombia:

Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Colombia

Edición general:

Alexánder Gómez

Kelly Johanna Patarroyo León

Autores:

Capítulo 1

Alexánder Gómez

Profesor Titular

Departamento de Ingeniería Mecánica y

Mecatrónica

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Colombia

Kelly Johanna Patarroyo León

Ingeniera Agrícola

Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Universidad Nacional de Colombia

Capítulo 2

Diego Arturo Cortés Valencia

Economista

Magíster en Ciencias Económicas

Universidad Nacional de Colombia

Alexánder Gómez

Profesor Titular

Departamento de Ingeniería Mecánica y

Mecatrónica

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Colombia

Capítulo 3

Diego Arturo Cortés Valencia

Economista

Magíster en Ciencias Económicas

Universidad Nacional de Colombia

Alexánder Gómez

Profesor Titular

Departamento de Ingeniería Mecánica y

Mecatrónica

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Colombia

Capítulo 4

Liliana Constanza Delgado Betancourth

Politóloga

Universidad Nacional de Colombia

Alexánder Gómez

Profesor Titular

Departamento de Ingeniería Mecánica y

Mecatrónica

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Colombia

Capítulo 5

Sebastián Camilo Cortés Cuervo

Arquitecto
Universidad de los Andes

Alexánder Gómez

Profesor Titular
Departamento de Ingeniería Mecánica y
Mecatrónica
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Colombia

Capítulo 6

Kelly Johanna Patarroyo León

Ingeniera Agrícola
Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Universidad Nacional de Colombia

Alexánder Gómez

Profesor Titular
Departamento de Ingeniería Mecánica y
Mecatrónica
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Colombia

Capítulo 7

Daniel Sebastián González Pedraza

Ingeniero Mecánico
Universidad Nacional de Colombia

Alexánder Gómez

Profesor Titular
Departamento de Ingeniería Mecánica y
Mecatrónica
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Colombia

Capítulo 8

Santiago Fonseca Castro

Ingeniero Químico
Magíster en Ingeniería Mecánica
Universidad Nacional de Colombia

Juan Pablo Wilches Cristiano

Ingeniero Mecánico
Universidad Nacional de Colombia

Kelly Johanna Patarroyo León

Ingeniera Agrícola
Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Universidad Nacional de Colombia

Alexánder Gómez

Profesor Titular
Departamento de Ingeniería Mecánica y
Mecatrónica
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Colombia

Capítulo 9

Alexánder Gómez

Profesor Titular
Departamento de Ingeniería Mecánica y
Mecatrónica
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Colombia

Capítulo 10

Alexánder Gómez

Profesor Titular

Departamento de Ingeniería Mecánica y

Mecatrónica

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Colombia

Kelly Johanna Patarroyo León

Ingeniera Agrícola

Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Universidad Nacional de Colombia

Diseño:

Karen Andrea González Castro

Rafael Fernando Posada Rueda

Universidad Nacional de Colombia

Bogotá, Colombia

2026

Contenido

1	Introducción	9
2	Condiciones socioeconómicas	13
2.1	Población	13
2.2	Salud	14
2.3	Pobreza.....	15
2.4	Desigualdad.....	17
2.5	Contexto regional	18
2.6	Síntesis.....	21
	Referencias.....	22
3	Economía, infraestructura y producción	25
3.1	Producto Interno Bruto (PIB)	25
3.2	Comercio exterior	27
3.3	Empleo y desempleo	31
3.4	Estructura fiscal	32
3.5	Infraestructura	34
3.6	Contexto regional	35
3.7	Síntesis.....	39
	Referencias.....	40
4	Desafíos y tensiones sociales	43
4.1	Conflictos relacionados con las tierras y el territorio	43
4.2	Conflictos asociados con el cumplimiento de los derechos fundamentales	43
4.3	Conflictos asociados con la seguridad y la presencia de grupos armados	44
4.4	Conflictos asociados a la contratación de bienes y servicios	44
4.5	Conflictos en torno al uso del suelo y el ordenamiento ambiental	44
4.6	Conflictos relacionados con la participación y la percepción ciudadana	45
4.7	Contexto regional	45
4.8	Síntesis.....	51
	Referencias.....	51
5	Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad	57
5.1	División político-administrativa.....	57
5.2	Usos del suelo (cobertura de tierra)	58

5.3	Hidrología	60
5.4	Ecosistemas estratégicos.....	62
5.5	Climatología y recursos hídricos	65
5.6	Recursos ecosistémicos	67
5.7	Infraestructura y manejo del agua.....	71
5.8	Contexto regional	72
5.9	Síntesis.....	79
	Referencias.....	80
6	Sistemas agroalimentarios	85
6.1	Usos del suelo	85
6.2	Producción de alimentos.....	87
6.3	Contexto regional	100
6.4	Síntesis.....	109
	Referencias.....	111
7	Emisiones y planes de acción climática	115
7.1	Compromisos ambientales.....	115
7.2	Mitigación y adaptación al cambio climático	115
7.3	Emisiones	115
7.4	Impactos por la deforestación en Colombia	119
7.5	Contexto regional	122
7.6	Síntesis.....	126
	Referencias.....	126
8	Sistema energético	129
8.1	Balance energético nacional	129
8.2	Generación de energía eléctrica.....	134
8.3	Mercado de energía mayorista (MEM)	139
8.4	Mercado de energía minorista.....	141
8.5	Sistema Interconectado Nacional (SIN)	144
8.6	Zonas no interconectadas	147
8.7	Reservas de combustibles fósiles.....	150
8.8	Potenciales de fuentes renovables de energía	151
8.9	Contexto regional	160
8.10	Síntesis.....	163
	Referencias.....	165

9	Análisis comparativo del contexto regional para la transición energética en Colombia	171
9.1	Síntesis comparativa regional del presente estudio	171
9.2	Desafíos regionales para la transición energética en Colombia.....	173
9.3	El trilema energético y la aceptación social como condición habilitante	178
	Referencias.....	179
10	Conclusiones	181
	Lista de siglas.....	185
	Anexos	191
	Anexo A: Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad.....	191
	Anexo B: Aptitud de producción e índice de crecimiento agropecuario	203
	Anexo C: Sistema energético.....	211

1 Introducción

Alexánder Gómez Mejía y Kelly Johanna Patarroyo León

La transición energética se ha consolidado como uno de los ejes centrales de la agenda de desarrollo sostenible a nivel global. Colombia también ha emprendido ya políticas y proyectos asociados a la implementación de esta transformación estructural que involucra simultáneamente dimensiones tecnológicas, económicas, sociales, ambientales e institucionales. El país enfrenta el reto de descarbonizar su matriz energética y productiva mientras enfrenta desafíos históricos de pobreza, desigualdad, conflictividad territorial y fragilidad institucional que varían sustancialmente entre sus regiones. En este contexto, abordar la transición energética exclusivamente como un problema técnico de sustitución de fuentes de energía resulta insuficiente. Se trata, ante todo, de un proceso profundamente territorial, cuyo éxito depende de la capacidad de articular las condiciones socioeconómicas, ambientales, productivas y de gobernanza propias de cada región del país. Esta diversidad regional debe ser un elemento central en el diseño de las estrategias nacionales para promover la transición energética, para evitar la reproducción de patrones extractivos, la profundización de desigualdades históricas o la generación de nuevas fuentes de conflicto social, en lugar de habilitar una transformación competitiva y sostenible.

El presente documento se inscribe en el marco del proyecto Nexos de la Universidad Nacional de Colombia, una iniciativa orientada a fortalecer la investigación, la innovación y la formación en torno a la transición energética desde una perspectiva territorial, con talleres y procesos de trabajo conjunto realizados en regiones como La Guajira, Tumaco, Leticia, Medellín, Arauca, San Andrés (islas), Valledupar y Bogotá. Dentro de este proyecto, se ha desarrollado un conjunto de diagnósticos departamentales que documentan de manera detallada las condiciones socioeconómicas, productivas, ambientales, energéticas y de conflictividad de distintos territorios colombianos, disponibles en la plataforma institucional del proyecto (nexus.unal.edu.co). Estos diagnósticos constituyen un insumo primario indispensable para el presente estudio, en la medida en que permiten articular el análisis regional en casos de estudio departamentales verificables y actualizados. Estos estudios de soporte se referencian e identifican específicamente a lo largo del presente documento.

El problema específico que aborda este documento consiste en caracterizar y comparar sistemáticamente el contexto regional colombiano en siete dimensiones interrelacionadas: las condiciones socioeconómicas de la población, la estructura económica y de infraestructura, los desafíos y tensiones sociales asociados a proyectos energéticos y extractivos, el ordenamiento territorial y la sostenibilidad ambiental, los sistemas agroalimentarios, las emisiones y los compromisos de acción climática, y finalmente la configuración del sistema energético nacional. Cada una de estas dimensiones se examina tanto a escala nacional como con un énfasis particular en las cinco grandes regiones naturales del país, según la clasificación en Caribe, Andina, Pacífica, Orinoquía y Amazonía, reconociendo que estas presentan combinaciones muy distintas de vulnerabilidad social, potencial productivo, riqueza ecosistémica y conflictividad territorial. Esta aproximación multidimensional y multiescalar responde a las necesidades propias de la transición energética, que implica enfoques multisectoriales para establecer una adecuada planificación energética en el país, favoreciendo así una visión integrada capaz de anticipar sinergias y tensiones entre objetivos ambientales, económicos y sociales.

La regionalización empleada en este documento sigue la clasificación de regiones naturales del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC¹, que difiere de otras divisiones regionales usadas en fuentes oficiales colombianas, como las regionalizaciones estadísticas del DANE o las categorías de planeación del Departamento Nacional de Planeación,

¹ IGAC. (2023). *Regionalización de Colombia*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

DNP. Esta elección metodológica responde a que la clasificación del IGAC se fundamenta en criterios biofísicos, hidrográficos y ecosistémicos, que resultan más pertinentes para un análisis centrado en el ordenamiento territorial y en la sostenibilidad ambiental de la transición energética. Bajo este criterio, algunos departamentos no se ubican de manera exclusiva en una sola región, sino que comparten rasgos de dos regiones naturales contiguas: Nariño y el Valle del Cauca, por ejemplo, presentan simultáneamente un componente andino y un componente pacífico, de modo que a lo largo del documento estos departamentos se analizan según la dimensión temática de cada capítulo, ya sea en su perfil económico y productivo, más asociado a la vertiente andina, o en su perfil ecosistémico y de ordenamiento territorial, más asociado a la vertiente pacífica. De manera similar, el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se incorpora en este estudio como el componente insular de la región Caribe, en la medida en que hace parte del Gran Caribe colombiano y del área hidrográfica del Caribe, aunque su condición insular le confiere especificidades propias en materia energética, ambiental y de conflictividad social que se abordan de manera diferenciada dentro del análisis regional del Caribe en cada capítulo. Esta aclaración busca prevenir que el lector interprete como inconsistencias las variaciones en la clasificación regional de estos departamentos entre los distintos capítulos del documento.

En este documento se muestra que la viabilidad de la transición energética regional en Colombia depende de la capacidad de articular tres ejes que atraviesan transversalmente los distintos capítulos: primero, el reconocimiento explícito de las brechas socioeconómicas e institucionales que distinguen a cada región, evitando que las estrategias energéticas se diseñen como si el país fuera un espacio homogéneo; segundo, la incorporación sistemática de los conflictos sociales, territoriales y ambientales como condiciones habilitantes o restrictivas del despliegue energético, y no como externalidades a resolver posteriormente; y tercero, la aplicación de un marco analítico de trilema energético, que pondera simultáneamente la seguridad de suministro, la equidad en el acceso y la sostenibilidad ambiental. Este enfoque se complementa con el reconocimiento de la aceptación social como una condición habilitante, indispensable para que cualquier estrategia de transición sea efectivamente implementable en los territorios. Este marco conceptual, junto con una clasificación de las consecuencias sistémicas asociadas a las distintas rutas de transición energética, se desarrolla con mayor profundidad en el capítulo 9, usando para ello un análisis del contexto internacional para implementación de la transición energética². En ese capítulo se aplica una clasificación de consecuencias sistémicas a los desafíos regionales identificados a lo largo del documento, ofreciendo un marco de lectura que permite anticipar, de forma sistemática y comparable entre territorios, los efectos en cadena, sociales, económicos, ambientales e institucionales, que pueden generarse a partir de las diversas rutas de transición energética de las regiones colombianas.

A diferencia de otros estudios sobre transición energética en Colombia, que suelen concentrarse en el análisis agregado nacional o en estudios de caso aislados sobre proyectos específicos, este documento ofrece una síntesis comparativa sistemática que integra siete dimensiones temáticas con un análisis regional diferenciado, permitiendo identificar tanto patrones comunes como especificidades territoriales que resultan cruciales para el diseño de políticas públicas. Mientras que los diagnósticos departamentales del proyecto Nexos ofrecen profundidad territorial en casos puntuales, este informe aporta una mirada de conjunto que facilita la comparación entre regiones y la identificación de los desafíos estructurales más recurrentes, sin perder de vista las particularidades que exige cada contexto local. Todo ello en el marco del desempeño e indicadores consolidados a nivel nacional para todos los criterios analizados en el estudio. Por su carácter integrador y su enfoque sistémico, este documento está concebido como un soporte técnico para el diseño y la evaluación de políticas públicas regionales de transición energética, así como un material de referencia para el desarrollo de cursos y programas de formación universitaria en energía, territorio y

² Gómez, A. (2026). Contexto internacional para la implementación de la transición energética. Universidad Nacional de Colombia.

sostenibilidad, en la medida en que ofrece una lectura articulada de los distintos subsistemas que determinan la viabilidad de la transformación energética del país.

El presente documento se organiza en diez capítulos. El capítulo 2 examina las condiciones socioeconómicas del país, incluyendo población, salud, pobreza y desigualdad. El capítulo 3 analiza la economía, la infraestructura y la producción, con énfasis en el producto interno bruto, el comercio exterior y el empleo. El capítulo 4 desarrolla los desafíos y tensiones sociales asociados a la actividad extractiva y energética, organizados en seis categorías de conflictos y su expresión diferenciada por regiones. El capítulo 5 aborda el ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad, incluyendo usos del suelo, hidrología y ecosistemas estratégicos. El capítulo 6 se concentra en los sistemas agroalimentarios y la producción de alimentos. El capítulo 7 presenta las emisiones y los planes de acción climática del país. El capítulo 8 describe en detalle el sistema energético nacional, su balance, generación y potencial de fuentes renovables. El capítulo 9 desarrolla un análisis comparativo del contexto regional, articulando los desafíos identificados en los capítulos anteriores con el marco del trilema energético y la aceptación social. Finalmente, el capítulo 10 presenta las conclusiones integrales del estudio, sintetizando los hallazgos temáticos y regionales más relevantes para orientar el diseño de estrategias de transición energética justas y territorialmente pertinentes en Colombia.

2 Condiciones socioeconómicas

Diego Arturo Cortés Valencia y Alexander Gómez

Este capítulo aborda las principales características socioeconómicas de Colombia. Se realiza una revisión de la estructura demográfica del país para el año 2023 y se exponen los principales indicadores sobre nacimientos y defunciones para el año 2022. También se abordan las variables de pobreza y desigualdad del país y las tendencias históricas de la última década.

2.1 Población

Según las proyecciones del censo realizado por el DANE en 2018, para 2023 se estima una población de 52,2 millones de personas en Colombia. El 51,2 % de la población corresponde a mujeres y el 48,8 % restante corresponde a hombres. La pirámide poblacional observada para la década de 1990 ha empezado a reducir su base y, como se muestra en la **figura 2-1**, la población entre 0 y 16 años comienza a ser menor que la ubicada entre 18 y 32 años, lo cual ocurre tanto en el caso de los hombres como en el de las mujeres.

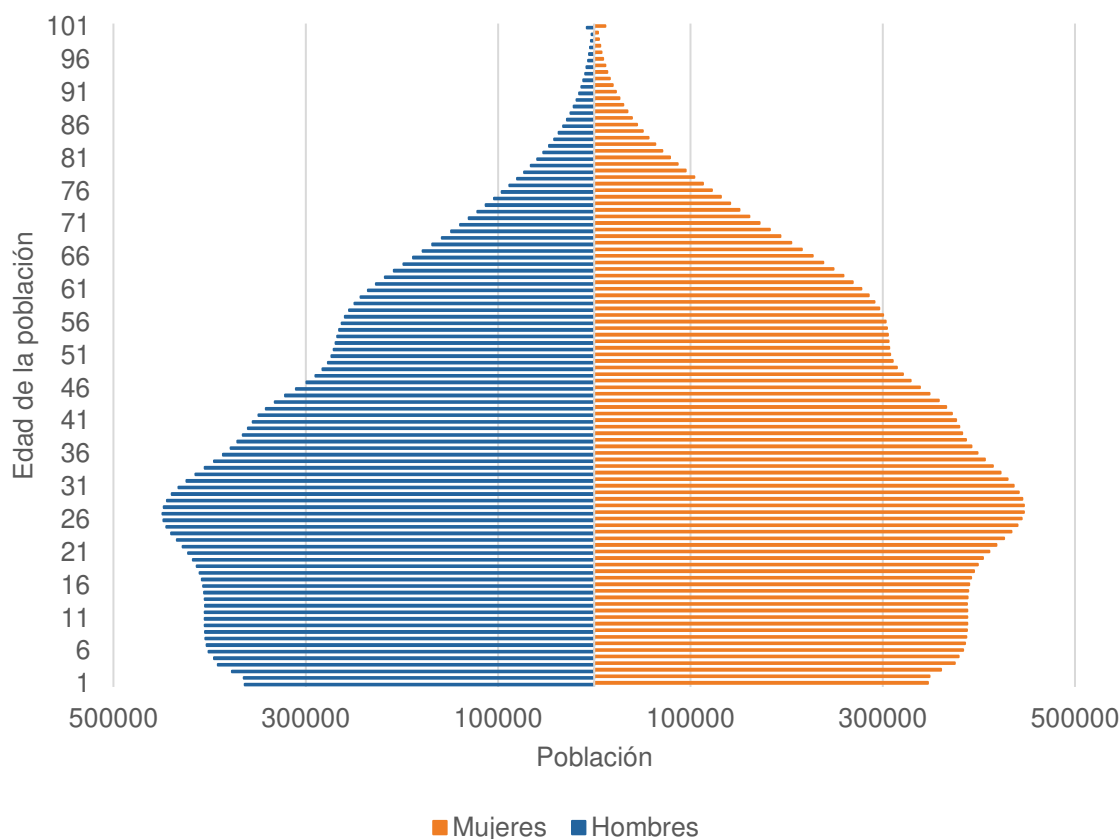


Figura 2-1. Distribución poblacional por edades y sexo a nivel nacional, año 2023. Fuente: elaboración propia con datos del DANE (2021).

Esta distribución es relevante porque implica un cambio demográfico propio de todos los países, que empiezan a reducir sus tasas de mortalidad y de natalidad, lo que lleva a que la pirámide demográfica tome forma de diamante, como lo proyecta el DANE para el año 2050 (DANE, 2021).

En 2023, se estimaban 17,8 millones de hogares en Colombia, donde un hogar se define como una persona o grupo de personas, que pueden tener o no parentesco, que ocupan total o parcialmente una vivienda y comparten un presupuesto común para satisfacer sus necesidades básicas. Esto implica que el promedio por hogar para ese año equivalía a 3 personas (2,9 en promedio), lo que sigue también la tendencia de reducción del tamaño de las familias en las últimas décadas en el país.

En 2018, cuando se realizó el censo nacional, la población que se reconocía étnicamente (como población indígena; gitana o rom; y negra, afrocolombiana, raizal o palenquera) era de 4,9 millones de personas, lo que para ese periodo representaba el 11,8 % del total de la población censada.

2.2 Salud

2.2.1 Natalidad

El DANE reportó 570.355 nacimientos en el año 2022 (DANE, 2023a). Esta cifra fue la más baja reportada en ese momento para la última década en el país, reflejando un impacto significativo después de la pandemia del COVID. Mientras el promedio en los anteriores años estuvo entre -2,1 % y -1 %, en 2022 fue de -7,5 %. En cuanto al sexo, la proporción se ha sostuvo igual entre 2018 y 2022, siendo 51,1 % hombres y 48,9 % mujeres.

Es importante señalar que además de la disminución en el número de nacidos en el país, también ha cambiado la proporción según el origen y etnia de la madre. Mientras que en 2018 el 97,1 % de los nacimientos fueron de mujeres con residencia en Colombia, en 2022 fue del 91,2 %, con un aumento en la participación de mujeres inmigrantes provenientes de Venezuela, que pasaron del 0,9 % de los nacimientos en 2018 al 7,4 % en 2022. En cuanto a la pertenencia étnica, aunque disminuyó muy poco la proporción de nacimientos sin ninguna pertenencia étnica (de 91,8 % en 2018 a 91,2 % en 2022), sí se modificó la proporción entre indígenas y negros, mulatos, afrocolombianos o afrodescendientes. Los nacimientos de indígenas pasaron del 3,8 % del total del país en 2018 al 5 % en 2022, mientras que los nacimientos de madres negras, mulatas, afrocolombianas y afrodescendientes pasaron del 4,4 % al 3,8 % en los mismos años.

En cuanto a la maternidad de niñas y adolescentes menores de 18 años, los nacimientos anuales se redujeron en 25 % entre 2018 y 2022. En el caso de niñas de 14 años o menores, los nacimientos anuales se redujeron un 23,2 % entre 2018 y 2022. Incluso, en el año 2022 se reportaron cero embarazos en niñas de 10 años. En todo caso, el número de nacimientos en niñas y adolescentes (entre 10 y 17 años) en 2022 fue 45.785, lo que representa el 8 % del total de nacimientos del país en ese año.

2.2.2 Mortalidad

En el caso de las defunciones fetales, en 2022 se produjeron 27.894, un 9,2 % menos con respecto a 2021. La mayor proporción de defunciones fetales se concentró entre las mujeres de 20 a 29 años, que representaron el 47,3 % del total de defunciones fetales. En el caso de los niños y niñas menores de un año, las malformaciones congénitas fueron la principal causa de muerte, seguidas de los trastornos respiratorios específicos del periodo perinatal. En el caso de los niños y niñas menores de 5 años, la tasa de mortalidad por desnutrición por cada cien mil menores de 5 años pasó de 7,9 % en 2015 a 10 % en 2022; allí resalta La Guajira con 8,5 veces la tasa nacional y Chocó con 7,7 veces la tasa nacional.

En 2022, se presentaron 285.586 defunciones no fetales en el país. Esta cifra representa una reducción del 21,3 % con respecto al año 2021. El 55,4 % de las defunciones correspondieron al sexo masculino, distribución que se ha mantenido como tendencia en los últimos años (DANE, 2023a). La principal causa de defunciones en 2022 fue el

infarto agudo de miocardio (15,7 % del total), seguido por el COVID-19 (4,4 % del total). Esto contrasta con el año 2021, cuando la principal causa fue el COVID-19.

Con respecto a la mortalidad por homicidio en Colombia, la cifra ha aumentado en los años 2021 y 2022, alcanzando 14.339 muertes en 2022. En términos de tasas por cien mil habitantes, fue de 28,3 % en 2021 y 27,7 % en 2022, las cifras más altas desde 2015. Mientras que la tasa de mortalidad por homicidios por cada cien mil habitantes disminuyó entre la población de 10 a 19 años, pasando del 20,9 % en 2015 al 16,2 % en 2022, esta cifra ha aumentado en la población de 20 a 59 años, pasando del 39,7 % en 2015 al 43 % en 2022.

En el caso de los suicidios, la cifra ha venido incrementando desde el año 2015, pasando del 5,1 % por cada cien mil habitantes al 5,9 % en 2022. Esta tasa de suicidios solo se redujo en 2020, como consecuencia de la pandemia. En 2022, los departamentos con mayores tasas de mortalidad por suicidio fueron Vaupés, con el 35,1 %, y Guaviare, con el 10,6 %. Por sexo, los hombres representaron cerca del 80 % de los casos de suicidio anuales. El 40 % de los suicidios en 2022 se concentraron entre los 15 y los 29 años.

2.3 Pobreza

2.3.1 Pobreza monetaria

El DANE determinó la pobreza monetaria a nivel nacional para el año 2022 para aquellas personas cuyos ingresos mensuales son inferiores a \$ 396.864 pesos COP (DANE, 2022). En un hogar de 3 personas, que es el promedio de personas por hogar en Colombia, representaría un hogar con ingresos inferiores a \$ 1.190.592 pesos ese año, que superaba el valor del salario mínimo en Colombia para 2022.

La pobreza monetaria disminuyó de 2012 a 2018 en el total nacional, pasando del 40,8 % al 34,7 % de la población. Sin embargo, en 2019, la pobreza volvió a aumentar en el país, y debido a la pandemia del COVID-19, la pobreza aumentó en los años 2020 y 2021. En 2021, la pobreza volvió a un nivel superior al 39 %, más alto que en 2014, perdiendo el avance logrado durante los últimos 7 años, como se muestra en la **figura 2-2**. En 2022, esa cifra vuelve a caer a 36,6 %, siendo superior a la observada en 2019.

La pobreza en las cabeceras del país tuvo un comportamiento similar al promedio nacional. Mientras tanto, en los centros poblados y áreas rurales dispersas, con pobreza mucho mayor, hubo una reducción hasta 2018 y un incremento en 2019; sin embargo, la pobreza se redujo en 2020 en medio de la crisis provocada por la pandemia. Esto coincidió con las políticas de apoyo a las personas de menos ingresos implementadas durante la pandemia.

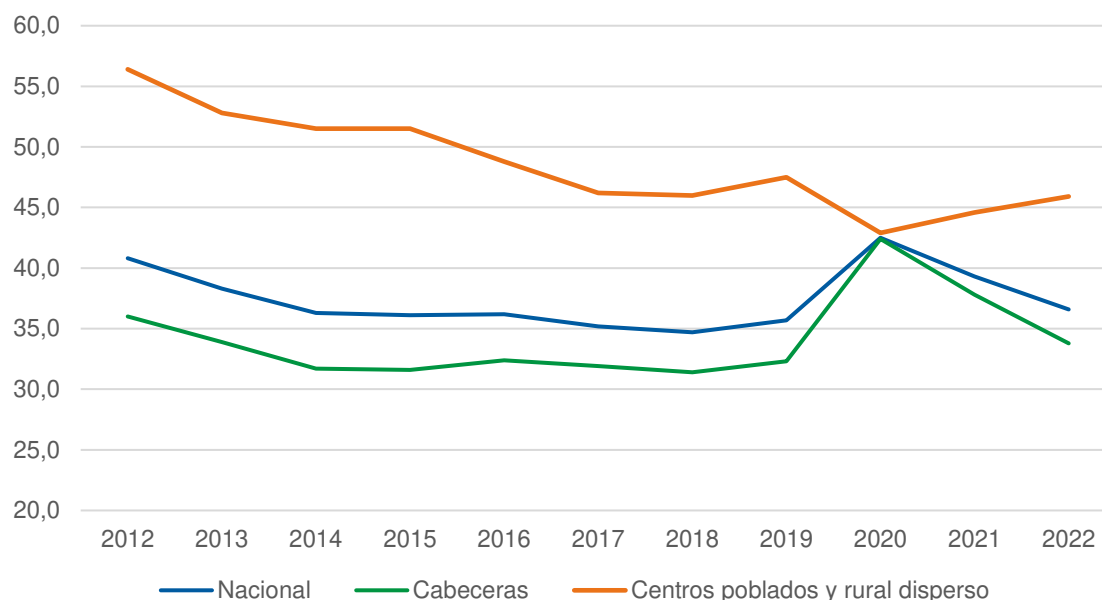


Figura 2-2. Pobreza monetaria en Colombia, total nacional, cabeceras y centros poblados y rural disperso. Años 2012-2021. Fuente: elaboración propia con información de pobreza monetaria y pobreza monetaria extrema en DANE (2022).

2.3.2 Pobreza multidimensional

El índice de pobreza multidimensional recoge las privaciones de los hogares en múltiples variables ponderadas. Entre estas se encuentran el analfabetismo, los bajos logros educativos, las barreras de acceso a cuidados de primera infancia, las barreras de acceso a los servicios de salud, el hacinamiento, la falta de acceso a fuentes de agua mejorada, el trabajo infantil, el trabajo informal y otras condiciones de privación de calidad en los materiales del hogar.

La pobreza multidimensional ha presentado una reducción equiparable a la de la pobreza monetaria. A nivel nacional, se redujo de 29,7 % en 2010 a 12,9 % en 2022 (ver la **figura 2-3**), con 6,6 millones de personas viviendo en esta condición ese último año. A pesar de la pandemia, el incremento de la pobreza multidimensional no fue de gran magnitud en las cabeceras, donde pasó del 12,3 % de la población en 2019 al 12,5 % en 2020, pero sí fue significativo en el caso de los centros poblados y zonas rurales dispersas, al pasar de 34,5 % en 2019 a 37,1 % en 2020. Sin embargo, el promedio nacional no experimentó un retroceso tan significativo, como se muestra en la **figura 2-2**.

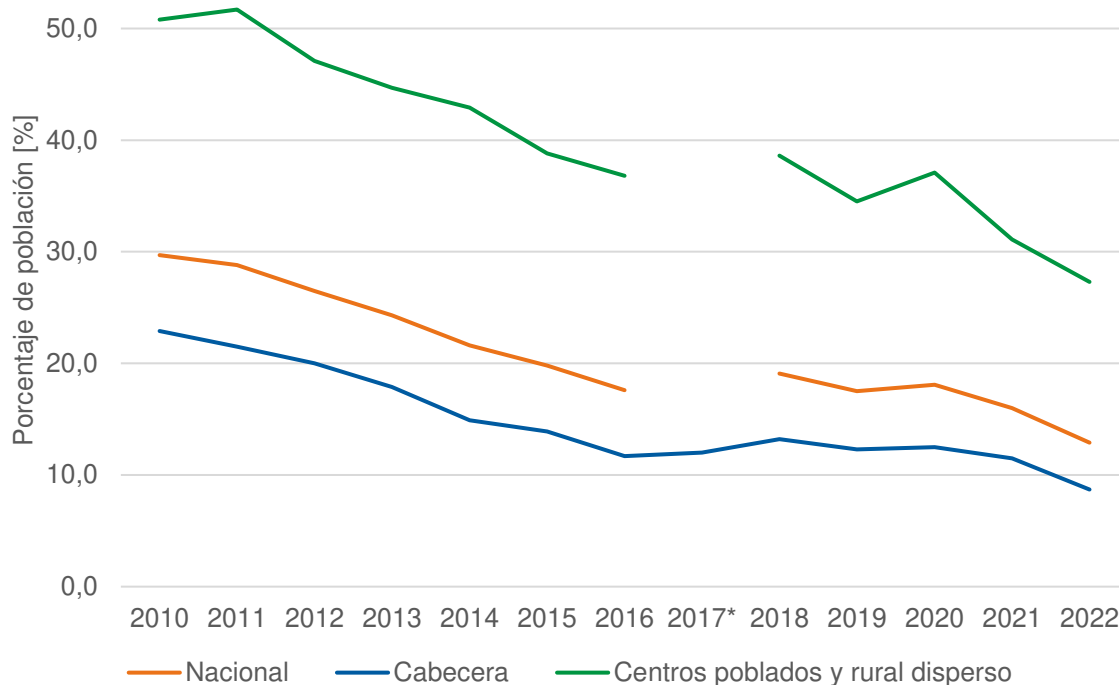


Figura 2-3. Pobreza multidimensional en Colombia, total nacional, cabeceras y centros poblados y rural disperso. Años 2010-2022. En el año 2017, los datos son representativos únicamente para el dominio Cabeceras. Fuente: elaboración propia con información de pobreza multidimensional en DANE (2022).

2.4 Desigualdad

El coeficiente de Gini mide la desigualdad de ingresos entre la población de una región o país. Cuando el coeficiente es cero, es una medida de igualdad de ingresos total, y cuando es uno, es una desigualdad absoluta en la que un individuo recibe todos los ingresos de una región o país. En el caso de Colombia, de 2008 a 2017 el coeficiente de Gini presentó una tendencia a disminuir, de 0,57 a 0,52. Sin embargo, de 2018 a 2020 volvió a aumentar, y en el año 2021 fue superior al establecido en 2015, como se ilustra en la **figura 2-4**.

El caso de la desigualdad en las cabeceras del país tuvo un comportamiento similar al promedio nacional, pero en el caso de los centros poblados y rurales dispersos, el incremento no fue tan pronunciado en el año 2019 y el coeficiente se ha mantenido por debajo de 0,46 desde 2015. La diferencia se explica porque en el sector rural la desigualdad de ingresos no es tan pronunciada como en el caso de las principales ciudades del país.

En todo caso, la desigualdad nacional supera el promedio nacional del coeficiente de Gini de países como Bolivia, Perú, Argentina, Chile, Ecuador y el promedio de América Latina, (CEPAL, 2022).

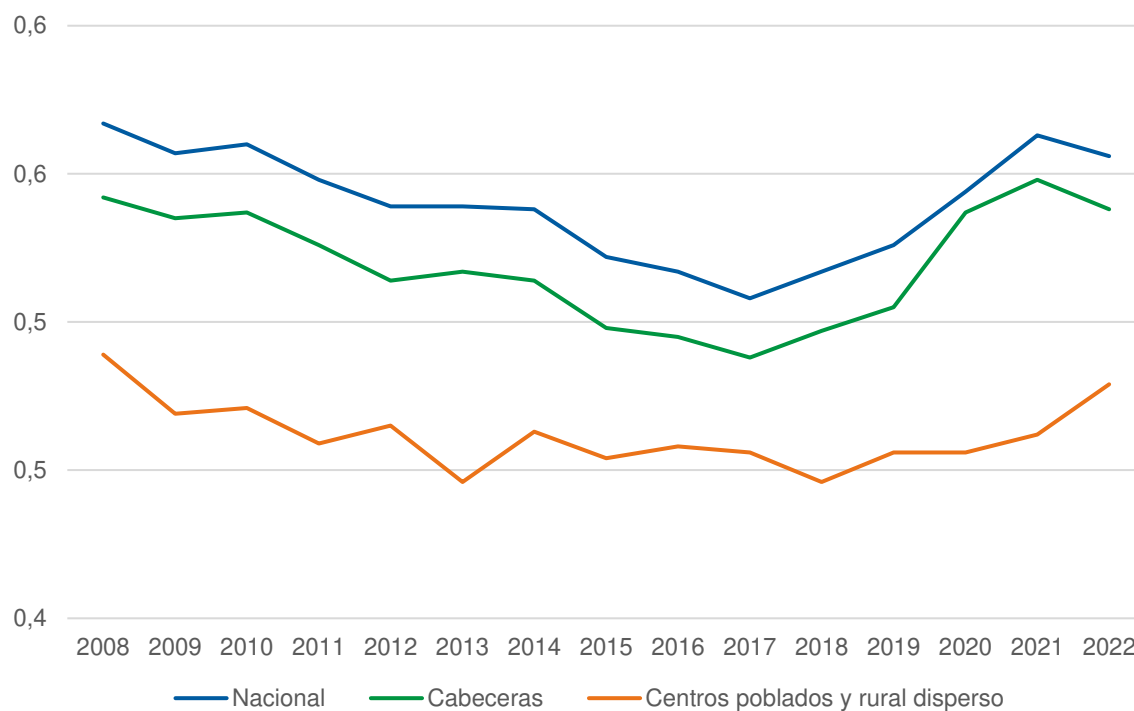


Figura 2-4. Coeficiente de Gini para Colombia. Total nacional, cabeceras y centros poblados y rural disperso. Años 2008-2022. Fuente: elaboración propia con información de indicadores de pobreza monetaria en DANE (2023b).

2.5 Contexto regional

En esta sección se realiza el análisis regional según la regionalización del IGAC, seguida como referencia en el presente estudio. Para ello, se utilizan principalmente el índice de pobreza multidimensional, IPM, el coeficiente de Gini de ingresos, las proyecciones de población departamental y los indicadores básicos de salud (esperanza de vida y tasas brutas de natalidad y mortalidad) para el año 2022, a partir de información oficial del DANE y del Ministerio de Salud. La información del IPM y los indicadores demográficos y de salud cuentan con cobertura para todos los departamentos, el coeficiente de Gini solo está disponible para 23 departamentos y Bogotá D.C., lo que genera brechas de información en varios territorios.

2.5.1 Región Caribe

En esta región habitan aproximadamente 11,2 millones de personas, concentradas principalmente en los departamentos de Atlántico, Bolívar y Córdoba, con importantes núcleos urbanos en Barranquilla, Cartagena y Montería, y amplias áreas rurales en La Guajira, Magdalena y Sucre. Esta distribución territorial combina densidad demográfica en la franja costera con zonas rurales dispersas y áreas de alta presencia indígena y afrodescendiente, donde el acceso físico a la infraestructura y a los servicios públicos básicos es muy limitado.

En términos de salud, esta región presenta perfiles heterogéneos: algunos departamentos registran esperanzas de vida comparables al promedio nacional, mientras que otros, como La Guajira, enfrentan rezagos asociados a dificultades de acceso a agua potable, saneamiento, servicios de salud y nutrición, especialmente en población infantil e indígena (Cortés Valencia & Gómez, 2025d). A nivel nacional, la esperanza de vida al nacer en 2022 se estima en 76,89 años (73,8 para hombres y 80,1 para mujeres), con tasas de mortalidad de 6,28 defunciones por mil habitantes y de natalidad de 14,76 nacimientos por mil habitantes, valores que sirven de referencia para comparar los desempeños departamentales.

La región Caribe registra un IPM ponderado de 21,5 %, significativamente superior al promedio nacional de 12,9 %, lo que revela una alta proporción de hogares con múltiples privaciones en dimensiones como vivienda, servicios básicos, educación y trabajo. Este valor regional está impulsado por departamentos como La Guajira, que alcanza un IPM de 42,9 %, y por niveles elevados en Magdalena y Sucre, reflejando brechas estructurales de acceso a servicios y oportunidades económicas. En cuanto a desigualdad de ingresos, el coeficiente de Gini promedio regional es de 0,512, calculado con cobertura completa de los siete departamentos de la región, lo que indica una distribución del ingreso fuertemente concentrada que coexiste con altos niveles de pobreza. En conjunto, estos indicadores muestran que la región Caribe enfrenta una doble presión: altos niveles de pobreza multidimensional y una desigualdad persistente en la distribución de ingresos, particularmente en territorios con fuerte presencia de comunidades indígenas y afrodescendientes y debilidad histórica de la infraestructura social.

2.5.2 Región Andina

La región Andina concentra la mayor parte de la población del país, con más de 28 millones de habitantes en 2022, impulsada por la presencia de Bogotá D.C., Antioquia, Valle del Cauca, Santander y una extensa red de ciudades intermedias y municipios rurales de montaña. Esta alta densidad poblacional se combina con una infraestructura relativamente desarrollada en transporte, servicios sociales y equipamientos urbanos, aunque subsisten corredores rurales con baja integración al sistema nacional de ciudades y dificultades de acceso efectivo a servicios básicos.

En materia de salud, la región Andina tiende a presentar esperanzas de vida cercanas o superiores al promedio nacional, especialmente en departamentos con mayor desarrollo urbano y mejores coberturas de servicios, como Bogotá, Antioquia, Santander y Boyacá. Sin embargo, estudios recientes muestran que incluso en estos contextos se han observado incrementos en algunas privaciones de salud, como barreras de acceso a servicios en ciertos hogares urbanos, lo que ha afectado la pobreza multidimensional en áreas específicas. El caso de Bogotá D.C. es ilustrativo: registra un IPM relativamente bajo (3,8 % en 2022), pero ha mostrado aumentos recientes asociados a dificultades de acceso a servicios de salud en algunos segmentos poblacionales (Cortés Valencia & Gómez, 2025c).

La región Andina presenta el IPM ponderado más bajo del país, con 8,8 %, lo que indica una menor proporción de hogares en pobreza multidimensional frente a las demás regiones. Este resultado está fuertemente influenciado por Bogotá y otros departamentos con incidencias reducidas, aunque persisten niveles importantes de pobreza en algunos territorios rurales y periurbanos dentro de la misma región. En términos de desigualdad, el coeficiente de Gini promedio regional es de 0,506, calculado con cobertura completa de los once departamentos (incluida el Distrito Capital), lo que evidencia que la menor pobreza multidimensional no se traduce automáticamente en una distribución equitativa del ingreso. En suma, la región Andina combina mejores promedios en pobreza y salud con niveles significativos de desigualdad, así como contrastes internos entre grandes centros urbanos dinámicos y corredores rurales con menor acceso a infraestructura y servicios.

2.5.3 Región Pacífica

La región Pacífica reúne alrededor de 8,4 millones de habitantes, con núcleos urbanos importantes en Cali y ciudades intermedias de Cauca y Nariño, pero también con grandes extensiones de zonas rurales y selvas húmedas, donde se concentran comunidades afrodescendientes e indígenas en áreas de difícil acceso. La densidad de la red vial es comparativamente baja y la infraestructura de servicios básicos presenta rezagos significativos en varios municipios, lo que encarece la provisión de bienes públicos y limita la integración territorial.

En el componente de salud, la región Pacífica muestra perfiles preocupantes en algunos departamentos: Chocó, por ejemplo, ha sido históricamente uno de los territorios con peores indicadores de mortalidad infantil y acceso a servicios de salud (con una esperanza de vida al nacer cercana a 70 años, claramente por debajo del promedio nacional, y una alta proporción de muertes evitables en menores de cinco años por infecciones respiratorias agudas).

y desnutrición), en un contexto de alta vulnerabilidad socioeconómica y presencia de conflicto armado. Departamentos como Cauca y Nariño también registran rezagos en esperanza de vida y cobertura de servicios (con esperanzas de vida alrededor de 72 años y tasas de mortalidad infantil en varios municipios rurales superiores a 25 muertes en menores de un año por cada 1.000 nacidos vivos), asociados a la combinación de pobreza, dispersión rural y tensiones territoriales. Departamentos como Cauca y Nariño también registran rezagos en esperanza de vida y cobertura de servicios, asociados a la combinación de pobreza, dispersión rural y tensiones territoriales (Cortés Valencia & Gómez. 2025e).

En cuanto a pobreza multidimensional, la región Pacífica presenta un IPM ponderado de 14,5 %, por encima del promedio nacional de 12,9 %, con Chocó destacándose por un IPM de 36,8 %, uno de los más altos del país. La estructura de privaciones incluye carencias recurrentes en vivienda adecuada, acceso a agua mejorada, saneamiento, educación y oportunidades laborales, especialmente en zonas rurales dispersas y territorios étnicos. La desigualdad de ingresos en la región es la más alta entre aquellas con datos completos: el coeficiente de Gini promedio alcanza 0,529 (calculado a partir de Cauca, Chocó, Nariño y Valle del Cauca), reflejando una distribución del ingreso particularmente concentrada en un contexto de alta pobreza. Esta combinación hace de la región Pacífica un territorio donde las brechas de pobreza y desigualdad se refuerzan mutuamente y donde las políticas de desarrollo deben articular enfoques de equidad, paz territorial y conservación ambiental.

2.5.4 Región Orinoquía

La región Orinoquía cuenta con alrededor de 1,9 millones de habitantes, distribuidos entre Arauca, Casanare, Meta y Vichada, en un territorio de baja densidad poblacional, alta dispersión rural y fuerte presencia de actividades agropecuarias y extractivas. La estructura territorial combina enclaves productivos, como áreas de hidrocarburos y agroindustria, con extensas zonas rurales donde la presencia institucional y la infraestructura básica son limitadas, en especial en municipios de frontera y áreas afectadas por el conflicto armado.

En términos de salud, los diagnósticos departamentales muestran rezagos frente al promedio nacional: Arauca presenta una esperanza de vida de 75,78 años, por debajo de los 76,89 años del país, una afiliación en salud de 88,2 % frente a 94,7 % nacional y una tasa de natalidad de 19,27 nacimientos por mil habitantes, superior al promedio. La combinación de baja densidad, dispersión rural y presencia de conflicto dificulta la construcción de redes de servicios de salud y la provisión de atención oportuna, particularmente en zonas rurales y de frontera (Cortés Valencia & Gómez, 2025b).

La región Orinoquía presenta un IPM ponderado de 17,0 %, notablemente por encima del promedio nacional y cercano al valor de la región Pacífica. Este promedio regional se explica por niveles muy altos de pobreza multidimensional en departamentos como Vichada (75,4 %) y Arauca (22,6 %), donde confluyen carencias en trabajo formal, educación, servicios básicos y protección social. En materia de desigualdad de ingresos, el coeficiente de Gini solo está disponible para Meta (0,488), de modo que el promedio regional refleja exclusivamente la distribución de ingresos de ese departamento y no puede considerarse representativo de toda la región. La GEIH no estimó pobreza monetaria ni Gini para Arauca, Casanare y Vichada por falta de representatividad muestral, lo que obliga a centrar el análisis regional en la pobreza multidimensional y los indicadores de salud y población. En conjunto, la región Orinoquía aparece como un territorio de alta vulnerabilidad socioeconómica y sanitaria, marcado por la dispersión territorial, la presencia de economías ilegales y las tensiones derivadas del conflicto armado.

2.5.5 Región Amazonía

La región Amazonía reúne alrededor de 1,1 millones de habitantes, distribuidos entre Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Putumayo y Vaupés, en un territorio predominantemente selvático, de muy baja densidad poblacional y fuerte presencia de pueblos indígenas. La población se concentra en algunos núcleos urbanos como Leticia y Florencia,

mientras que el resto del territorio está compuesto por comunidades dispersas en áreas de difícil acceso, donde la construcción de infraestructura y la provisión de servicios públicos deben armonizarse con la conservación ambiental y el respeto a la autonomía de los pueblos originarios.

En el componente de salud, la región Amazonía presenta indicadores inferiores al promedio nacional. El departamento del Amazonas, por ejemplo, registra una esperanza de vida de 72,7 años (68,4 para hombres y 77,3 para mujeres), con una tasa de mortalidad de 5,7 por mil habitantes, valores que evidencian una combinación de carencias en acceso a servicios, condiciones sanitarias y determinantes sociales de la salud. Los diagnósticos territoriales señalan también la existencia de problemas ambientales y contaminantes que pueden afectar la salud de las comunidades, especialmente en zonas impactadas por actividades extractivas (Cortés Valencia & Gómez, 2025a).

La región Amazonía es la que presenta el IPM ponderado más alto del país, con 23,9 %, lo que indica que casi una cuarta parte de su población vive en hogares con múltiples privaciones en dimensiones como educación, salud, vivienda y trabajo. Los valores extremos de Vichada (75,4 %), Vaupés (47,1 %), Guainía (46,5 %) y Amazonas (27,9 %) muestran la intensidad de la pobreza multidimensional en esta región, asociada a la dispersión territorial, la escasez de infraestructura, las barreras de acceso a servicios y la fragilidad de la presencia institucional. En cuanto a desigualdad de ingresos, el coeficiente de Gini solo está disponible para Caquetá (0,484), de modo que el promedio regional refleja únicamente la distribución de ingresos de ese departamento; la ausencia de datos para los demás limita la posibilidad de caracterizar integralmente la desigualdad en la región. Este conjunto de factores hace de la Amazonía un territorio donde la pobreza no puede ser entendida solo en términos de ingresos, sino como un entramado de carencias multidimensionales, retos de accesibilidad y tensiones entre desarrollo y conservación.

2.6 Síntesis

El análisis de las condiciones socioeconómicas muestra que Colombia atraviesa una transición demográfica marcada por la reducción de la natalidad y el cambio en la estructura por edades, al tiempo que persisten profundas brechas de pobreza y desigualdad entre regiones. En 2023, la población nacional se estima en 52,2 millones de personas, con una pirámide que comienza a adoptar forma de ‘diamante’ por la disminución relativa de la población infantil y el aumento de los grupos adultos, lo que anticipa retos crecientes en empleo, protección social y sistemas de salud en las próximas décadas.

En materia de salud, la caída en los nacimientos en 2022 (570.355 nacimientos, la cifra más baja de la década) refleja la continuidad de la transición demográfica y de los impactos posteriores a la pandemia. La estructura de la mortalidad evidencia avances en la reducción de defunciones frente a 2021, pero también la persistencia de problemas críticos: la tasa de mortalidad por desnutrición en menores de cinco años aumentó de 7,9 % en 2015 a 10 % en 2022, con La Guajira y Chocó registrando tasas entre 7 y 8 veces superiores a la nacional, lo que señala focos territoriales de vulnerabilidad extrema que deben ser prioritarios en cualquier estrategia de desarrollo sostenible.

En el componente de pobreza, la información de la última década muestra una reducción sostenida del índice de pobreza multidimensional (IPM) nacional hasta 12,9 % en 2022, el valor más bajo desde que se realiza esta medición. Sin embargo, el análisis regional evidencia que esta mejora promedio oculta realidades muy contrastadas: mientras la región Andina presenta el IPM ponderado más bajo (8,8 %) y concentra buena parte de los avances en reducción de privaciones, regiones como Amazonía (23,9 %), Caribe (21,5 %) y Orinoquía (17,0 %) continúan con incidencias muy superiores a la media nacional, impulsadas por departamentos con niveles extremos como Vichada, Vaupés, Guainía y La Guajira, donde las carencias en agua mejorada, saneamiento, educación y trabajo formal son especialmente agudas.

La desigualdad de ingresos, medida por el coeficiente de Gini, confirma que el descenso de la pobreza multidimensional no ha venido acompañado de una redistribución sustantiva del ingreso. A nivel nacional, diferentes

estimaciones para 2022 sitúan el Gini alrededor de 0,46–0,47, indicando una concentración elevada del ingreso. El análisis regional muestra que las regiones Caribe, Andina y Pacífica mantienen niveles similares (entre 0,506 y 0,529), con la región Pacífica como la más desigual, mientras que en Orinoquía y Amazonía la información de Gini solo está disponible para un departamento en cada caso (Meta y Caquetá), lo que impide analizar detalladamente la desigualdad en estas zonas. La combinación de alta pobreza multidimensional y elevada desigualdad en las regiones Pacífica y Caribe, junto con la falta de datos completos en Amazonía y Orinoquía, subraya la necesidad de políticas redistributivas y de fortalecimiento de capacidades estatales que reconozcan la heterogeneidad territorial.

El contexto regional sintetiza estas brechas en cuatro dimensiones: población, salud, pobreza y desigualdad. La región Andina concentra la mayor población y registra mejores indicadores promedio en IPM y salud, aunque con desigualdad persistente y contrastes internos entre grandes centros urbanos y corredores rurales marginados. La región Caribe combina alta densidad demográfica en la franja costera con niveles elevados de pobreza multidimensional y desigualdad, especialmente en departamentos como La Guajira y Magdalena, donde confluyen exclusión histórica de comunidades indígenas y afrodescendientes y debilidad de la infraestructura social. La región Pacífica concentra algunos de los peores indicadores combinados de pobreza, desigualdad y salud, con Chocó como caso extremo y con una red vial y de servicios básicos insuficiente en muchos municipios, lo que encarece la provisión de bienes públicos y limita la integración territorial. Por su parte, las regiones Orinoquía y Amazonía, de baja densidad poblacional, muestran las incidencias más altas de pobreza multidimensional en el país y los peores desempeños agregados en esperanza de vida y acceso efectivo a servicios, en territorios con fuerte presencia indígena, alta dispersión rural y grandes desafíos de accesibilidad y gobernanza.

La situación socioeconómica regional tiene implicaciones directas para implementar procesos de transición energética en el país. Las diferencias regionales en pobreza, salud y desigualdad condicionan las capacidades de los territorios para incorporarse a procesos de transformación productiva y energética sin profundizar las vulnerabilidades existentes. Los territorios PDET y las regiones con mayor incidencia de pobreza multidimensional y peores indicadores de salud requieren, por tanto, estrategias de transición que prioricen la reducción de brechas en acceso a servicios básicos, el fortalecimiento institucional y la generación de oportunidades económicas, de forma que la transición energética no se convierta en un nuevo eje de desigualdad, sino en una palanca para cerrar las brechas territoriales identificadas en este capítulo.

Referencias

- CEPAL (2022). *Panorama Social de América Latina y el Caribe 2022*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago.
- Cortés Valencia, D. A., & Gómez, A. (2025a). Condiciones socioeconómicas. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Amazonas*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Valencia, D. A., & Gómez, A. (2025b). Condiciones socioeconómicas. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Arauca*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Valencia, D. A., & Gómez, A. (2025c). Condiciones socioeconómicas. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Bogotá*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Valencia, D. A., & Gómez, A. (2025d). Condiciones socioeconómicas. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de La Guajira*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.

- Cortés Valencia, D. A., & Gómez, A. (2025e). Condiciones socioeconómicas. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Nariño*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- DANE. (2021). *Proyecciones demográficas. Serie Nacional 1950- 2070*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Bogotá, D.C.
- DANE. (2022). *Pobreza monetaria y grupos de ingreso en Colombia Resultados 2021*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Bogotá.
- DANE. (2023a). *Estadísticas Vitales. Nacimientos y defunciones*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Bogotá, D.C.
- DANE. (2023b). *Indicadores de pobreza monetaria y desigualdad*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

3 Economía, infraestructura y producción

Diego Arturo Cortés Valencia y Alexander Gómez

Desde la década de 1980, y especialmente después de 1990, Colombia ha experimentado una reducción de la participación de los sectores de manufacturas y agropecuario en el total de su producto interno bruto (PIB). Este cambio productivo llevó a una especialización económica alrededor de las exportaciones minero-energéticas del país y a un crecimiento del comercio caracterizado por un alto nivel de informalidad.

En este capítulo se sistematizan las principales variables económicas del país, que permitan analizar el estado de la producción, el empleo y la infraestructura, con el fin de resaltar el potencial para la promoción de nuevos sectores productivos en Colombia, particularmente aquellos requeridos en la transición energética.

3.1 Producto Interno Bruto (PIB)

En 2022, Colombia tuvo un PIB nominal equivalente a 1.462,5 billones de pesos colombianos. Este resultado fue 7,3 % más alto que el observado en el año 2021, como se puede ver en la **figura 3-1**. Colombia tiene una economía cuyo crecimiento está fuertemente vinculado al ciclo internacional de los precios de productos básicos, en particular el petróleo y el carbón. Esto se evidencia en la caída de precios internacionales del petróleo en los años 2009 y 2015, que dependen fundamentalmente del comportamiento de la demanda mundial de energía en esos años.

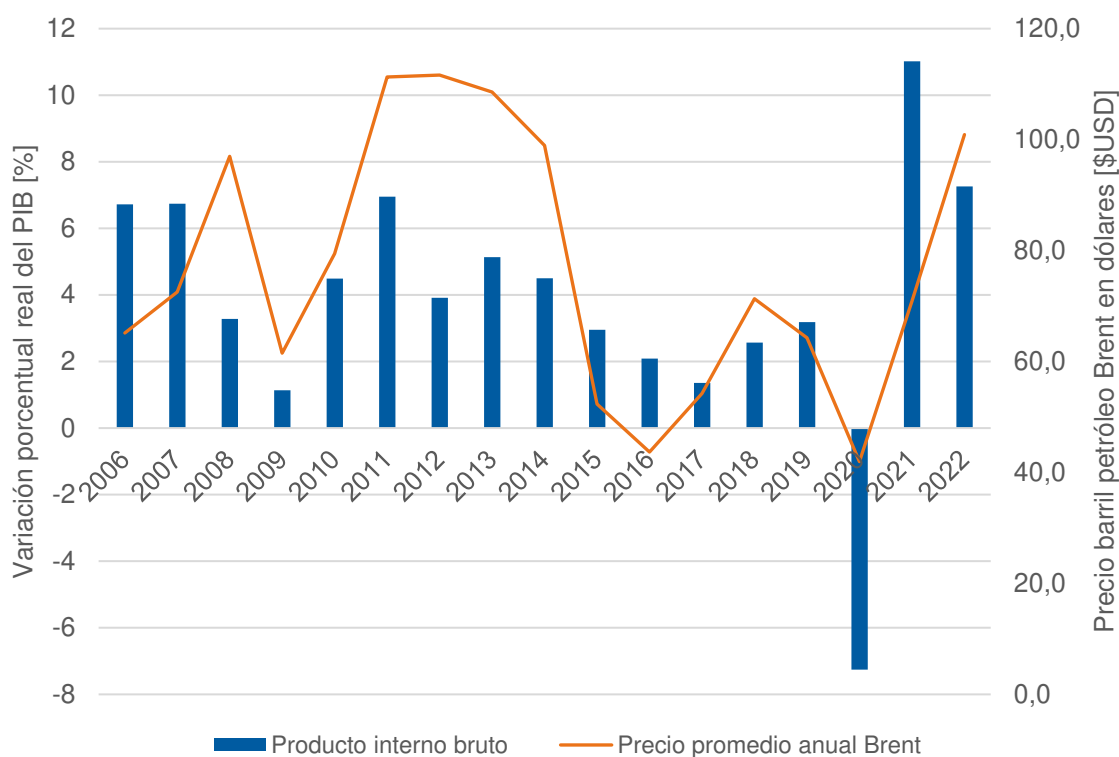


Figura 3-1. Variación porcentual real anual Producto Interno Bruto de Colombia y precio promedio anual del barril de petróleo Brent en dólares. Años 2006- 2022. Fuente: elaboración propia con información de DANE (2023a).

La estructura productiva de Colombia ha sufrido un fenómeno de desindustrialización prematura (Rodrik, 2015). Esta definición corresponde a la caída del sector de la industria manufacturera como proporción del producto interno

bruto y de los empleos totales en economías que no alcanzaron desarrollos industriales suficientes. Esta participación en el PIB se reemplaza con sectores de baja productividad y alta informalidad como el sector comercio.

Colombia experimentó un proceso de desindustrialización prematura desde la década de 1980, y especialmente desde 1990 con la apertura económica y las políticas de libre movilidad de capitales. Los efectos derivados de la reducción de los aranceles a las importaciones fueron el debilitamiento de la estructura productiva manufacturera y agrícola en el país. Como se muestra en la **figura 3-2**, en 2022, tanto las industrias manufactureras como la agricultura redujeron su participación en el PIB aproximadamente a la mitad de lo que representaban en el año 1980.

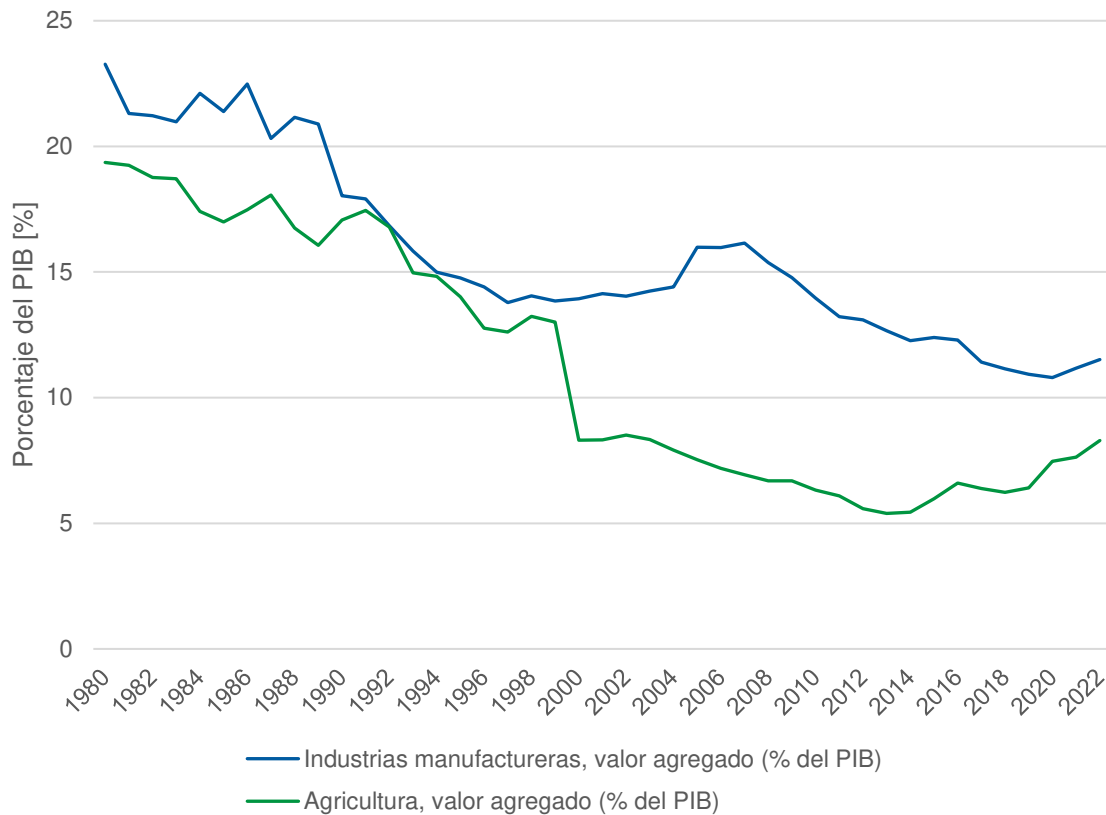


Figura 3-2. Industrias manufactureras y agricultura, valor agregado como porcentaje del PIB. Años 1980- 2022. Fuente: elaboración propia con información del Banco Mundial (2023)

Estos sectores de alto valor agregado y alta generación de empleo fueron reemplazados principalmente por el sector comercial y otros servicios. En 2022, los servicios de comercio, reparación de vehículos, transporte, alojamiento y servicios de comida representaron el 18,1 % del PIB total de Colombia. Le siguen la administración pública, el sector defensa y los servicios de salud y educación, con 15,1 % del PIB. Como se presenta en la **figura 3-3**, el sector de explotación de minas y canteras representa apenas el 3,9 % del PIB total de Colombia, y el sector de suministro de energía eléctrica, gas, distribución de agua y manejo de desechos, corresponde al 2,9 % del PIB.



Figura 3-3. Participación de sectores económico como porcentaje del Producto Interno Bruto. Año 2022. Fuente: elaboración propia con información de DANE (2023a).

3.2 Comercio exterior

Hasta la apertura económica de 1990, el comercio exterior colombiano no sumaba más de 10 mil millones de dólares en importaciones y exportaciones anuales. En la década de 1990, comienzan a crecer tanto las exportaciones como las importaciones del país, así como el diferencial del déficit comercial. Mientras que en la década de 1980 los años en déficit fueron en promedio de - \$ 972 millones de dólares anuales, los observados en la década de 1990 fueron de - \$ 2.523 millones de dólares en promedio anual.

El crecimiento del comercio internacional observado en la década del 2000 correspondió al auge minero y energético que vivió el mundo debido al incremento de los precios internacionales de los productos básicos, y las importaciones siguieron un camino semejante en ese periodo de auge económico con altos niveles de inversión y consumo. Del mismo modo, se observa una caída en 2014, que coincide con la caída del ciclo de precios de los productos básicos; sin embargo, la demanda de importaciones no se redujo proporcionalmente, incrementando el déficit comercial y persistiendo hasta el año 2022, como se representa en la **figura 3-4**.

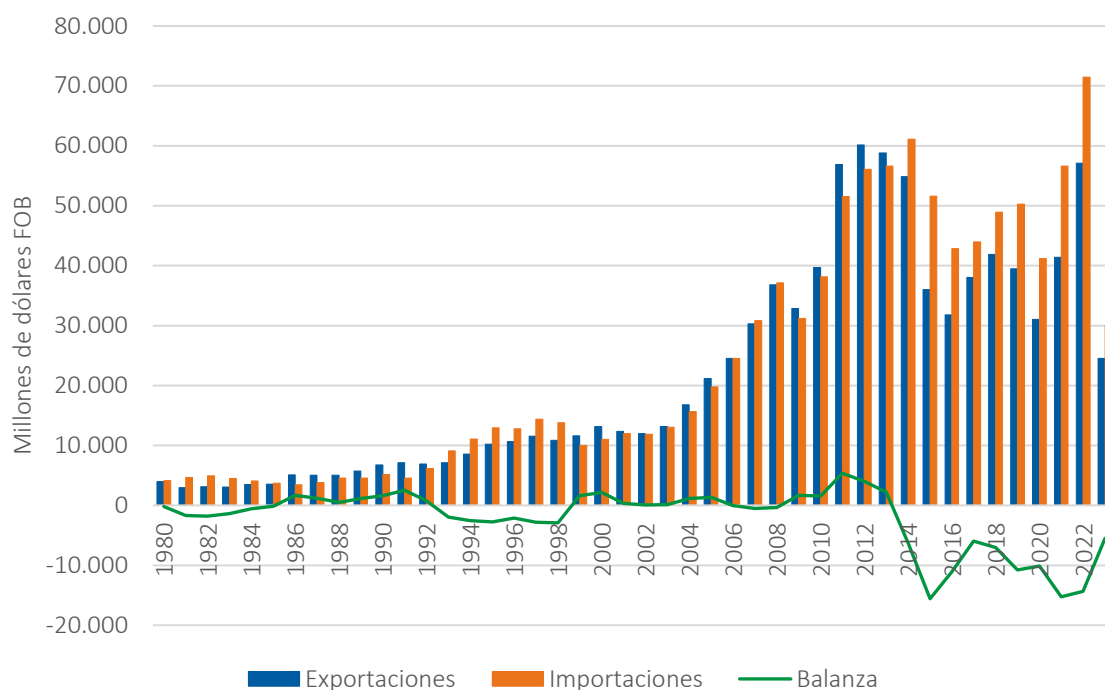


Figura 3-4. Exportaciones, importaciones y balanza comercial de Colombia. Años 1980-2022. Fuente: Elaboración propia con información de la Balanza comercial (DANE, 2023b).

3.2.1 Exportaciones

Debido a la estructura productiva reprimarizada del país, las exportaciones se concentran en pocos productos, estrechamente ligados a la estructura histórica minero-energética y de agricultura tropical del país. Como muestra la **figura 3-5**, el 55,5 % de las exportaciones en 2022 se concentraron en carbón (hulla, coque y briquetas), petróleo y derivados del petróleo. Los siguientes productos son el café y el oro, que sumados a los anteriores representan cerca del 69 % del total de las exportaciones colombianas.

Todos estos productos, que componen las principales exportaciones del país, son sensibles a los precios internacionales de los productos básicos. Al tratarse de productos básicos de bajo valor agregado, las fluctuaciones de los precios internacionales afectan fuertemente la balanza comercial del país y el ingreso de divisas a la economía, con efectos directos sobre la tasa de cambio. Esto pone de manifiesto la vulnerabilidad externa del país y su dependencia del ciclo internacional de los precios de los productos básicos para crecer.

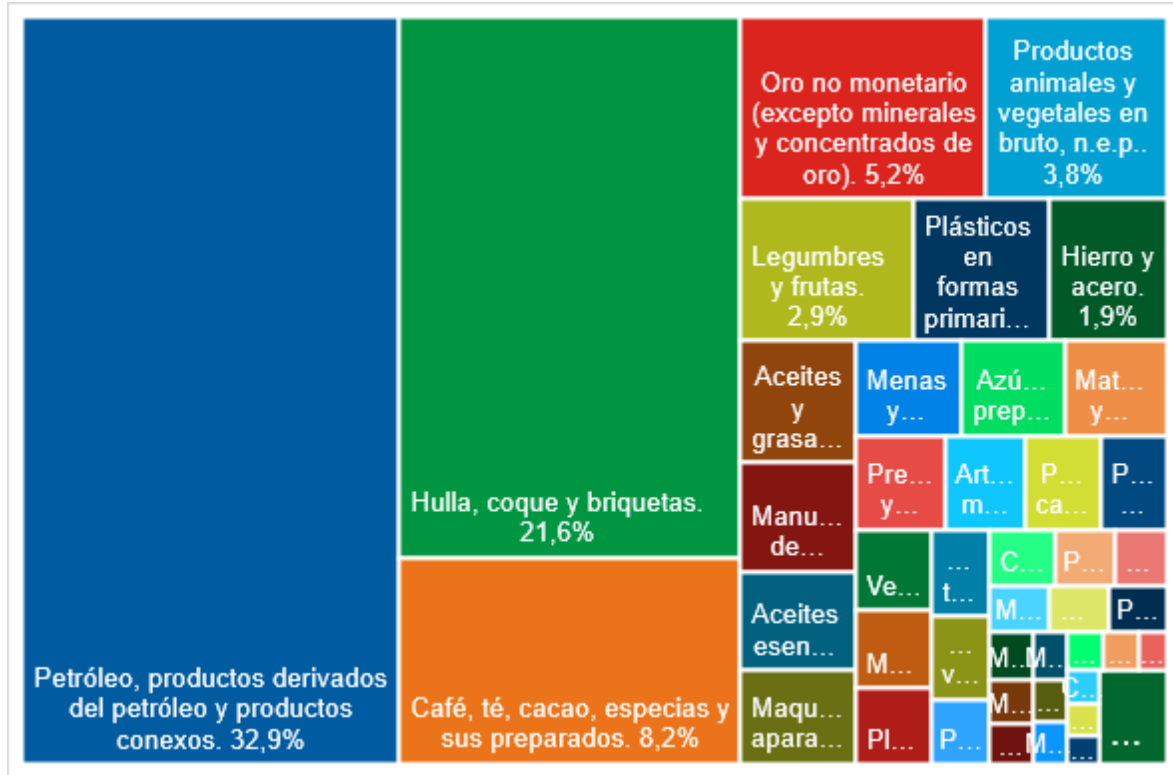




Figura 3-6. Porcentaje de importaciones de Colombia según clasificación CIIU revisión 4 (Clasificación Industrial Internacional Uniforme). Año 2022. Fuente: elaboración propia con información de importaciones (DANE, 2023d).

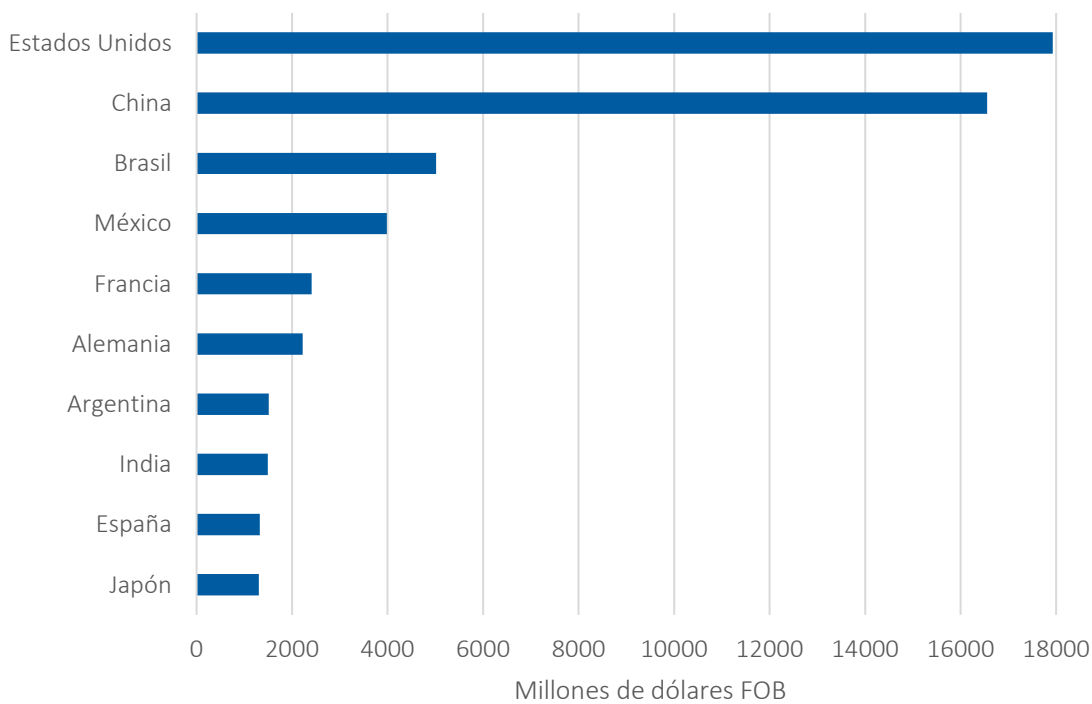


Figura 3-7. Importaciones a Colombia según país de origen en millones de dólares. Principales países. Año 2022. Fuente: elaboración propia con información de importaciones (DANE, 2023d).

3.3 Empleo y desempleo

3.3.1 Desempleo

Colombia se ha caracterizado por un alto nivel de desempleo en las últimas décadas. Comparado con el promedio de América Latina, Colombia tiene una tasa de desempleo superior en 3,8 puntos porcentuales a la de la región para los años revisados en la **figura 3-8**. Comparado con los países miembros de la OCDE, la diferencia supera los 4,8 puntos porcentuales promedio, y comparado con el promedio mundial, la diferencia es de 5,5 puntos porcentuales.

Las diferencias han sido persistentes tanto en los años de bonanza económica (2011) como en los de crisis (2001), y no ha habido ningún cambio extraordinario a lo largo de las décadas, a pesar de la implementación de reformas estructurales de apertura económica y libre movilidad de capitales desde 1990 y de acuerdos de inversión y tratados de libre comercio en la década de 2010.

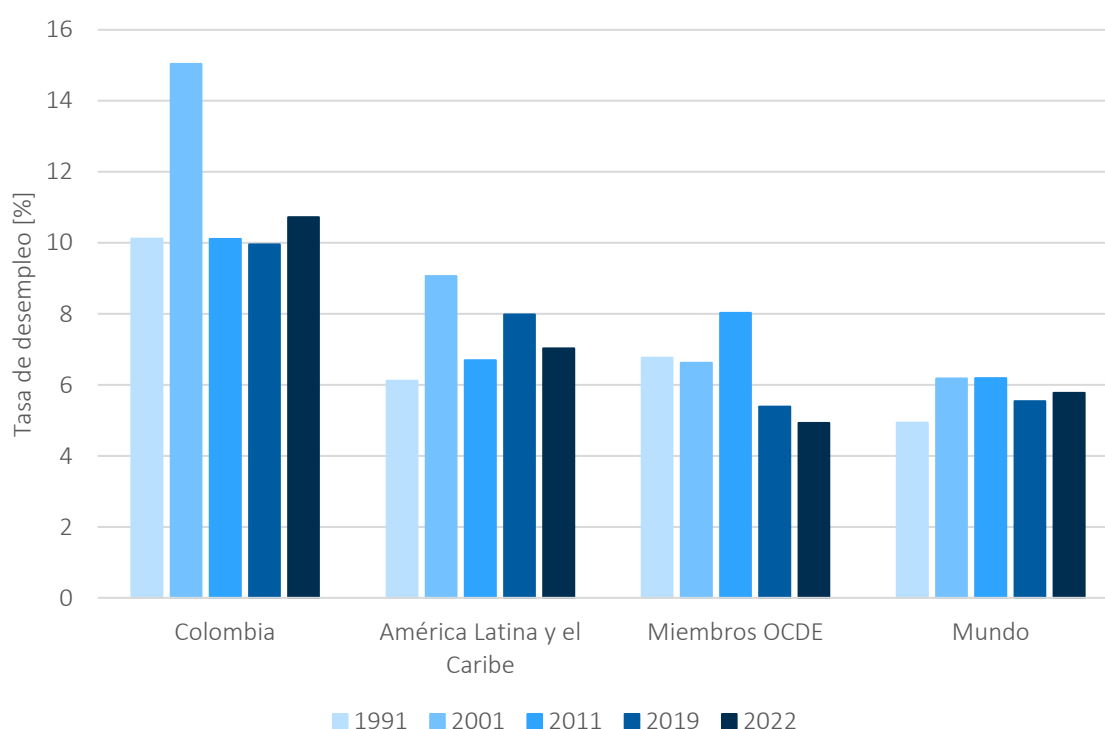


Figura 3-8. Tasa de desempleo como porcentaje de la población activa total. Años 1991, 2001, 2011, 2019 y 2022. Fuente: elaboración propia con información del Banco Mundial (2023).

3.3.2 Empleo

En 2022, el sector con mayor proporción del desempleo en Colombia fue el de comercio y reparación de vehículos (con 18 % del total de ocupados). El peso relevante del sector comercial está relacionado con la transformación productiva del país desde la apertura económica de 1990, que provocó que la agricultura pasara de representar el 26 % de la población ocupada en 1991 al 16 % en 2018, y que los ocupados en el sector industrial pasaran del 15 % al 12 % en los mismos años (DANE, 2019).



Figura 3-9. Ocupados por rama de actividad económica en Colombia. En miles de personas. Año 2022. Suministro de electricidad, gas, agua y gestión de desechos incluye la rama de Explotación de minas y canteras. Fuente: elaboración propia con información de la Gran Encuesta Integrada de Hogares, (DANE, 2023e).

3.4 Estructura fiscal

Los ingresos fiscales de Colombia provienen de dos fuentes principales: los impuestos sobre la renta y el IVA e impuestos al consumo. En 1990, estas partidas representaban el 73,3 % del recaudo total de impuestos y alcanzaron el 89,4 % del total en 2022. Aunque los aranceles representaban el 25 % del ingreso tributario en 1990, la apertura económica de esa década y los tratados de libre comercio de la década de 2010 los redujeron al 3,1 % del total del recaudo, como se aprecia en la **figura 3-10**.

En cuanto al impuesto a la gasolina y al ACPM, se recauda desde 2013 como mecanismo de financiamiento para el Fondo de Estabilización de Precios de Combustibles. En 2016, alcanzó a ser el 3 % del recaudo total de impuestos, pero se redujo para los años siguientes. Junto con el impuesto al carbono, no representan más del 1,3 % de la recaudación anual entre 2017 y 2022.

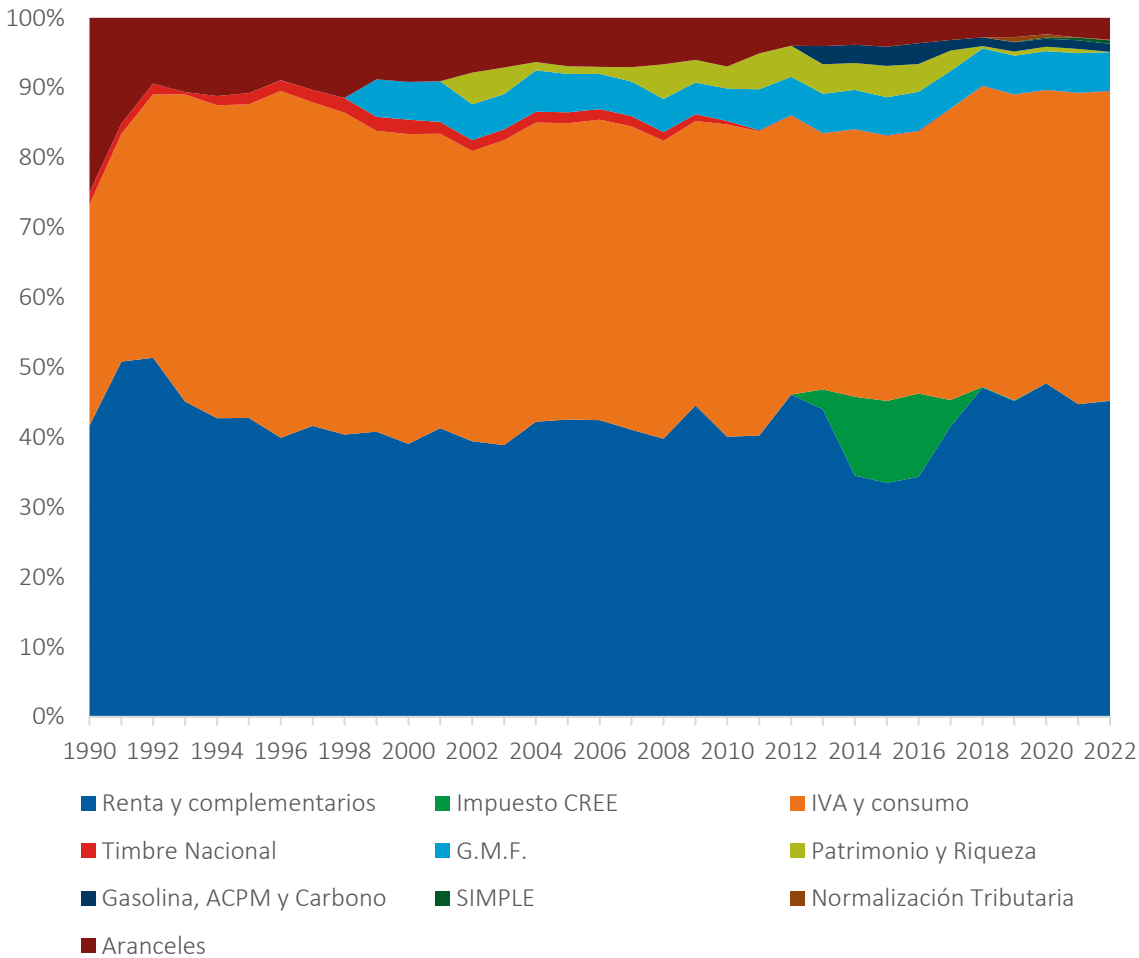


Figura 3-10. Recaudo tributario por tipo de impuesto, como porcentaje del total recaudado [%]. Años 1990-2022. Fuente: elaboración propia con información de estadísticas de recaudo anual (DIAN, 2023).

Desde 1970, se han realizado 25 reformas tributarias distintas, con un promedio de reforma cada 1,6 años (Cortés, 2020). La participación de los impuestos indirectos, como el IVA y el impuesto al consumo, se ha profundizado, mientras que la participación del impuesto sobre la renta se ha mantenido constante a lo largo de las décadas. La mayor parte del impuesto a la renta proviene de los impuestos a las empresas, mientras que la recomendación internacional es que se dirija a las personas naturales.

El recaudo tributario de la DIAN en el año 2022 fue de \$ 212 billones de pesos, que equivalen al 14,5 % del PIB del país (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2023). Comparado con los ingresos tributarios totales como proporción del PIB en la región, el recaudo del país en 2021 (19,5 %) es inferior al promedio de América Latina y el Caribe (con 21,7 %), a países de la región como Chile (22,2 %), Bolivia (22,6 %), Argentina (29,1 %) y Brasil (33,5 %), y también al promedio de los países de la OCDE (34,1 %), (CEPAL, 2023). Por lo tanto, a pesar de las continuas reformas tributarias, no se logra alcanzar el promedio de los países de la región.

Se estima que los ingresos totales del gobierno central nacional provenientes del sector petrolero serán equivalentes al 2,8 % del PIB en 2023, y no superarán el 0,9 % del PIB promedio anual de 2024 a 2034.

En cuanto al gasto público y el déficit fiscal, Colombia ha experimentado un incremento del déficit como consecuencia del gasto destinado a la atención de la pandemia del COVID-19. En el año 2020, el balance total fue deficitario en

-7 % del PIB y en el año 2021 fue 5,3 % del PIB. Buena parte de estos gastos del déficit corresponde al pago de intereses, que asciende al 4,3 % del PIB en 2022, (MinHacienda, 2023). Respecto a la deuda neta del gobierno nacional central, alcanzó el 60,7 % del PIB en 2020 y 57,9 % en 2022. La regla fiscal define el nivel de ancla de deuda neta en 55 % del PIB, por lo que el Ministerio estima que este nivel se alcanzará en 2034, (MinHacienda, 2023).

3.4.1 Regalías

El Sistema General de Regalías es un esquema de coordinación y distribución de los ingresos derivados de la explotación de recursos naturales no renovables, como los minerales y los hidrocarburos. Esto implica que los ingresos no son solo para los departamentos donde se realizan las explotaciones, sino que existe una distribución diferencial en todo el país y también se priorizan sectores de inversión. El 92,5 % de los recursos son de inversión, que implica asignaciones directas a los municipios y corresponde al 25 %, también asignaciones para inversiones locales (15 %), con prioridad en municipios con altas necesidades básicas insatisfechas y pequeños y grupos étnicos. La asignación para inversión regional en departamentos (20,4 %) y regiones (13,6 %) y asignaciones para ciencia, tecnología e innovación (10 %), la paz (7 %), ambiental (1 %) y para el Río Magdalena y el Canal del Dique (0,5 %). Otro porcentaje es un ahorro (4,5 %) y 3 % para la administración del propio sistema.

Para el bienio 2021-2022 se habían proyectado ingresos por \$ 15,43 billones de pesos. Sin embargo, el recaudo llegó a ser de \$ 25,1 billones, 163 % más que el proyectado. El alto recaudo se explicó por los cambios en los precios de los hidrocarburos, principalmente el precio del petróleo que estuvo por encima del precio proyectado desde el Ministerio de Hacienda. La tasa de cambio también fue más alta que la proyectada. Precisamente por ser ingresos volátiles por el contexto internacional y macroeconómico, las regalías tienen un presupuesto independiente al presupuesto general de la nación y tienen una destinación específica en inversión. Colombia tiene una gran dependencia exportadora en esto bienes básicos, y por ser ingresos de recursos no renovables es fundamental que se inviertan adecuadamente para promover el desarrollo económico y social de los departamentos y municipios y que fortalezcan capacidades productivas en sectores distintos al minero y petrolero.

3.5 Infraestructura

Colombia, de manera similar a los países de la región, cuenta con una infraestructura de transporte concentrada en la infraestructura vial. En el caso colombiano, la infraestructura de carreteras representó el 71 % del total de modo de transporte de carga en 2019 (Weikert, 2021), muy cerca del promedio latinoamericano (76 %). En esta sección se revisan las principales características de la infraestructura del país en comparación con ejemplos regionales y mundiales.

3.5.1 Infraestructura vial

La infraestructura vial en Colombia es inferior en magnitud a la de los países desarrollados. Como se presenta en la **figura 3-11**, mientras que en los países europeos de la OCDE la densidad de la red vial total fue de 180,3 km de vía por cada 100 km² en 2015, la densidad total de la red vial en el caso de Colombia fue de 18,5 km, que se sitúa incluso por debajo del promedio de 16 países de América Latina, como Panamá, México y Argentina (un indicador que también está asociado a las condiciones específicas del territorio colombiano).

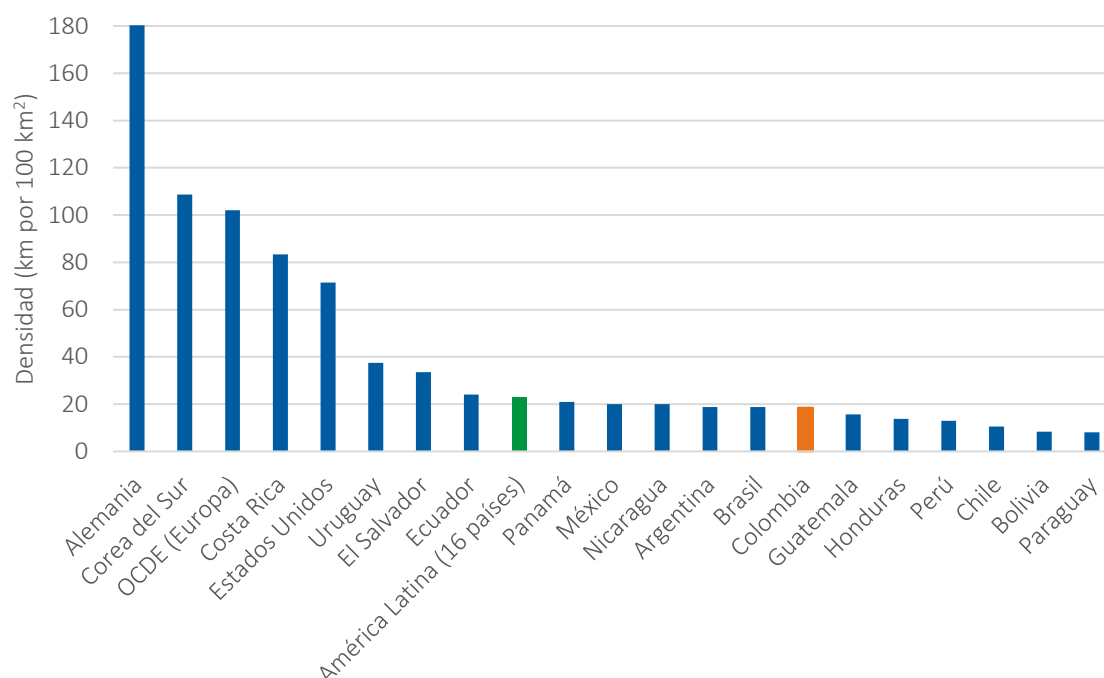


Figura 3-11. Densidad de red vial total (km por 100 km²) en América Latina y los países y regiones seleccionados. Año 2015. Fuente: elaboración propia con información de Weikert (2021).

3.6 Contexto regional

3.6.1 Región Caribe

La región Caribe agrupa siete departamentos continentales (Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena y Sucre) cuyo PIB conjunto en 2022 se estima en torno a 190 billones de pesos corrientes, equivalente a aproximadamente el 13 % del PIB nacional (1.462,5 billones de pesos), un peso muy inferior al de su participación demográfica en el país. Dentro de la región, Atlántico es el departamento más dinámico, con un PIB de 63,7 billones de pesos y un crecimiento real de 9,3 % en 2022, el segundo más alto entre todos los departamentos del país después de Bogotá (9,4 %), impulsado por su vocación industrial y portuaria. Bolívar, con 51,6 billones de pesos, también creció por encima del promedio nacional (8,7 % frente a 7,3 %), reflejando la fortaleza de su complejo petroquímico y portuario en Cartagena. En contraste, La Guajira fue el único departamento del país con variación negativa del PIB en 2022 (-3,6 %), asociada a la caída en la producción de carbón térmico, lo que evidencia la vulnerabilidad de una economía dependiente de un solo sector extractivo.

En comercio exterior, la región concentra los principales puertos marítimos del país (Barranquilla, Cartagena y Santa Marta), lo que le otorga un peso desproporcionado en el movimiento de carga de comercio exterior frente a su aporte al PIB, aunque buena parte de esa actividad corresponde a carga de tránsito hacia el interior del país y no necesariamente genera valor agregado regional. La estructura exportadora combina carbón (La Guajira, Cesar), derivados de petróleo y químicos (Bolívar) y agroindustria (Magdalena, Cesar), lo que mantiene una alta dependencia de productos primarios y de precios internacionales de materias primas, en línea con el patrón de especialización minero-energética descrito para el país en su conjunto.

En el mercado laboral, la región Caribe presenta una de las mayores brechas de informalidad del país, con departamentos como La Guajira registrando tasas de desocupación elevadas y una fuerte dependencia del empleo

informal urbano y rural (Cortés Valencia & Gómez, 2025b). A nivel nacional, la tasa de desempleo en 2022 fue de 11,2 %, con 2,8 millones de personas desempleadas, de las cuales una parte importante se concentra en las principales ciudades del Caribe, aunque estas también combinan alta informalidad, no reflejada plenamente en la tasa de desempleo abierto.

Fiscalmente, la región mantiene una fuerte dependencia de las transferencias del Sistema General de Participaciones y, en departamentos productores de carbón como La Guajira y Cesar, de las regalías mineras, cuya volatilidad afecta directamente la inversión pública territorial ante caídas en la producción o los precios internacionales, como ocurrió en 2022 con la contracción del PIB de La Guajira. En infraestructura, los departamentos caribeños presentan resultados heterogéneos en el Índice Departamental de Competitividad: mientras Atlántico y Bolívar se ubican en posiciones intermedias-altas gracias a su infraestructura portuaria y logística, departamentos como La Guajira, Magdalena, Sucre y Córdoba registran puntajes bajos en el pilar de infraestructura, con coberturas de acueducto y alcantarillado inferiores al 80% en varios municipios, según los informes nacionales de coberturas de servicios públicos.

Adicionalmente, San Andrés, Providencia y Santa Catalina, como componente insular asociado al análisis de esta región, registra un PIB de apenas 2,1 billones de pesos en 2022, el más bajo entre los departamentos con estatus propio, reflejando una economía pequeña y altamente dependiente del turismo y sujeta a alta vulnerabilidad climática y logística por su condición insular (Cortés Valencia & Gómez, 2025e).

Desde la perspectiva de la transición energética, la región Caribe combina ventajas estratégicas mediante un alto potencial eólico y solar en La Guajira y el litoral atlántico, e infraestructura portuaria para exportación de hidrógeno verde o derivados, con riesgos sociales derivados de la transición justa del sector carbonífero, que deberá gestionar el empleo y los ingresos fiscales de departamentos como La Guajira y Cesar en un escenario de descarbonización gradual. Al mismo tiempo, su estructura económica y productiva basada en servicios, turismo y transporte, anticipa una demanda energética creciente asociada al uso de refrigeración y aire acondicionado en climas cálidos, a la operación de la actividad turística y a un sector transporte intensivo en combustibles fósiles, lo que plantea la necesidad de articular el despliegue de energías renovables con estrategias de eficiencia, electrificación y descarbonización progresiva de estos usos finales de energía.

3.6.2 Región Andina

La región Andina concentra el núcleo económico del país, con una estructura productiva diversificada y una alta participación en el PIB nacional. En 2022, Bogotá, D.C., Antioquia y Valle del Cauca aportaron en conjunto el 48,5 % del PIB de Colombia, mientras que al sumar Santander y Cundinamarca se alcanza el 65,5 % del PIB, lo que refleja el peso dominante de esta región en la actividad económica nacional. Bogotá D.C. registró un PIB de 357,3 billones de pesos, equivalente al 24,4 % del total nacional, seguida por Antioquia con 212,5 billones (14,5 %) y Valle del Cauca con 139,9 billones (9,6 %), consolidando un corredor central donde la industria, el comercio, los servicios avanzados y la administración pública se articulan como motores de crecimiento (Cortés Valencia & Gómez, 2025a, 2025c, 2025d).

La estructura sectorial de la región Andina evidencia esta diversificación. En Bogotá, las actividades de comercio al por mayor y al por menor, transporte, alojamiento y servicios de comida son el principal aportante al PIB, con un crecimiento de 11,3 % en 2022; les siguen las actividades artísticas, de entretenimiento y recreación, la construcción y la industria manufacturera, todas con crecimientos de dos dígitos. En Antioquia y Valle del Cauca se combina una importante base manufacturera (textiles, alimentos, químicos, metalmecánica) con servicios de comercio, transporte y servicios empresariales, así como con una producción agrícola de alto valor agregado (café, flores, agroindustria). Santander y Cundinamarca refuerzan esta estructura con actividades industriales y agroindustriales relevantes,

además de logística y servicios especializados, lo que sitúa a la región en una posición favorable para liderar la transición hacia sectores productivos más sofisticados y menos intensivos en carbono.

En el mercado laboral, la región Andina presenta tasas de desempleo relativamente menores que el promedio nacional, aunque con diferencias entre ciudades. En 2022, la tasa de desempleo nacional fue de 11,2 %, mientras que en Bogotá se ubicó alrededor de 13–14 % en algunos trimestres, reflejando una dinámica urbana compleja con alta rotación laboral y presencia de empleo informal, pero también una capacidad de absorción de mano de obra superior a otras regiones. Ciudades como Medellín y Bucaramanga registraron tasas cercanas al 9–10 %, mostrando mercados laborales más equilibrados, mientras que otras capitales andinas (Manizales, Pereira, Pasto, Ibagué) combinan niveles de desempleo moderados con estructuras productivas más dependientes de servicios y actividades de menor productividad. Estas diferencias internas anticipan que la transición productiva tendrá efectos heterogéneos sobre el empleo, requiriendo políticas de formación, reconversión laboral y apoyo a sectores emergentes.

En términos fiscales e infraestructura, los departamentos andinos cuentan con mayores ingresos propios y mejor capacidad de gestión tributaria que otras regiones, complementados con transferencias nacionales. En Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca, la base tributaria se sustenta en una economía más formal y diversificada, lo que permite niveles más altos de inversión en infraestructura, transporte, servicios públicos y equipamientos sociales. Los indicadores de infraestructura del Índice Departamental de Competitividad sitúan a varios departamentos andinos en posiciones altas o intermedias, reflejando una red vial más densa, mejores condiciones de conectividad terrestre y mejores coberturas de acueducto y alcantarillado que las disponibles en regiones periféricas como Amazonía, Orinoquía o algunos departamentos del Caribe y la región del Pacífico. No obstante, persisten brechas importantes entre los núcleos metropolitanos y corredores rurales de montaña, donde la provisión de infraestructura y servicios públicos sigue siendo limitada y afecta tanto la productividad como la calidad de vida.

Por su localización en el interior del país, la región Andina depende de manera crítica de una infraestructura robusta para articularse con el resto del territorio y con los principales puertos del Caribe y del Pacífico. La densidad y calidad de las redes viales, de transporte de carga y pasajeros, así como de transmisión de energía eléctrica, condicionan tanto la competitividad de sus actividades industriales, comerciales y de servicios como su capacidad para aprovechar los flujos de comercio exterior y las nuevas cadenas de valor asociadas a la transición energética. En este sentido, la reconversión productiva hacia sectores de menor intensidad de carbono y mayor intensidad tecnológica se apoyará no solo en la diversificación económica y las capacidades institucionales de Bogotá, Antioquia, Valle del Cauca y Santander, sino también en la mejora de los corredores logísticos que las conectan con los puertos marítimos y con regiones periféricas, y en la modernización de las redes de transporte y distribución de energía. Que la región Andina pueda liderar la transición energética depende, por tanto, de combinar sus ventajas económicas y de infraestructura con políticas que reduzcan las brechas internas entre grandes áreas metropolitanas y territorios rurales de montaña, de manera que el cambio tecnológico y energético contribuya a un desarrollo más equilibrado y sostenible en todo el centro del país.

3.6.3 Región Pacífica

La región del Pacífico, conformada por Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño⁴, aporta alrededor del 13,2 % del PIB nacional, con un producto agregado cercano a 193,4 billones de pesos en 2022. Dentro de la región, el Valle del Cauca concentra el 72,3 % del PIB, equivalente al 9,6 % del total del país, lo que lo ubica como la tercera economía nacional después de Bogotá y Antioquia. Cauca aporta cerca del 1,8 %, Nariño el 1,5 % y Chocó apenas el 0,4 %, reflejando una

⁴ Ver la nota metodológica en el capítulo 1 sobre la clasificación regional del IGAC, que reconoce a Nariño y al Valle del Cauca como departamentos compartidos entre las regiones Andina y Pacífica.

estructura fuertemente concentrada en un eje departamental que combina industria, comercio y agricultura, mientras subsisten economías departamentales de menor escala y alta vulnerabilidad.

La estructura productiva regional está impulsada por tres grandes bloques: comercio, manufactura y agricultura. Para 2022, el comercio al por mayor y al por menor contribuyó alrededor del 12,8 % al PIB regional, las industrias manufactureras el 16,9 % y la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca el 17,3 %, de modo que estos tres sectores explican cerca de 43 % de la producción del Pacífico. En el Valle del Cauca se concentra un tejido empresarial manufacturero de gran tamaño, conformado principalmente por alimentos, azúcar, productos de molinería, aceites y grasas, confitería, cosméticos, bienes intermedios, que integra la región a cadenas globales de suministro y exportación (Cortés Valencia & Gómez, 2025d). Departamentos como Cauca y Nariño aportan de manera significativa en agricultura y agroindustria con caña de azúcar, frutas y productos pecuarios, y en manufacturas de menor escala, mientras que Chocó mantiene una estructura productiva más limitada, con actividades extractivas, forestales y de servicios en condiciones de menor productividad.

El Pacífico se articula al comercio exterior a través de Buenaventura, principal nodo logístico del país sobre el océano Pacífico. En 2022, la zona portuaria de Buenaventura movilizó cerca de 19,7 millones de toneladas de carga, de las cuales 4,3 millones correspondieron a exportaciones, 14,2 millones a importaciones y 1,2 millones a cabotaje y transbordo. Este puerto maneja aproximadamente el 40 % de la carga marítima de comercio exterior no minero-energética de Colombia y más del 44 % de la carga en contenedores, consolidándose como puerta de entrada y salida de materias primas, bienes de consumo y tecnología para empresas de al menos 30 departamentos del país. La región del Pacífico, y en particular el Valle del Cauca, se posicionan así como nodo logístico para el suroccidente colombiano, con menores costos logísticos promedio que otras regiones, lo que refuerza su papel en la competitividad nacional.

En el mercado laboral, esta región combina la presencia de un gran mercado urbano en Cali, con estructuras laborales más frágiles en ciudades como Quibdó, Pasto y Popayán, donde el empleo formal es más limitado y la informalidad tiene un peso elevado. La importancia del comercio y los servicios en la estructura productiva regional se refleja en la participación del sector comercio en la empleabilidad, que alcanza más del 19 % de los puestos de trabajo en el Valle del Cauca, y en la dependencia de ocupaciones con baja protección social en las áreas urbanas y rurales de Cauca, Nariño y Chocó. Estas características sugieren que los cambios en la dinámica del comercio, la industria y la logística tendrán efectos significativos sobre el empleo regional, tanto en términos de oportunidades como de riesgos para grupos vulnerables.

En términos fiscales e infraestructura, el Valle del Cauca cuenta con una base tributaria relativamente robusta y con capacidad de inversión en infraestructura vial, portuaria y de servicios públicos, mientras que Cauca, Nariño y, especialmente, Chocó siguen dependiendo en mayor medida de transferencias nacionales y presentan rezagos en redes viales, cobertura de servicios públicos básicos y equipamientos logísticos. La infraestructura vial de la región constituye uno de los pilares de su economía: se estima que por los corredores del Pacífico circula cerca del 60 % de la carga destinada al comercio internacional que entra y sale por Buenaventura y por la frontera con Ecuador, lo que hace de estos corredores un componente crítico de la competitividad nacional. Sin embargo, las brechas en la calidad de las vías secundarias y terciarias, así como en la infraestructura interna de Chocó y zonas rurales de Cauca y Nariño, limitan la articulación de amplios territorios a estos flujos de comercio y producción.

La articulación del Pacífico con la transición energética se entiende, en este contexto, a partir de su rol en producción, logística y consumo de energía. El peso de la industria, el comercio, la agricultura y las operaciones portuarias anticipa una demanda energética significativa en procesos productivos, cadenas de frío, transporte de carga y servicios urbanos, en coherencia con la estructura nacional donde el sector transporte concentra alrededor de 40–44 % del consumo energético final y la industria cerca de una cuarta parte. Para la región del Pacífico, los desafíos de transformación se relacionan con la descarbonización de la logística portuaria y los corredores viales (electromovilidad

de carga y pasajeros y eficiencia en operaciones portuarias) y con la modernización energética de la industria manufacturera y la agroindustria, aprovechando su posición como nodo de exportaciones y su potencial para reducir la intensidad energética de la producción. En paralelo, los rezagos de infraestructura y las condiciones de alta vulnerabilidad social en departamentos como Chocó implican que cualquier estrategia de transición energética deberá integrar objetivos de equidad territorial, mejora de accesos a servicios básicos y fortalecimiento institucional, para que la transformación del sistema energético y productivo contribuya efectivamente a cerrar brechas y no a ampliarlas.

3.7 Síntesis

La situación económica de Colombia en 2022 muestra un país con un PIB de 1.462,5 billones de pesos y una estructura productiva que ha transitado desde la centralidad de la industria manufacturera y la agricultura hacia un peso cada vez mayor del comercio y los servicios, en un contexto de desindustrialización prematura y alta dependencia del ciclo internacional de precios de petróleo y carbón. Esta transformación ha permitido sostener el crecimiento agregado (7,3% real en 2022), pero también ha consolidado una matriz productiva con segmentos de baja productividad y elevada informalidad, que condiciona tanto la calidad del empleo como la capacidad de diversificar la economía.

Desde el punto de vista territorial, la distribución del PIB confirma una fuerte concentración en la región Andina, donde Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca aportan casi la mitad de la producción nacional, mientras que las regiones del Pacífico, Caribe, Orinoquía y Amazonía tienen un peso mucho menor, aunque con funciones estratégicas diferenciadas. El Pacífico aporta alrededor del 13,2 % del PIB, articulando manufactura, comercio y agricultura con el principal nodo logístico marítimo del país en Buenaventura; la región Caribe combina actividades de servicios, comercio y minería de carbón con puertos clave en el Atlántico; Orinoquía y Amazonía presentan economías de menor escala, apoyadas en actividades agropecuarias y extractivas. Esta geografía económica revela que los procesos de transición productiva y energética se desplegarán sobre bases territoriales muy desiguales, que deben ser consideradas explícitamente en la planificación.

En comercio exterior, el país mantiene una alta dependencia de exportaciones minero-energéticas, al tiempo que concentra buena parte del comercio no minero en nodos específicos: los puertos de la región Caribe para tráfico hacia el Atlántico y Estados Unidos, y Buenaventura para conexiones con la cuenca del Pacífico. Los flujos de importación y exportación atraviesan corredores logísticos que conectan la región Andina con las costas, lo que hace de la calidad de la infraestructura vial y portuaria un factor crítico para la competitividad nacional y para cualquier reconfiguración de las cadenas de valor asociadas a sectores verdes y nuevas tecnologías. Así, la articulación entre regiones interiores y costeras no solo es un asunto de transporte, sino un elemento estructural de la forma en que Colombia puede insertarse en la transición energética global.

En empleo y estructura fiscal, el país presenta una combinación de tasas de desempleo en descenso (11,2 % en 2022) con altos niveles de informalidad, particularmente en regiones periféricas y en sectores de comercio y servicios de baja productividad. La región Andina concentra mercados laborales más dinámicos y bases tributarias más robustas, mientras que Caribe, Pacífica, Orinoquía y Amazonía dependen en mayor medida de transferencias del nivel central y, en algunos casos, de regalías asociadas a sectores extractivos como el carbón y los hidrocarburos. Estas diferencias fiscales se traducen en capacidades muy dispares para invertir en infraestructura económica (vías, puertos, energía, logística) y social (educación, salud, servicios), lo que condiciona la posibilidad de que cada región participe de manera equilibrada en las oportunidades de la transición hacia nuevas actividades productivas.

La infraestructura, por su parte, refuerza la estructura de un país con corredores relativamente consolidados en el centro andino y en los ejes de conexión hacia las costas, pero con rezagos importantes en redes secundarias y terciarias, así como en la cobertura y calidad de servicios públicos en departamentos de la Amazonía, Orinoquía y

parte del Caribe y Pacífico. La existencia de Zonas No Interconectadas en 16 departamentos, que abarcan cerca del 52 % del territorio nacional, y dependen de soluciones locales basadas en diésel o fuentes renovables descentralizadas, evidencia que la transición energética no puede establecerse solo desde grandes proyectos y corredores de transmisión, sino también desde la mejora de las condiciones básicas de acceso a la energía en territorios rurales y dispersos.

En conjunto, este capítulo muestra que la economía, la infraestructura y la producción de Colombia configuran una estructura territorial en la que coexisten núcleos diversificados y relativamente competitivos con regiones que mantienen estructuras productivas frágiles y altos niveles de dependencia de sectores extractivos o de bajo valor agregado. Para que la transición energética tenga viabilidad, será necesario aprovechar las fortalezas de las regiones con mayor peso económico (Andina, Caribe y Pacífica) en términos de diversificación, infraestructura y capacidad institucional, al tiempo que se diseñan estrategias específicas para Orinoquía y Amazonía que integren objetivos de equidad territorial, acceso a servicios básicos, fortalecimiento fiscal y diversificación productiva. Más que un simple proceso de transformación tecnológica, el contexto para la transición energética regional se analiza en los capítulos posteriores interrelacionando las realidades económicas y territoriales para orientar un proceso de transformación que reduzca la intensidad de carbono de la economía sin reproducir, ni profundizar, las desigualdades que este capítulo ha puesto en evidencia.

Referencias

- Banco Mundial. (2023). *Industria, valor agregado (% del PIB)*. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NV.IND.TOTL.ZS>
- CEPAL. (2023). *Estadísticas tributarias en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago.
- Cortés, D. (2020). *Impacto de la política tributaria sobre la distribución funcional del ingreso en Colombia (años 1970-2018)*. Bogotá, D.C., Colombia.
- Cortés Valencia, D. A., & Gómez, A. (2025a). Condiciones socioeconómicas. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Bogotá*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Valencia, D. A., & Gómez, A. (2025b). Condiciones socioeconómicas. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de La Guajira*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Valencia, D. A., & Gómez, A. (2025c). Condiciones socioeconómicas. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Medellín*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Valencia, D. A., & Gómez, A. (2025d). Condiciones socioeconómicas. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Valle del Cauca*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Valencia, D. A., & Gómez, A. (2025e). Condiciones socioeconómicas. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- DANE. (2019). *Indicadores históricos de competitividad en Mercado Laboral*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Bogotá, D.C.

- DANE. (2023a). *Producto interno bruto PIB*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2023b). *Balanza comercial*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2023c). *Exportaciones*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2023d). *Importaciones*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2023e). *Gran Encuesta Integrada de Hogares*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DIAN. (2023). *Estadísticas de recaudo anual*. Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales.
- MinHacienda. (2023). *Marco Fiscal de Mediano Plazo 2023*. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Bogotá, D.C.
- Rodrik, D. (2015). *Premature Deindustrialization*. National Bureau of Economic Research.
- Weikert, F. (2021). *Infraestructura resiliente: un imperativo para el desarrollo sostenible*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago.

4 Desafíos y tensiones sociales

Liliana Constanza Delgado Betancourth y Alexander Gómez Mejía

Este capítulo analiza los desafíos y las tensiones sociales asociados a la transición energética en Colombia, tomando como referencia analítica la tipología de conflictos sociales desarrollada por la línea de investigación en desarrollo rural y ordenamiento territorial del Instituto de Estudios Interculturales de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, (Duarte Torres *et al.*, 2021). Esa tipología constituye un insumo bibliográfico externo utilizado como marco de referencia para organizar el análisis presentado en este capítulo. La tipología, originalmente formulada para caracterizar conflictos vinculados a la cadena de valor del sector de los hidrocarburos, adopta una perspectiva holística fundamentada en los sistemas socioecológicos; dada la amplitud y flexibilidad de sus marcos conceptuales, este capítulo extiende su aplicación a otros ámbitos energéticos, en particular a los procesos actuales de transición energética en Colombia. A partir de este marco, el capítulo se organiza en seis categorías de conflictos, relacionados con tierras y territorio, cumplimiento de derechos fundamentales, seguridad y presencia de grupos armados, contratación de bienes y servicios, uso del suelo y ordenamiento ambiental, y participación y percepción ciudadana, que se examinan primero a nivel nacional y, posteriormente, se contrastan con las particularidades de cada una de las cinco regiones naturales del país en la sección de contexto regional.

4.1 Conflictos relacionados con las tierras y el territorio

En primer lugar, están los conflictos relacionados con las tierras y el territorio, que incluyen disputas y tensiones en torno a la reclamación, acceso, uso y tenencia de la tierra dentro del contexto de la cadena de valor del sector de hidrocarburos. Ejemplos de esta tipología son los conflictos derivados de las contraposiciones en las figuras de ordenamiento territorial, que reflejan choques entre distintos intereses y visiones sobre la utilización del espacio territorial (Duarte Torres *et al.*, 2021). De acuerdo con los autores, este conflicto se ve agudizado por el aumento en la renta del suelo y los precios de la tierra, causando tensiones territoriales sostenidas. Además, de la superposición entre figuras de protección ambiental y bloques de hidrocarburos, los autores subrayan el solapamiento entre proyectos de hidrocarburos y solicitudes de títulos colectivos presentadas por comunidades afrodescendientes y con territorios de comunidades indígenas. A partir de su análisis, los autores proponen una estrategia integral en la política pública de transición energética, destacando la importancia de un mecanismo transparente de planificación y regulación territorial, la gestión de la movilidad poblacional, y una colaboración sólida entre el gobierno, las empresas y las comunidades (Duarte Torres *et al.*, 2021).

4.2 Conflictos asociados con el cumplimiento de los derechos fundamentales

La segunda categoría analizada por los autores se refiere a los conflictos asociados con el cumplimiento de los derechos fundamentales. Estos conflictos se originan en la percepción de las comunidades sobre su reconocimiento y participación en la toma de decisiones a lo largo de la cadena de valor, (Duarte Torres *et al.*, 2021). Ejemplos de esta categoría son las tensiones relacionadas con el reconocimiento de los derechos territoriales de las comunidades, el proceso de consulta previa para los proyectos y la garantía del consentimiento libre, previo e informado en el caso de las comunidades étnicas. Para abordar estos desafíos, los autores proponen medidas como el reforzamiento de los procesos de consulta previa, garantizando que sean libres, informados y sin presiones económicas o coercitivas. La transparencia en la información sobre actividades de exploración y explotación, el cumplimiento de acuerdos, y la implementación de mecanismos efectivos de seguimiento y rendición de cuentas son aspectos clave. Además, sugieren la incorporación de métodos de participación ciudadana, como la consulta popular, para involucrar activamente a las comunidades en decisiones cruciales para la transición energética, (Duarte Torres *et al.*, 2021).

4.3 Conflictos asociados con la seguridad y la presencia de grupos armados

La tercera categoría de conflictos se centra en las tensiones relacionadas con la seguridad y la presencia de grupos armados. Estos conflictos están relacionados con el impacto y la presencia de grupos armados, la existencia de economías ilegales, y la provisión de seguridad por parte del Estado, (Duarte Torres *et al.*, 2021). En esta categoría, los autores incluyen el impacto sobre la infraestructura energética, la extracción ilegal de recursos y las consecuencias de la militarización de los territorios para proteger dicha infraestructura. En este conflicto, los autores analizan cómo la presencia de grupos armados en áreas petroleras, influenciada por la existencia de recursos naturales y contextos políticos particulares, puede generar conflictos que incluyen sabotajes, extorsiones y desplazamientos. Además, los autores abordan las economías ilícitas asociadas a la producción de cultivos para uso ilícito como fuentes de financiamiento para los grupos armados. Finalmente, los autores analizan cómo la provisión de seguridad y coerción ejercida por el Estado también puede generar conflictos y tensiones con las comunidades. Para el abordaje de este conflicto, Duarte Torres *et al.* (2021) proponen por estrategias integrales que involucren a las fuerzas militares, las autoridades locales y las empresas. Esto implica el desarrollo de estrategias para la generación de confianza y la promoción del diálogo entre todas las partes en las áreas críticas para la transición energética.

4.4 Conflictos asociados a la contratación de bienes y servicios

La cuarta categoría corresponde a los conflictos vinculados a la contratación de bienes y servicios, que están relacionados con la oferta institucional y la responsabilidad social de las empresas, (Duarte Torres *et al.*, 2021). Esta tipología aborda tensiones derivadas de la garantía de los derechos laborales y la contratación de mano de obra local en los municipios donde se desarrollan proyectos energéticos. Dentro de esta tipología, los autores abordan los conflictos generados por dificultades en la contratación y los retrasos en los pagos a trabajadores y proveedores por parte de las empresas petroleras; los cuales se manifiestan en demandas laborales y bloqueos a las operaciones, generando condiciones de descontento y malestar, (Duarte Torres *et al.*, 2021). En esta categoría se abordan también los conflictos derivados de los posibles incumplimientos de las empresas en la contratación de mano de obra local en municipios con proyectos de hidrocarburos, los cuales impactan negativamente la inclusión laboral de las comunidades locales al fomentar la contratación de trabajadores foráneos, generando tensiones en las zonas afectadas. La propuesta de solución planteada por los autores destaca la necesidad de fortalecer la reglamentación y aplicación del Decreto 1668 de 2016, priorizando la mano de obra local en los proyectos. Asimismo, sugiere que las empresas establezcan políticas claras sobre proveedores y responsabilidad social corporativa para asegurar el cumplimiento de contratos y pagos oportunos.

4.5 Conflictos en torno al uso del suelo y el ordenamiento ambiental

La quinta categoría, comprende los conflictos surgidos de las tensiones entre las comunidades, el Estado y las empresas en torno al uso del suelo y el ordenamiento ambiental. Los conflictos de esta tipología involucran aspectos como el acceso, el uso, la disponibilidad y la calidad del suelo o el agua, así como la superposición con figuras jurídicas destinadas a la protección ambiental, (Duarte Torres *et al.*, 2021). En este conflicto se analizan las posibles tensiones entre la explotación de recursos naturales y la preservación del medio ambiente, así como el bienestar de las comunidades afectadas. De acuerdo con el análisis realizado por los autores, esta problemática se concentra en el acceso, la calidad y las condiciones de los recursos naturales, como suelo y agua, impactando directamente en la calidad de vida de las personas en los territorios. Estos conflictos, además, están vinculados a percepciones diversas de comunidades campesinas, étnicas y suburbanas, que destacan aspectos medioambientales, jurídicos y éticos, desde la pérdida de biodiversidad hasta cuestiones relacionadas con licencias ambientales, (Duarte Torres *et al.*, 2021). La propuesta sugerida por Duarte Torres *et al.* (2021) para abordar estos desafíos se basa en la implementación de políticas y normativas ambientales sólidas que prioricen la sostenibilidad y la conservación de los recursos

naturales. Destacan la importancia de fomentar la participación ciudadana y la consulta previa, asegurando la inclusión de las comunidades locales en la toma de decisiones respecto a proyectos energéticos. Asimismo, subrayan la necesidad de que las empresas asuman una responsabilidad ambiental activa y transparente, implementando medidas efectivas de gestión ambiental y planes de contingencia.

4.6 Conflictos relacionados con la participación y la percepción ciudadana

Finalmente, la sexta categoría de conflictos, desarrollada por la línea de investigación en Desarrollo Rural y Ordenamiento Territorial del Instituto de Estudios Interculturales de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, se refiere a los conflictos relacionados con la participación y la percepción ciudadana. Estos conflictos incluyen las tensiones relacionadas con la manera en que las comunidades perciben los cambios en las condiciones sociales, económicas y culturales resultantes de la implementación de proyectos energéticos, (Duarte Torres *et al.*, 2021). Esta categoría analiza los impactos sociales y económicos en las comunidades cercanas a la cadena de valor del sector petrolero, los cuales incluyen el aumento del desempleo, el encarecimiento de bienes y servicios, desplazamientos y afectaciones territoriales. También aborda los desafíos relacionados con el descontento y las expectativas no cumplidas de las comunidades, como el aumento del costo de vida, problemas de seguridad y repercusiones en la salud pública. Los autores proponen abordar estas cuestiones mediante estrategias de participación de las comunidades que garanticen la sostenibilidad tanto social como ambiental. Destacan la importancia de establecer procesos efectivos de consulta y diálogo, así como la necesidad de que tanto las empresas como el Estado se comprometan a implementar medidas para mitigar y compensar los posibles impactos negativos.

4.7 Contexto regional

4.7.1 Región Caribe

La región Caribe concentra un patrón de conflictividad en el que convergen pobreza, desigualdad, dependencia extractiva, disputas por el agua y una crisis persistente del suministro de energía eléctrica, por lo que conviene analizar estos elementos en un mismo marco territorial, (DANE, 2022, 2023b; CEPAL, 2022). En esta región, las debilidades socioeconómicas y de infraestructura descritas en el capítulo 2 sobre condiciones socioeconómicas y en el capítulo 3 sobre economía, infraestructura y producción no solo condicionan la implantación de proyectos minero-energéticos, sino también la prestación cotidiana de servicios básicos, mientras que las fallas en esos servicios profundizan el malestar social y la percepción de inequidad frente a otras regiones del país, (DANE, 2022; Weikert, 2021).

En La Guajira, la conflictividad se articula alrededor de la superposición entre proyectos energéticos, crisis hídrica y afectaciones sobre los derechos territoriales y culturales del pueblo Wayuu, (IDEAM, 2018, 2023). Los parques eólicos y otros proyectos se insertan en un territorio donde la tierra, el mar y el espacio aéreo tienen significados espirituales y comunitarios, de modo que la transición energética puede ser percibida como continuidad de formas previas de intervención extractiva cuando no incorpora participación efectiva, consulta adecuada y respeto por la territorialidad indígena, (ANT, 2023; Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2024a). A esto se suman antecedentes de minería de carbón, deterioro de la soberanía alimentaria y desconfianza histórica frente al Estado y las empresas, lo que agrava la sensibilidad social del territorio, (ANLA, 2021; Banco Mundial, 2023).

En el Cesar, el eje principal de conflictividad está más asociado a la dependencia estructural del carbón y a la incertidumbre derivada de la reducción o salida de operaciones mineras, (IGAC, 2023, MinEnergía, 2021). Allí, la transición energética se cruza con preocupaciones por el empleo, las finanzas locales y la sostenibilidad de comunidades vinculadas a la economía extractiva, en un contexto además marcado por antecedentes de violencia, despojo y disputas por el control territorial, (Comisión de la Verdad, 2020, s. f.). En ambos departamentos persisten factores contextuales como economías ilegales, fragilidad institucional y desigualdades territoriales, que amplifican

las tensiones relacionadas con el uso del agua, el ordenamiento del territorio y el cambio del modelo energético, (IDEAM, 2018, 2023).

A escala regional emerge con fuerza adicional la conflictividad asociada al suministro de energía eléctrica. Tras la salida de Electricaribe, Aire y Afinia asumieron la prestación del servicio en 2020 con compromisos de inversión y modernización, pero la región siguió enfrentando tarifas elevadas, reclamos masivos y persistencia de fallas (SSPD, 2023). Distintos análisis señalan que entre octubre de 2020 y diciembre de 2023 la tarifa regulada de Aire subió alrededor de 86 % y la de Afinia cerca de 89 %, mientras la inflación en el mismo periodo fue de aproximadamente 31 %, y que una porción importante del aumento provino del componente de pérdidas, principalmente asociadas a fraudes y conexiones ilegales, (MinHacienda, 2023; SSPD, 2023).

Este punto es central porque las llamadas pérdidas no técnicas expresan no solo un problema de control empresarial, sino también una combinación de pobreza energética, informalidad urbana, débil recaudo y baja legitimidad institucional, (IDEAM, 2023; UNGRD, 2022). En la práctica, parte del costo de esa energía no pagada se traslada a los usuarios formales a través de la tarifa, lo que genera una fuerte tensión distributiva: hogares y pequeños negocios perciben que deben asumir el costo de ineficiencias históricas, inversiones no realizadas o consumos ilegales de terceros, (SSPD, 2019). Por eso, el suministro eléctrico se ha convertido en un detonante de movilización social en Barranquilla, Cartagena, Riohacha, Santa Marta y otros municipios, donde las protestas por tarifas justas expresan una inconformidad que ya no se limita al recibo de la energía, sino que cuestiona el trato estructural dado a la región Caribe, (Defensoría del Pueblo, 2022; Varela Barrios *et al.*, 2013).

En este marco, el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, que hace parte del Gran Caribe colombiano y del área hidrográfica del Caribe, comparte varios de estos rasgos, pero con una configuración propia. El diagnóstico departamental muestra una incidencia de pobreza multidimensional inferior al promedio nacional y niveles de necesidades básicas insatisfechas cercanos al promedio del país, con una alta proporción de población raizal; sin embargo, persisten carencias en acceso a servicios básicos como agua potable y saneamiento, que inciden en la conflictividad social local, (DANE, 2022, 2023a, 2023b). La vulnerabilidad frente a eventos climáticos extremos, la degradación de manglares y las dificultades en la gestión de residuos sólidos, incluido el colapso del relleno sanitario Magic Garden y la compleja puesta en marcha de la planta de residuos sólidos urbanos, añaden tensiones ambientales que cruzan la discusión sobre servicios públicos y transición energética en el archipiélago, (Castrillón Palacio, 2021; Torres *et al.*, 2022; Portz *et al.*, 2022).

Desde el punto de vista energético, San Andrés y Providencia es una zona no interconectada altamente dependiente de combustibles fósiles, con costos de generación y tarifas que reflejan tanto las restricciones técnicas insulares como la fragilidad institucional y fiscal del modelo de servicio, lo que se traduce en una alta sensibilidad social frente al costo y la continuidad del suministro, (Fonseca Castro *et al.*, 2025; SSPD, 2021, 2023). Esta condición se combina con una presión creciente sobre la infraestructura insular, acueducto, alcantarillado y manejo de aguas residuales, y con la necesidad de adaptar el sistema energético y de gestión de residuos al cambio climático y a la Reserva de Biosfera *Seaflower*, como lo plantean el Plan de Adaptación al Cambio Climático y los instrumentos de ordenamiento territorial del departamento, (IDEAM, 2023; Consejo Departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación *et al.*, 2012).

La especificidad del archipiélago radica en que la conflictividad no se organiza alrededor del carbón ni de grandes proyectos extractivos terrestres, sino alrededor del equilibrio entre turismo, protección de ecosistemas marinos y costeros, gestión de residuos, seguridad hídrica y seguridad energética en un contexto insular frágil. En la práctica, los conflictos por servicios públicos, especialmente agua y energía, la presión del turismo masivo y la presencia de economías ilegales y actores armados vinculados al narcotráfico se entrelazan con las vulnerabilidades ambientales, configurando un nodo caribeño en el que la transición energética debe articularse con agendas de adaptación climática, justicia social y protección de la Reserva de Biosfera *Seaflower*, (Torres *et al.*, 2022; Mow & Ayala, 2023).

En términos de la tipología nacional presentada al inicio de este capítulo, el Caribe se ajusta claramente a los ejes intercultural, contextual, social, ambiental y socioeconómico, pero añade un énfasis particular: la conflictividad derivada del suministro energético como expresión combinada de desigualdad regional, pobreza, rezago infraestructural y crisis de confianza entre usuarios, empresas y Estado (IDEAM, 2020, 2023). Por eso, cualquier estrategia regional de transición debe articular justicia tarifaria, reducción de pérdidas sin estigmatizar la pobreza, fortalecimiento de la infraestructura, participación efectiva de las comunidades y reconstrucción de la confianza institucional, incorporando de manera expresa las especificidades insulares de San Andrés, Providencia y Santa Catalina en materia de Zonas No Interconectadas, vulnerabilidad climática y protección ecosistémica, (Climate Transparency, 2020; MADS, 2020; SSPD, 2021).

4.7.2 Región Andina

La región Andina presenta, en términos comparados, la combinación más favorable de condiciones socioeconómicas entre las cinco regiones analizadas, con el promedio más bajo de pobreza multidimensional y un entramado urbano, institucional y productivo más denso que el de las demás regiones del país, (DANE, 2022, 2023b, 2023c). Sin embargo, esta mejor posición relativa no debe interpretarse como ausencia de conflictividad o de brechas territoriales, sino como la expresión de una región en la que las tensiones del desarrollo sostenible se desplazan desde carencias básicas generalizadas hacia problemas de desigualdad persistente, fragmentación socioespacial, presiones sobre ecosistemas estratégicos, conflictividades urbanas complejas y coexistencia de territorios muy integrados con otros marcados por rezagos rurales y disputas por el control territorial, (IDEAM, 2018, 2023).

El peso de grandes nodos urbanos como Bogotá y Medellín resulta decisivo para comprender el perfil regional. Bogotá concentra una proporción significativa de la población nacional y cerca de una cuarta parte del PIB del país, con indicadores de pobreza multidimensional, necesidades básicas insatisfechas y esperanza de vida más favorables que los promedios nacionales, aunque mantiene desigualdades metropolitanas importantes y fuertes presiones territoriales en el borde urbano-rural, (Cortés Valencia & Gómez, 2025b; DANE, 2023a). Medellín, por su parte, exhibe también niveles de pobreza y privación inferiores al promedio nacional y una economía diversificada basada en servicios, manufactura y actividades profesionales, aunque con desigualdades urbanas persistentes y una trayectoria histórica marcada por la violencia y la recomposición de economías ilegales, (Cortés Valencia & Gómez, 2025c; Corantioquia *et al.*, 2016).

En departamentos intermedios como Caldas se observa otra dimensión de la región: la continuidad entre conflictividades rurales, economías ilegales y debilidades institucionales en territorios que, en promedio, muestran mejores indicadores sociales que el país, (Delgado Betancourth & Gómez Mejía, 2025). Allí el diagnóstico identifica presencia de organizaciones armadas ilegales, microtráfico, extorsión y minería ilegal en subregiones específicas, especialmente en municipios cercanos a Antioquia y Risaralda, donde se combinan control territorial, deterioro ambiental y afectaciones al tejido social, (UNODC-SIMCI, 2023).

Desde el punto de vista territorial y ambiental, la región Andina concentra algunos de los conflictos más intensos por uso del suelo, agua y transformación ecosistémica. Tal como se desarrolla en el capítulo 5 sobre ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad, Bogotá y Medellín muestran con claridad que la expansión urbana, la alta demanda hídrica, la ocupación de áreas de riesgo, la contaminación de fuentes de agua y la pérdida de cobertura vegetal son factores estructurales que condicionan la sostenibilidad regional, (Cortés Cuervo & Gómez, 2025b, 2025c; IDEAM, 2013).

En conjunto, estos elementos permiten afirmar que la región Andina se caracteriza por una conflictividad más asociada a la intensidad del desarrollo que a la sola ausencia de capacidades. A diferencia de regiones donde predominan carencias generalizadas de servicios o aislamiento territorial, aquí los conflictos emergen de la concentración poblacional, la presión sobre infraestructuras, la competencia por suelo urbano y periurbano, la

captura criminal de rentas en mercados densos y la dificultad para equilibrar crecimiento económico con cohesión social y sostenibilidad ambiental, (IDEAM, 2020, 2023). Por ello, la región Andina puede entenderse como un espacio de contrastes entre alta capacidad estructural y conflictividades complejas que requieren estrategias articuladas de seguridad, ordenamiento, inclusión social, gobernanza metropolitana y protección ambiental.

4.7.3 Región Pacífica

La región Pacífica concentra algunas de las tensiones más agudas entre exclusión social, economías ilegales, violencia armada, fragilidad estatal y alta sensibilidad ecosistémica (DANE, 2022, 2023b; IDEAM, 2018). Aunque cuenta con activos estratégicos para el país, entre ellos el puerto de Buenaventura, una gran biodiversidad, riqueza hídrica y potencial para distintas formas de transición energética, buena parte de su territorio presenta rezagos persistentes de conectividad, acceso a servicios básicos, presencia institucional y garantía efectiva de derechos, (IDEAM, 2023; CVC, 2017). Como se expone en el capítulo 2, esta región combina niveles elevados de pobreza multidimensional y desigualdad con fuertes brechas internas entre enclaves urbanos y vastas zonas rurales, selváticas y costeras habitadas por comunidades afrodescendientes e indígenas, (DANE, 2023c; FAO *et al.*, 2022).

En el Valle del Cauca, el diagnóstico territorial muestra que la conflictividad del Pacífico no puede leerse solo desde Cali o desde el corredor agroindustrial del valle geográfico del río Cauca, sino que debe incorporar de manera central a Buenaventura y a las cuencas y corredores del litoral, (CVC, 2019). Allí convergen disputas entre grupos armados, control de rutas del narcotráfico, fragmentación de organizaciones criminales y afectaciones sistemáticas sobre comunidades étnicas, con manifestaciones como confinamientos, desplazamientos, homicidios selectivos y amenazas, (Defensoría del Pueblo, 2021, 2023; Observatorio para la Paz del Valle del Cauca, 2023; Varela Barrios *et al.*, 2013). La reconfiguración del conflicto en Buenaventura, en particular tras la fractura de La Local y la disputa entre Shottas y Espartanos, ilustra cómo un nodo logístico clave para el comercio exterior también puede convertirse en espacio de control armado, rentas ilegales y regulación violenta de la vida cotidiana, (Defensoría del Pueblo, 2021, 2023c; Infobae, 2022).

En términos de economías ilegales, la región Pacífica muestra una articulación particularmente intensa entre narcotráfico, microtráfico, control portuario y minería ilegal. En el Valle del Cauca, el negocio de la coca se enlaza con corredores de salida hacia el litoral y con dinámicas criminales que atraviesan desde zonas rurales hasta entornos urbanos; además, la minería ilegal en cuencas como Cajambre, Raposo y Naya, así como en sectores de Farallones, ha provocado pérdida de suelos, fragmentación de hábitats y contaminación del agua y del aire por uso de maquinaria y mercurio, (IDEAM, 2018; INVEMAR, 2015; UNODC-SIMCI, 2023). Esto muestra que en la región Pacífica las economías ilegales no solo alimentan la violencia, sino que deterioran directamente las condiciones ecológicas sobre las que debería apoyarse cualquier estrategia de desarrollo sostenible.

El caso de Nariño añade una dimensión crítica por su condición fronteriza, la persistencia de cultivos de uso ilícito, la disputa por corredores estratégicos y la combinación de economías legales precarias con rentas criminales, (DANE, 2023a, 2023b; UNODC-SIMCI, 2023). Allí la transición energética se inserta en territorios donde la seguridad, el control institucional y la protección de comunidades rurales y étnicas siguen siendo condiciones frágiles, por lo que los proyectos pueden ser percibidos como nuevas capas de intervención externa si no se articulan con paz territorial, participación vinculante y mejora efectiva de bienes públicos, (Asamblea Departamental de Nariño, 2020; Herrera & Galindo, 2022).

Desde la perspectiva del capítulo 5, la región Pacífica presenta además una especificidad ecológica mayor: extensos bosques húmedos, áreas inundables, cuencas de alto caudal, ecosistemas costeros y una de las mayores concentraciones de biodiversidad del país, (IDEAM, 2018; Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2024b; WWF, 2020). En el Valle del Cauca, el contraste entre el litoral pacífico boscoso y el eje más urbanizado e industrial del valle geográfico del Cauca revela que el ordenamiento territorial regional exige lecturas diferenciadas, especialmente en

relación con puertos, cuencas, áreas protegidas y territorios colectivos, (Cortés Cuervo & Gómez, 2025d; RUNAP, 2023).

En consecuencia, la región Pacífica se puede caracterizar como un territorio donde las tensiones de la transición energética no se juegan únicamente en torno a la generación o a la infraestructura, sino en la capacidad de reducir desigualdades históricas, contener violencias, proteger ecosistemas estratégicos y garantizar derechos territoriales, (Climate Transparency, 2020; MADS, 2020). Cualquier estrategia regional requiere, por tanto, articular seguridad humana, fortalecimiento institucional, reconocimiento étnico, restauración ambiental, conectividad y oportunidades económicas legales, evitando que la transición reproduzca lógicas extractivas o profundice la subordinación de los territorios del litoral a intereses externos.

4.7.4 Región Orinoquía

La región Orinoquía presenta una combinación particularmente compleja de baja densidad poblacional, alta dispersión rural, economías extractivas, enclaves agroindustriales y persistencia de conflictividades armadas y ambientales, (DANE, 2022, 2023c; IDEAM, 2018). Aunque en el capítulo 2 aparece como una región con alta vulnerabilidad socioeconómica y sanitaria, y en el capítulo 3 como un espacio fuertemente vinculado a hidrocarburos y actividades agropecuarias extensivas, sus tensiones territoriales no pueden reducirse a un problema de rezago: se trata también de una región donde la riqueza en recursos naturales ha coexistido con débil presencia institucional, precariedad en servicios e intensas disputas por el control territorial, (IDEAM, 2023; CONtexto Ganadero, s. f.).

Arauca ilustra con nitidez este patrón. El diagnóstico departamental muestra que el departamento combina dependencia petrolera, deterioro de infraestructura vial, altos niveles de pobreza multidimensional y una de las tasas de desempleo urbano más altas del país, con un contexto de conflicto armado recrudecido desde 2018 por la disputa entre el ELN y disidencias de las FARC, además de otras organizaciones con presencia binacional y criminal, (Cortés Valencia & Gómez, 2025a; Dickinson, 2022; Comisión de la Verdad, 2020). Esta reconfiguración del conflicto ha producido homicidios, desplazamientos, confinamientos, amenazas contra liderazgos sociales y una percepción persistente de que la seguridad estatal se concentra más en la protección de infraestructura crítica que en la protección integral de la población civil, (Comisión de la Verdad, 2020; Defensoría del Pueblo, 2022; Indepaz, 2023; Verdad Abierta, 2022).

La relación entre conflicto, extractivismo y degradación ecosistémica es igualmente central en la región. El humedal del Lipa, en Arauca, constituye un caso emblemático de cómo la interacción entre explotación petrolera, expansión agroindustrial y guerra ha alterado los ciclos hídricos, reducido las coberturas naturales y afectado los medios de vida comunitarios, (Barbosa, 2023; FCDS, 2023; Global Atlas of Environmental Justice, 2023; OCA, s. f.). Investigaciones recientes documentan alteraciones en lagunas, caños y esteros, pérdida de funcionalidad ecológica, presencia de contaminantes y afectaciones diferenciadas sobre pueblos indígenas como los Hitnū, cuyas prácticas territoriales y culturales dependen estrechamente del ecosistema, (Amador-Jiménez, 2023; JEP, s. f.).

Desde la perspectiva del ordenamiento territorial, la Orinoquía exhibe además rezagos significativos en la actualización de instrumentos de planificación. En Arauca, por ejemplo, la mayoría de los planes de ordenamiento territorial municipales fueron aprobados alrededor del año 2000 y no se han actualizado, de modo que no incorporan adecuadamente los lineamientos recientes sobre sostenibilidad, manejo ambiental y transformación de usos del suelo, mientras que buena parte del territorio se caracteriza por dinámicas hídricas complejas, amplias zonas potencialmente inundables y fuerte presión de actividades extractivas sobre cuerpos de agua y áreas productivas, (Cortés Cuervo & Gómez, 2025a; IDEAM, 2023).

En este contexto, la transición energética en la Orinoquía se enfrenta a una doble exigencia. Por un lado, debe responder a la dependencia económica de territorios ligados al petróleo y a rentas extractivas; por otro, necesita

evitar que los nuevos proyectos repliquen los patrones históricos de enclave, militarización, exclusión local y afectación ambiental, (MinHacienda, 2023; MADS, 2020). La viabilidad de cualquier estrategia regional depende de articular paz territorial, restauración ecológica, actualización del ordenamiento, infraestructura social y fortalecimiento institucional, de modo que la transformación energética no sea una nueva fase de explotación del territorio, sino una oportunidad de diversificación productiva y garantía de derechos.

4.7.5 Región Amazonía

La región Amazonía concentra algunas de las condiciones más exigentes para implementar procesos de transición energética en los territorios. Se trata de un espacio de muy baja densidad poblacional, alta dispersión, predominio de selvas húmedas, fuerte presencia de pueblos indígenas y severas limitaciones de accesibilidad e infraestructura, lo que en el capítulo 2 se expresa en los niveles más altos de pobreza multidimensional del país y en importantes rezagos en salud y provisión de servicios, (DANE, 2022, 2023c; IDEAM, 2018). En consecuencia, las tensiones sociales de esta región no pueden analizarse separadas del carácter ecosistémico de la Amazonía ni de la relación entre conservación, frontera agraria, presencia estatal y autonomía territorial de los pueblos originarios, (IDEAM, 2023; FAO *et al.*, 2022).

La Amazonía es además una región en la que la conflictividad se encuentra íntimamente ligada al uso del suelo y al avance de actividades que transforman la selva. Tal como se desarrolla en el capítulo 5, su importancia ecosistémica es excepcional por la magnitud de sus bosques, cuencas y funciones de regulación climática e hídrica, y precisamente por ello, las presiones derivadas de deforestación, expansión ganadera, apertura de vías, economías ilegales y ocupación desordenada del territorio tienen efectos estructurales que desbordan lo local, (IDEAM, 2018, 2020; UNODC-SIMCI, 2023). En este caso, el problema no es solo la carencia de infraestructura o servicios, sino el tipo de intervención territorial que históricamente ha tendido a desconocer la lógica ecológica amazónica y los sistemas de gobierno propios de muchos pueblos indígenas, (ANT, 2023; Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2024c).

La pobreza regional, por tanto, no puede leerse únicamente en clave monetaria. Como muestra el análisis socioeconómico, en departamentos amazónicos las privaciones están asociadas a barreras de accesibilidad, baja cobertura institucional, insuficiencia de servicios básicos, limitaciones en salud y educación, y escasa conectividad física, todo ello en territorios donde la expansión de la infraestructura puede entrar en tensión con la conservación y con los derechos colectivos, (DANE, 2022, 2023a; Instituto Nacional de Salud, 2019). De allí que la transición energética no pueda plantearse en la Amazonía como simple despliegue de infraestructura, sino como una intervención que debe subordinarse a criterios de protección ecosistémica, consulta y autodeterminación territorial (Climate Transparency, 2020; MADS, 2020).

La región comparte con la Orinoquía algunos problemas de información y capacidad estatal, pero presenta una sensibilidad mayor por su valor ambiental global y por la centralidad de resguardos, áreas protegidas y comunidades indígenas en la organización del territorio, (ANT, 2023; RUNAP, 2023). En el capítulo 5 se muestra que la mayor extensión de resguardos indígenas del país se concentra precisamente en Amazonía y Orinoquía, lo que obliga a reconocer que gran parte del ordenamiento amazónico ya está estructurado sobre figuras colectivas de gobierno y manejo territorial que no pueden tratarse como vacíos disponibles para la planificación sectorial, (IDEAM, 2013, 2023).

Por ello, la Amazonía puede entenderse como la región donde la implementación de los procesos de transición energética enfrenta el umbral más alto de exigencia normativa, ecológica y política. Más que introducir nuevos enclaves de aprovechamiento, cualquier estrategia regional debe priorizar el cierre de brechas básicas, la protección de bosques y cuencas, el fortalecimiento de la gobernanza indígena y comunitaria, y la prevención de nuevas dinámicas de deforestación, acaparamiento o conflictividad asociadas al control de recursos, (UNODC-SIMCI, 2023; WWF, 2020). Solo bajo esas condiciones la transición podría contribuir a la sostenibilidad territorial en lugar de profundizar las tensiones ya existentes.

4.8 Síntesis

El análisis de los desafíos y tensiones sociales en las regiones de Colombia muestra un país donde la conflictividad no responde a una causa única, sino a la superposición de disputas por la tierra y el territorio, incumplimientos de derechos fundamentales, presencia de grupos armados, tensiones en la contratación de bienes y servicios, conflictos ambientales por el uso del suelo y limitaciones en la participación ciudadana. Esta multiplicidad de tensiones se distribuye de forma desigual en el territorio nacional, de modo que cada región enfrenta combinaciones particulares de estos factores, lo que exige lecturas diferenciadas antes de diseñar cualquier estrategia de intervención, incluida la relacionada con la transición energética.

Desde el punto de vista territorial, la región Caribe combina una fuerte dependencia de economías extractivas como el carbón con una institucionalidad históricamente fragilizada, lo que genera tensiones asociadas a la transición energética del sector carbonífero y a la necesidad de diversificar economías locales en departamentos como La Guajira y Cesar. La región Andina, aunque cuenta con mayor capacidad institucional y económica, enfrenta conflictividades propias de la intensidad del desarrollo urbano y periurbano, la competencia por el suelo y la captura criminal de rentas en mercados densos, lo que demuestra que la concentración de infraestructura y población no elimina los riesgos sociales, sino que los transforma.

La región Pacífica concentra algunas de las tensiones más agudas del país, en la intersección entre exclusión social, economías ilegales, violencia armada y alta sensibilidad ecosistémica, con Buenaventura como ejemplo de un nodo logístico estratégico que a la vez es escenario de disputas armadas y regulación violenta de la vida cotidiana. La región Orinoquía, por su parte, combina baja densidad poblacional y economías extractivas con una persistente disputa territorial entre grupos armados, como lo ilustra el caso de Arauca y la degradación del humedal del Lipa, mientras que la región Amazonía enfrenta el umbral más alto de exigencia normativa, ecológica y política del país, debido a su valor ecosistémico global y de la centralidad de los territorios colectivos indígenas.

En conjunto, este capítulo evidencia que las tensiones sociales de Colombia son una condición estructural que deberá gestionarse de forma diferenciada en cada territorio:

- En el Caribe y la Orinoquía, mediante la diversificación de economías dependientes de combustibles fósiles.
- En la región Andina, mediante la articulación entre crecimiento urbano y cohesión social.
- En el Pacífico y la Amazonía, mediante el fortalecimiento institucional, la protección de comunidades étnicas y la garantía de derechos territoriales.

Además de ser un desafío técnico o de infraestructura, la viabilidad de la transición energética regional dependerá de la capacidad del país para reducir estas conflictividades históricas, evitando que los nuevos proyectos energéticos repliquen estructuras extractivas, profundicen desigualdades territoriales o generen nuevas capas de exclusión social.

Referencias

- ANT. (2023). *Resguardos indígenas legalizados de Colombia*. Agencia Nacional de Tierras <https://www.colombiaenmapas.gov.co>
- Amador-Jiménez, M. (2023). Naturaleza y ambiente: Grandes víctimas del conflicto. *Razón Pública*. <https://razonpublica.com/naturaleza-ambiente-grandes-victimas-del-conflicto>
- ANLA. (2021). *Resoluciones de licenciamiento ambiental para proyectos minero-energéticos en La Guajira*. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
- Asamblea Departamental de Nariño. (2020). *Ordenanza 009 de 2020. Por medio de la cual se adopta el Plan de Desarrollo Departamental "Mi Nariño, en defensa de lo nuestro" para el periodo 2020-2023*.

- Banco Mundial. (2023). *Industria, valor agregado (% del PIB)*. <https://datos.bancomundial.org/indicador/NV.IND.TOTL.ZS>
- Barbosa, F. (2023). Explotación petrolera amenaza humedal del Lipa, en Arauca. *Rutas del Conflicto*. <https://rutasdelconflicto.com/notas/explotacion-petrolera-amenaza-humedal-del-lipa-arauca>
- Castrillón Palacio, E. (2021, 12 de agosto). Prepararse para lo inevitable: La nueva prioridad de Colombia frente al cambio climático. *La Silla Vacía*.
- CEPAL. (2022). *Panorama social de América Latina y el Caribe 2022*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Climate Transparency. (2020). *Climate Transparency Report 2020: Comparing G20 climate action and responses to the COVID-19 crisis*. Climate Transparency
- Comisión de la Verdad. (2020). *Informe final: Hallazgos y recomendaciones sobre el conflicto armado en Colombia*. Comisión para el Esclarecimiento de la Verdad, la Convivencia y la No Repetición.
- Comisión de la Verdad. (s. f.). *Caso 65. Enfrentamientos entre ELN y FARC-EP en Arauca*. Comisión para el Esclarecimiento de la Verdad, la Convivencia y la No Repetición.
- CONtexto Ganadero. (s. f.). Orinoquía carece de sistemas de riego por falta de inversión. *CONtexto Ganadero*. <https://www.contextoganadero.com/regiones/orinoquia-carece-de-sistemas-de-riego-por-falta-de-inversion>
- Consejo Departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación, Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, & Grupo In-Nova. (2012). *Plan estratégico departamental de ciencia, tecnología e innovación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina 2012-2027*.
- Corantioquia, AMVA, & Cornare. (2016). Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca hidrográfica del río Aburrá – Nss (2701-01), Localizada En el Departamento de Antioquia jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia Corantioquia) – Contrato No. 1504 -168 de abril 6 de 2015.
- Cortés Cuervo, S. C., & Gómez, A. (2025a). Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Arauca*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Cuervo, S. C., & Gómez, A. (2025b). Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Bogotá*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Cuervo, S. C., & Gómez, A. (2025c). Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Medellín*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Cuervo, S. C., & Gómez, A. (2025d). Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible del Valle del Cauca*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Valencia, D. A., & Gómez, A. (2025a). Condiciones socioeconómicas. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Arauca*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.

- Cortés Valencia, D. A., & Gómez, A. (2025b). Condiciones socioeconómicas. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Bogotá*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Valencia, D. A., & Gómez, A. (2025c). Condiciones socioeconómicas. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Medellín*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- CVC. (2017). *Evaluación regional del agua: Valle del Cauca-2017*. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.
- CVC. (2019). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca de los ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo* (Resumen ejecutivo). Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.
- DANE. (2022). *Pobreza monetaria y grupos de ingreso en Colombia. Resultados 2021*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2023a). *Estadísticas vitales 2022*. DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2023b). *Indicadores de pobreza monetaria y desigualdad 2022*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2023c). *Indicador de pobreza multidimensional 2022*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- Defensoría del Pueblo. (2021). *Alerta Temprana 024-2021*. Defensoría del Pueblo.
- Defensoría del Pueblo. (2022). Desde que inició el año, en Arauca asesinan a una persona al día por cuenta del conflicto y la disputa territorial. *Defensoría del Pueblo*. <https://www.defensoria.gov.co>
- Defensoría del Pueblo. (2023c). *Informes de riesgo y alertas tempranas para Buenaventura y Valle del Cauca*. Defensoría del Pueblo.
- Delgado Betancourth, L. C., & Gómez Mejía, A. (2025). Desafíos y tensiones sociales. En A. Gómez Mejía & K. J. Patarroyo León (Editores), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Caldas*. Proyecto Nexos – Universidad Nacional de Colombia.
- Dickinson, E. (2022). Arauca: La guerra y la paz total. *Razón Pública*. <https://razonpublica.com/arauca-la-guerra-la-paz-total>
- Duarte Torres, C. A., Gómez Vélez, D. A., Caicedo Giraldo, D., Galeano Drada, L. A., Marulanda González, J. L., Peña Martínez, J. C., Torres Quijano, S. C., Pineda Forero, J. E., & Puerta González, N. (2021). *Diagnóstico de la conflictividad social en el sector de hidrocarburos y análisis de actores*. Instituto de Estudios Interculturales, Pontificia Universidad Javeriana Cali.
- FAO, Unión Europea, & Cirad. (2022). *Perfil de sistemas alimentarios: Colombia*. FAO.
- FCDS. (2023). Complejo de humedales del Lipa en Arauca. *Paz y Ambiente*, 2, 8-13. Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible.
- Fonseca Castro, S., Wilches Cristiano, J. P., Patarroyo León, K. J., & Gómez, A. (2025). Sistema energético. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León, Editores, *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Global Atlas of Environmental Justice. (2023, 11 de junio). *Destrucción ecosistema bioestratégico El Lipa, Arauca, Colombia*. <https://ejatlas.org>

- Herrera, J., & Galindo, L. (2022). *Atentados contra infraestructura petrolera, degradación ambiental e impacto social en Nariño*. Informe para la JEP.
- IDEAM. (2013). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*. IDEAM.
- IDEAM. (2018). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. IDEAM.
- IDEAM. (2020). *Vulnerabilidad ambiental periodo 2011-2040*. IDEAM.
- IDEAM. (2023). *Estudio Nacional del Agua 2022*. IDEAM.
- IGAC. (2023). *Regionalización de Colombia*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Indepaz. (2023). *Líderes sociales, defensores de DD. HH. y firmantes del acuerdo asesinados en 2023*. Indepaz.
- Infobae. (2022). *Reportajes sobre reclutamiento de NNAJ en comunas de Cali*. Infobae.
- Instituto Nacional de Salud. (2019). *Acceso a servicios de salud en Colombia. Décimo primer informe técnico*. Observatorio Nacional de Salud.
- INVEMAR. (2015). *Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia 2014*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras.
- JEP. (s. f.). *Hechos de afectación desde 2016* [Conjunto de datos]. Jurisdicción Especial para la Paz.
- MADS. (2020). *Actualización de la contribución determinada a nivel nacional de Colombia (NDC)*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- MinHacienda. (2023). *Marco fiscal de mediano plazo 2023*. Ministerio de Hacienda y Crédito público.
- MinEnergía. (2021). *Diagnóstico del sector minero-energético en el departamento del Cesar*. Ministerio de Minas y Energía.
- Mow, J. M., & Ayala, J. D. (2023, 16 de abril). Volando hacia un futuro incierto: La verdadera crisis de San Andrés Isla. *Razón Pública*.
- OCA. (s. f.). *Conflicto: En busca del Lipa. Conflicto ambiental en la llanura inundable*. Observatorio de Conflictos Ambientales. Universidad Nacional de Colombia. [ContextoRegionalColombia Transicionenergetica 2026 5.pdf](#)
- Observatorio para la Paz del Valle del Cauca. (2023). *Informes sobre reactivación de violencia y economías ilícitas en el Valle del Cauca*.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2024a). Parques Nacionales Naturales de Colombia [Portal institucional]. <https://www.parquesnacionales.gov.co>
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2024b). *Parque Nacional Natural Farallones de Cali*.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2024c). *Parque Nacional Natural Las Hermosas Gloria Valencia de Castaño*.
- Portz, L., Manzolli, R. P., Villate-Daza, D. A., & Fontán-Bouzas, S. (2022). Where does marine litter hide? The Providencia and Santa Catalina Island problem, Seaflower Reserve, Colombia. *Science of the Total Environment*, 813, 151878.
- RUNAP. (2023). *Áreas protegidas*. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

- SSPD. (2019). *Inventario de sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR) de Colombia. Año 2019*. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.
- SSPD. (2021). *Informe de zonas no interconectadas y costos de generación 2020-2021*. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.
- SSPD. (2023). *Informe sectorial de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado. Vigencia 2021*. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.
- Torres, S. H., Livingston, L. M., Archibold, A., Rodríguez, M. M., Valencia, I. H., Olmedo Escobar, T., Perdomo Forero, Y., & Mejía-Estrada, J. D. (2022). *Mar, guerra y violencia: El conflicto armado en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. Universidad Icesi; Comisión de la Verdad.
- UNGRD. (2022). *Riesgo por movimientos en masa. Caracterización general*. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.
- UNODC-SIMCI. (2023). *Monitoreo de los territorios con presencia de cultivos de coca 2022*. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito.
- Varela Barrios, E., Martínez Sander, M. M., & Delgado Moreno, W. (2013). Gobernanza y redes de políticas en el distrito portuario, industrial y biodiverso de Buenaventura, Colombia. *Estudios Políticos*, 43, 205-227.
- Verdad Abierta. (2022). Arauca, bajo un conflicto armado más allá de las drogas ilícitas. *Verdad Abierta*. <https://verdadabierta.com/arauca-bajo-conflicto-armado-mas-alla-de-las-drogas-ilicitas>
- Weikert, F. (2021). *Infraestructura resiliente: un imperativo para el desarrollo sostenible*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. CEPAL.
- WWF. (2020). El Chocó biogeográfico colombiano apuesta por la sostenibilidad. *World Wildlife Fund. WWF Colombia*.

5 Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad

Sebastián Camilo Cortés Cuervo y Alexander Gómez Mejía

Este capítulo aborda las condiciones político-administrativas del territorio nacional, los usos del suelo y la cobertura de la tierra, las condiciones ecosistémicas y ambientales, las condiciones climáticas en torno al recurso hídrico y los factores antrópicos como la transformación de los ecosistemas y cuerpos de agua, así como la infraestructura y el manejo del recurso hídrico. En el análisis se utilizan indicadores y las zonificaciones ambientales territoriales establecidas por el IDEAM con el fin de comprender de manera comparativa las condiciones ambientales en las diferentes regiones del país e identificar puntos críticos y oportunidades a tener en cuenta en el ordenamiento territorial sostenible alrededor de la transición energética.

5.1 División político-administrativa

5.1.1 Resguardos indígenas

Según la Agencia Nacional de Tierras, ANT (2023), existen 830 resguardos indígenas en el territorio nacional, que ocupan un área de 305.636,1 km². Se localizan principalmente en las regiones de la Amazonía, Orinoquía, Pacífico y Caribe, con algunos resguardos de menor tamaño en la región Andina, especialmente en el sur del país. La mayor extensión de resguardos indígenas se encuentra en las regiones de la Amazonia y Orinoquía, al oriente del país. La mayor parte del territorio departamental de los departamentos de Amazonas, Vaupés, Guainía y La Guajira está constituida por resguardos indígenas (ver **figura A - 1** de los anexos).

5.1.2 Planes de ordenamiento territorial municipales

La Ley 388 de 1997 establece que todos los municipios deben contar con diferentes tipos de planes de ordenamiento territorial, entre ellos los EOT (para municipios con menos de 30.000 habitantes), el PBOT (para municipios con entre 30.000 y 100.000 habitantes) y el POT (para municipios con más de 100.000 habitantes). Estos planes tienen una vigencia de 4 años (corto plazo), 8 años (mediano plazo) o 12 años (largo plazo), dependiendo de los componentes. Los planes de ordenamiento territorial establecen lineamientos de planeación, clasificación del suelo, estrategias urbanísticas y rurales y otras herramientas de planificación urbana. Sin embargo, la mayoría de los municipios del país cuentan con planes de ordenamiento territorial aprobados en 2000 o 2001 que no han sido revisados o modificados, por lo que se trata de planes obsoletos que siguen conduciendo la planeación urbana en la mayoría de los municipios (ver **figura A - 2** de los anexos).

5.1.3 Municipios PDET

A nivel nacional, se reconocen 170 municipios dentro de los planes de desarrollo con enfoque territorial, PDET, que incluyen 16 planes de acción territorial, como se ilustra en la **figura 5-1**. Estos municipios son reconocidos como los más afectados por el conflicto armado y sufren condiciones de pobreza, necesidades básicas insatisfechas, economías ilícitas y debilidad institucional. Además, representan el 36 % del territorio nacional, con una población de 6,6 millones de habitantes. La **figura A - 3** de los anexos muestra la zonificación ambiental de los territorios PDET y su distribución según criterios de manejo del uso del suelo, conservación y orientación de actividades productivas.

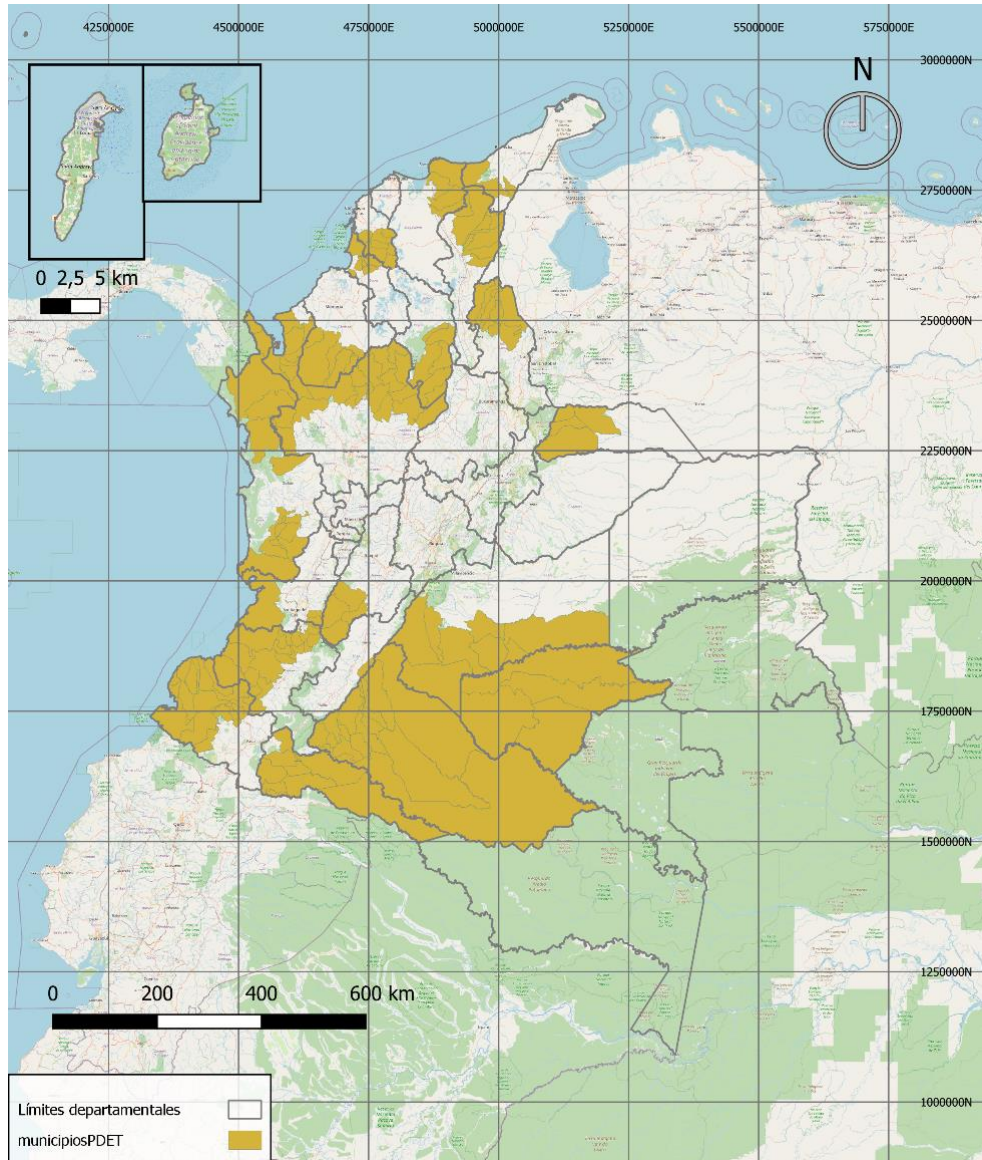


Figura 5-1 Municipios asociados a los planes de desarrollo con enfoque territorial, PDET. Fuente: elaboración propia con información de IGAC (2023).

Estos municipios están ubicados principalmente en el suroriente del país, en departamentos como Caquetá (cuyos municipios se encuentran en su totalidad dentro de los PDET), Guaviare, Meta y Putumayo; o en la región del Pacífico, el norte de Antioquia, Chocó, la región Caribe, el Catatumbo y Arauca.

5.2 Usos del suelo (cobertura de tierra)

La Unidad de Planeación Rural Agropecuaria, UPRA, actualizó la identificación de la frontera agrícola en 2023 e identificó 43.070.364 ha (37,8 % del territorio nacional) como parte de esta frontera (SIPRA, 2023). Del territorio nacional, 26.191.607 ha (23 %) se comprenden como exclusiones legales o zonas protegidas, y 44.813.000 ha (39,3 %) se comprenden como áreas no agrícolas y bosques, como se muestra de forma detallada en la **figura 5-2**.



Figura 5-2. Cobertura de la tierra a nivel nacional. Fuente: elaboración propia con información de IDEAM (2018a).

En cuanto a la cobertura de tierras, hay una concentración de usos agrícolas y mosaicos de cultivos y pastos en la región Andina en el interior del país, así como en el Valle del Cauca y zonas del piedemonte llanero y las llanuras del Caribe. En las llanuras de la Orinoquía y partes de la Amazonia en Putumayo y Caquetá, están la mayoría de las zonas quemadas, que se deben principalmente a la adquisición de mayores superficies para ganadería, usos agrícolas o cultivos ilícitos. Del mismo modo, hay grandes extensiones de suelos desnudos o degradados en el norte de La Guajira, Boyacá y Huila.

Las áreas licenciadas para actividades mineras se concentran en el norte de Antioquia, el sur de Córdoba, Cesar y la Guajira, con algunas áreas licenciadas en la Sabana de Bogotá, en Boyacá y en el oriente antioqueño. Las áreas con

licencias de explotación de hidrocarburos se localizan tanto en áreas continentales como marítimas, como las planicies de la Orinoquía, áreas cercanas a la cuenca del río Magdalena o en las llanuras del Caribe. Las áreas marítimas con vocación petrolera se localizan en grandes extensiones del mar Caribe. Los proyectos hidroeléctricos corresponden a embalses, principalmente en la región Andina (especialmente en Antioquia, Boyacá, Santander y Cundinamarca), que crean cuerpos de agua artificiales (ver **figura A - 4** de los anexos).

Por otro lado, un panorama de los cultivos de coca a nivel nacional muestra una alta densidad de cultivos en el norte de Antioquia, en la región del Catatumbo, en la Serranía de San Lucas y los departamentos de Putumayo, Caquetá, Cauca y Nariño en el sur del país (ver **figura A - 5** de los anexos).

5.3 Hidrología

5.3.1 Cuerpos de agua

La topografía y las condiciones climáticas y ambientales del país permiten la existencia de un importante número de fuentes hídricas, con una cantidad significativa de recursos hídricos superficiales ($56,2 \text{ l/s/km}^2$) en comparación con el promedio mundial (10 l/s/km^2) o latinoamericano (21 l/s/km^2), (IDEAM, 2023). Colombia cuenta con 2 grandes cuencas hidrográficas que se encuentran completamente dentro del territorio nacional: la cuenca del río Magdalena y la cuenca del río Cauca. Estos dos ríos forman los 2 valles entre las cordilleras occidental, central y oriental de los Andes, donde nacen sus ríos afluentes y sus respectivas cuencas. El río Magdalena recorre 1540 km desde su nacimiento en el páramo de las Papas hasta su desembocadura en el mar Caribe en Barranquilla, con un caudal de $8.058 \text{ m}^3/\text{s}$ (Alvear, 2005; IDEAM, 2023). Mientras tanto, el caudal del río Cauca corresponde a $2448 \text{ m}^3/\text{s}$ y recorre 1350 km desde su nacimiento en el macizo colombiano al sur del país hasta su confluencia con el río Magdalena en la Depresión Momposina (Duque-Escobar, 2019). En las regiones Pacífica y Caribe cuencas hidrográficas más cortas, pero con caudales igualmente importantes (como el río Atrato con $2550 \text{ m}^3/\text{s}$ o el San Juan en Chocó con $2304 \text{ m}^3/\text{s}$), que desembocan en el Océano Pacífico y el mar Caribe, generando deltas de importancia ecosistémica y grandes áreas inundables en las zonas costeras del país. Los altos caudales de los ríos del Pacífico se deben a la alta escorrentía en la zona. La región del Orinoco está situada en la parte oriental del país y sus fuentes hídricas desembocan en el río homónimo, que también es el límite fronterizo entre Colombia y Venezuela y, por lo tanto, se considera una cuenca transfronteriza. El río Orinoco tiene un caudal de $33.000 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que lo convierte en uno de los ríos más caudalosos del mundo. Sin embargo, existen otros ríos caudalosos en su cuenca, como el río Meta ($6614 \text{ m}^3/\text{s}$). Los ríos afluentes dentro del territorio nacional nacen en la cordillera oriental de los Andes o en formaciones montañosas menores, mientras que el río Orinoco nace en la cordillera de Parima y desemboca en el Océano Atlántico, en Venezuela (Aguae, 2021). Otra región al sureste del país es la Amazonía, cuyas fuentes hídricas tienen como vertiente al río Amazonas, el más caudaloso a nivel mundial con $41.579 \text{ m}^3/\text{s}$ a lo largo de la frontera entre Colombia y Perú. Al igual que el Orinoco, la cuenca del Amazonas se considera transfronteriza y de importancia ecosistémica para la selva amazónica. Sus afluentes en territorio colombiano nacen en serranías menores en la región de la Amazonía, y otros, como el Putumayo (con un caudal alto de $7588 \text{ m}^3/\text{s}$), nacen en Nariño, en la cordillera de los Andes. El río Amazonas nace en los Andes peruanos, desemboca en el Atlántico, recorre el territorio colombiano solo en un tramo menor y funciona como frontera entre Colombia, Perú y Brasil. Las cuencas del Orinoco y del Amazonas se caracterizan por una elevada escorrentía y la permanencia del agua en zonas inundables y valles aluviales debido a la topografía plana del territorio.

5.3.2 Zonificación hidrográfica

El IDEAM establece una zonificación hidrográfica por cuencas hídricas y condiciones similares de valles aluviales o áreas estratégicas para el diagnóstico, la recolección de datos, la zonificación hidrológica y ambiental y el ordenamiento territorial. El territorio nacional se divide en seis áreas hidrográficas principales, AH, que a su vez se

dividen en zonas hidrográficas (ZH) y subzonas hidrográficas (SZH), como se muestra en la **figura 5-3**. Las seis áreas hidrográficas son el Pacífico, el Caribe, las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca, el Orinoco y el Amazonas.

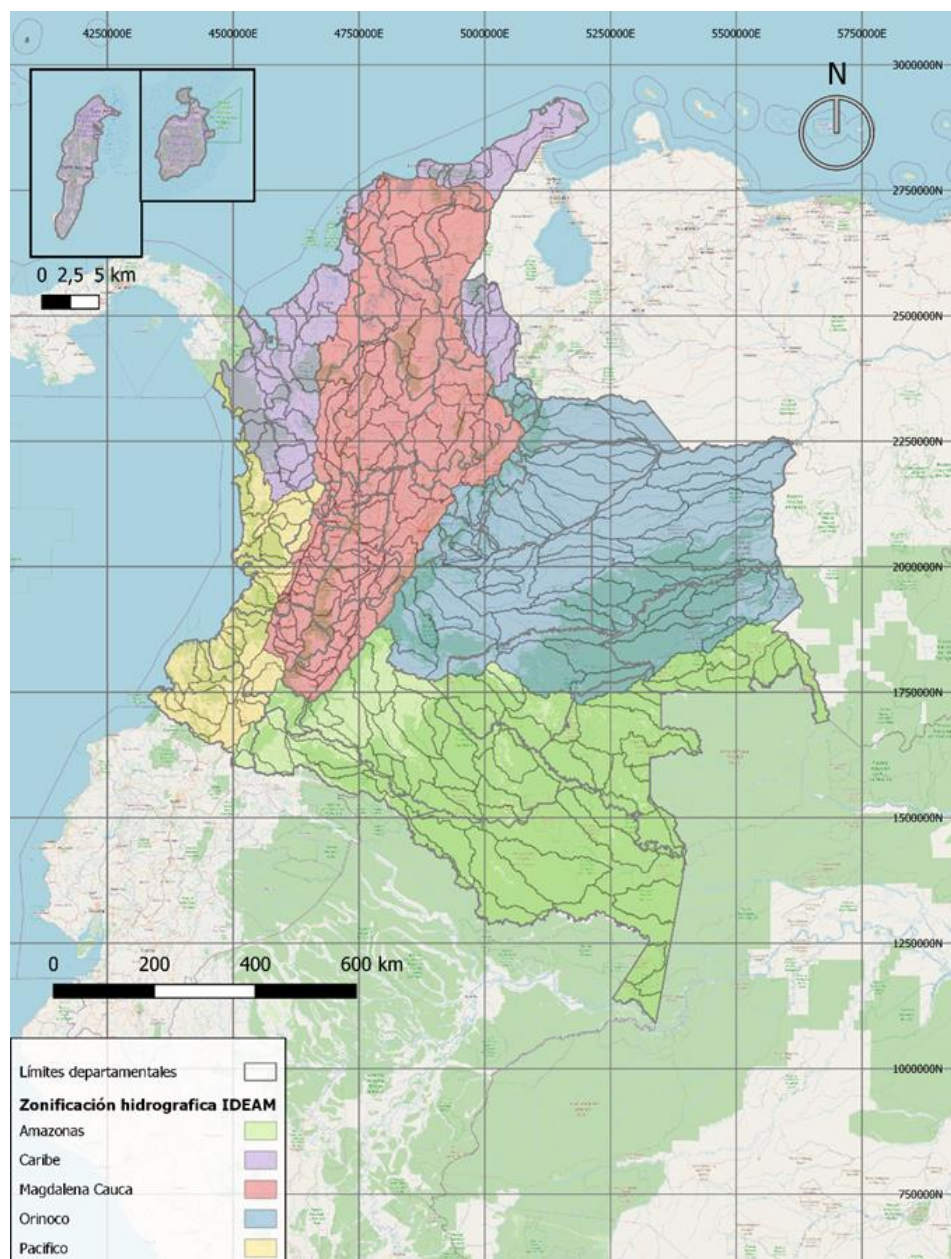


Figura 5-3. Áreas y Subzonas hidrográficas según el IDEAM. Fuente: elaboración propia con información de IDEAM (2023).

El área hidrográfica del Orinoco tiene una extensión de 345.318 km² y se caracteriza por sus fuentes hídricas que nacen en la cordillera occidental y desembocan en uno de los principales ríos del continente, el Orinoco. El área hidrográfica del Caribe tiene una superficie de 102.679 km² y se caracteriza por tener subzonas hidrográficas fragmentadas, pero con sistemas hídricos que desembocan en el mar Caribe. Estas aguas se originan en la cordillera de los Andes o en otras formaciones montañosas, como la Sierra Nevada de Santa Marta o la serranía de Macuira en la Guajira. La región insular de San Andrés, Providencia y Santa Catalina también se encuentra dentro del área hidrográfica del Caribe.

Por otro lado, el área de la cuenca hidrográfica del Amazonas tiene una extensión de 341.606 km² y forma parte de la gran cuenca del Amazonas, que ocupa el territorio de varios países del continente y se convierte en el eje central de la selva amazónica. Estas cuencas recorren gran parte de la región amazónica y nacen en sierras o formaciones montañosas menores. Por su parte, el área hidrográfica del Pacífico está formada por cuencas hídricas de ríos que nacen en la cordillera occidental y desembocan en el océano Pacífico en los departamentos de Nariño, Cauca, Valle del Cauca y gran parte de Chocó. Su superficie total es de 77.333 km². Finalmente, se cuenta con el área hidrográfica de las cuencas del Magdalena y Cauca, que tiene una extensión de 271.807 km² y está conformada por cuerpos hídricos que se originan en las 3 cordilleras de los Andes y en las formaciones montañosas del Caribe; estos ríos desembocan en los dos ríos principales del país.

5.3.3 Cuerpos de agua lénticos

Los cuerpos de aguas lénticos están constituidos por ciénagas, embalses y lagos o lagunas. Hay mayor abundancia de ciénagas en la región comprendida entre los departamentos de Bolívar y Magdalena, especialmente en la depresión momposina o en las zonas costeras. Entre los dos departamentos, existen 4.402 km² de ciénaga, que corresponden al 47 % del total nacional. La mayoría de los embalses se encuentran en Antioquia (150 km²) y Atlántico (138 km²), representando entre ambos el 44 % del total nacional. Estos embalses fueron creados para la generación de energía hidroeléctrica o para el abastecimiento del recurso hídrico. Por su parte, Boyacá (63 km²) y Nariño (48 km²) tienen la mayor cantidad de lagos y lagunas naturales, con 37 % y 28 % del total nacional, respectivamente.

5.3.4 Zonas potencialmente inundables

Las diferentes condiciones ecosistémicas, hidrogeológicas y topográficas crean zonas potencialmente inundables (ZPI) alrededor de las fuentes hídricas en sus cuencas y valles aluviales, así como en los diferentes lagos y lagunas o embalses. A nivel nacional, existen 190.463 km² de áreas inundables, de los cuales 40.943 están transformados ya sea por uso agrícola o por embalses y manejos de los caudales de las fuentes hídricas. La región con mayor área de ZPI es la Orinoquía, con más de la mitad del área nacional (107.165 km², de los cuales 88.952 km² son naturales). La región con menor área de ZPI es el Caribe, con 14.047 km². Sin embargo, la única área hídrica con mayor área de ZPI transformadas que naturales es Magdalena-Cauca (14.254 km² y 5.467 km², respectivamente). El área hidrológica con mayor disminución de ZPI naturales es la Orinoquía, con una disminución de área entre 2010-2012 y 2018 de 9.458 km²; la subzona hídrica del Meta tiene la disminución más alta a nivel nacional con 5041 km². También se presentan disminuciones significativas en las áreas hidrológicas de Magdalena-Cauca y Caribe. Por otro lado, el área hídrica del Amazonas no ha presentado mayor transformación del área de ZPI, y el área hidrológica del Pacífico ha experimentado un aumento de 266 km² de ZPI naturales.

5.4 Ecosistemas estratégicos

5.4.1 Ecosistemas principales

Colombia posee una gran diversidad ecosistémica debido a su proximidad al ecuador, su topografía, su hidrogeología y sus costas sobre dos océanos diferentes. El territorio nacional se puede dividir en 6 grandes regiones ecosistémicas: la Orinoquía, la Amazonía, el Pacífico, la región Andina, el Caribe y la región Insular.

La región amazónica se caracteriza por una gran extensión de bosques húmedos que forman parte de la gran selva amazónica, que se extiende a lo largo de la cuenca del río Amazonas a nivel continental. Estos bosques contienen una gran biodiversidad de flora y fauna de zonas tropicales húmedas. Del mismo modo, pueden encontrarse complejos rocosos de serranías, donde nacen algunas de las fuentes hídricas afluentes del Amazonas. La Orinoquía también se caracteriza por bosques húmedos y grandes extensiones de sabanas estacionales con cambios en las condiciones

hídricas y ecosistémicas debido a sequías e inundaciones. Los departamentos de Casanare y Arauca tienen grandes extensiones de zonas inundables, debido principalmente al gran número de fuentes de agua y valles aluviales.

La región Andina presenta condiciones montañosas debido a la topografía y altitud del territorio. También presenta valles andinos en las cuencas hídricas del Magdalena y del Cauca. Al ser el territorio con mayor densidad poblacional, existen varios ecosistemas transformados como centros urbanos y agroecosistemas diversos. También cuenta con bosques basales andinos secos y húmedos, páramos en las altas montañas y, en menor medida, glaciares. Existen del mismo modo ecosistemas xerofíticos, subxerofíticos y bosques secos (principalmente en Santander, Boyacá, Cundinamarca, Tolima y Huila). Alrededor de los valles aluviales de los ríos Cauca y Magdalena se encuentran extensas zonas inundables.

La región Caribe se caracteriza por sus llanuras, con la excepción de la Sierra Nevada de Santa Marta y otras serranías menores. Las llanuras contienen una variedad de agroecosistemas, mientras que la mayor parte de la tierra inundable de la región se concentra en la depresión momposina, en el sur del Bolívar y alrededor de la Ciénaga Grande de Santa Marta. El norte de la región, en La Guajira, presenta condiciones especiales de bosques secos, herbazales y áreas xerofíticas, y territorios desérticos. La Sierra Nevada de Santa Marta se caracteriza por sus condiciones de alta montaña, con bosques basales, páramos y glaciares, mientras que las regiones costeras del Caribe tienen ecosistemas costeros de manglares, playas y ciénagas.

En la región Pacífica existen grandes extensiones de bosques húmedos debido a la alta precipitación, el número de fuentes hídricas y el nivel de humedad. Los ecosistemas transformados en esta región se concentran en el valle del río Cauca y el piedemonte andino, donde hay diversos agroecosistemas y centros poblados. Los deltas costeros contienen grandes extensiones de zonas pantanosas, bosques inundables y manglares.

Finalmente, la región insular se caracteriza por sus ecosistemas costeros y de bosques basales, con playas y formaciones rocosas. A pesar de que gran parte del territorio está transformado por el municipio de San Andrés, se cuenta con ecosistemas marinos importantes, como los transicionales costeros y las formaciones coralinas. La cobertura vegetal en estas regiones se presenta en la **figura A - 6** de los anexos.

5.4.2 Zonas protegidas

Las áreas protegidas están relacionadas con las condiciones de conservación del medio ambiente, centrándose en la fauna y la flora. Estas áreas están registradas por Parques Nacionales Naturales de Colombia en el sistema único de registro RUNAP, (Registro Único Nacional de Áreas Protegidas), cuya distribución se muestra en el mapa de la **figura 5-4**. Adicionalmente, en la **figura A - 7** se presenta la distribución de los Parques Nacionales Naturales del país. En la **tabla 5-1** se presentan los tipos de áreas con exclusión legal y la distribución en las áreas correspondientes. El área total de exclusiones legales (o zonas protegidas) a nivel nacional es de 26.191.607 ha, que corresponden al 22,96 % del territorio nacional.

Tabla 5-1. Tipos de exclusión legal y áreas correspondientes.

Tipo de exclusión legal	Área en ha	% del territorio nacional
Parque Nacional Natural	14.438.261	12,66
Páramos	2.612.976	2,29
Áreas ley segunda categoría A	7.467.428	6,55
AMEM Zonas de preservación	1.962.387	1,72
Planes de Ordenación Forestal Zonas de preservación	1.055.584	0,93
Parque Regional Natural	737.318	0,65

Tipo de exclusión legal	Área en ha	% del territorio nacional
DMI –DRMI Zonas de preservación	708.962	0,62
Reservas Forestales protectoras nacionales y regionales	693.096	0,61
DCS Zonas de preservación	46.377	0,04
Parques Arqueológicos protegidos	5.403	0,005
TOTAL NACIONAL	26.191.607	22,96

Fuente: elaboración propia con información de RUNAP (2023).

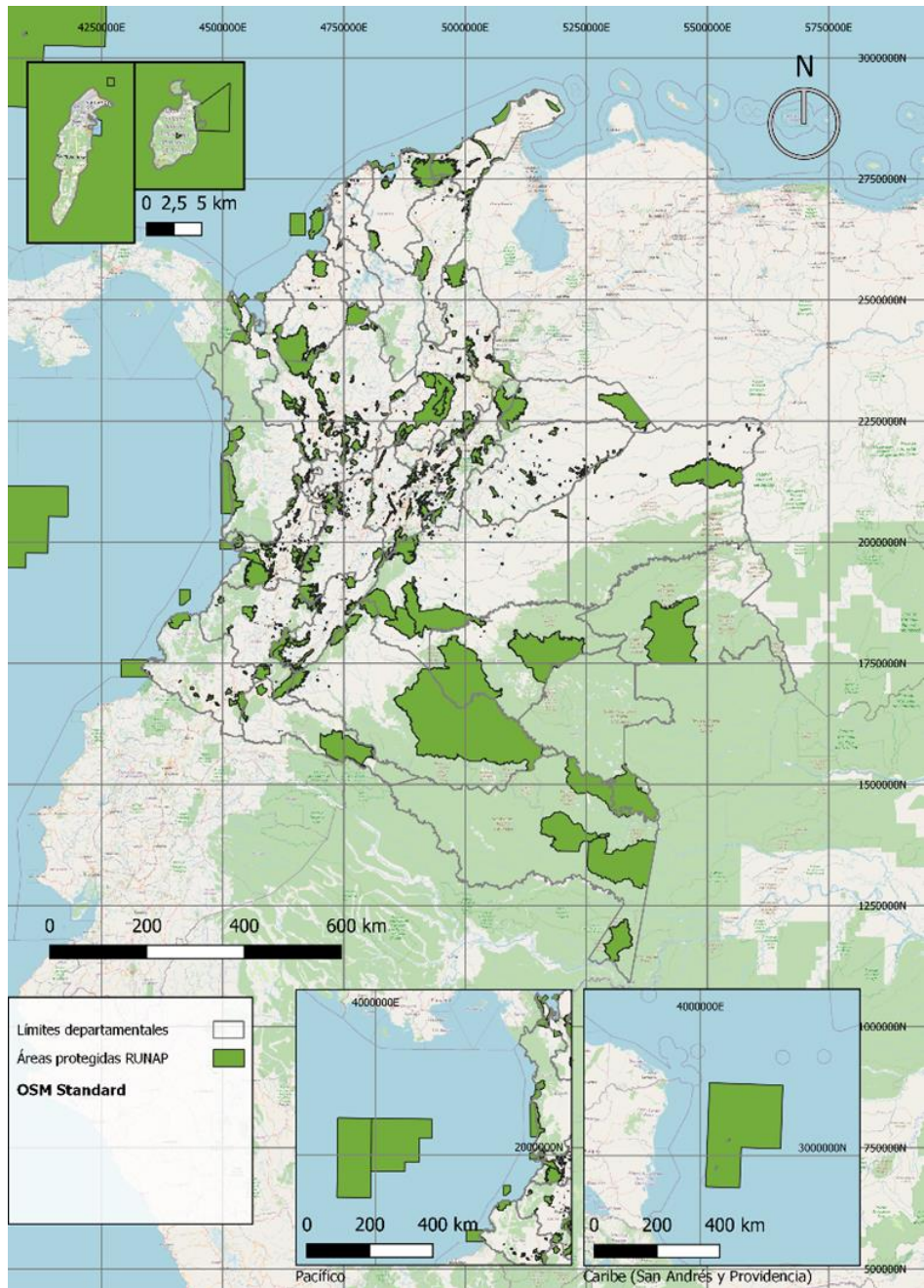


Figura 5-4. Zonas protegidas registradas en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas, RUNAP, de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Fuente: elaboración propia con información de IGAC (2023).

A nivel nacional, destacan las áreas costeras, como los manglares y otras zonas inundables pantanosas, y los sistemas coralinos en los océanos Atlántico y Pacífico. En las zonas continentales, se establecen como áreas protegidas las reservas forestales y las zonas de bosques de importancia para el ecosistema y la biodiversidad, como los bosques en la región amazónica.

Adicionalmente, el país cuenta con áreas de importancia para la conservación distribuidas en humedales, páramos, reservas forestales, el área de Seaflower en San Andrés y Providencia, como se muestra en la **figura A - 8** de los anexos. En este contexto, la **figura A - 9** presenta la vulnerabilidad ambiental del territorio, evidenciando las zonas con mayor fragilidad frente a presiones antrópicas y ambientales

5.4.3 Condición de los manglares

A nivel nacional, en 2014 se reportaron 283.455,8 ha de manglares, de las cuales 194.880 ha se ubican en las zonas costeras del Pacífico y 88.575,8 en el Caribe, especialmente alrededor de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Estos manglares se han reducido drásticamente (23 %) debido a cambios en el uso del suelo, expansión de la frontera urbana o agrícola y extracción de recursos, y en menor medida, a fenómenos naturales (INVEMAR, 2015). Los departamentos con mayor riesgo de degradación o deterioro de sus manglares son Nariño, con 29 % de los manglares amenazados a nivel nacional, seguido de Chocó con 15 %. Los departamentos con mayor vulnerabilidad de sus manglares ante fenómenos naturales son La Guajira, Bolívar, San Andrés, Chocó y Nariño.

5.4.4 Condición de los glaciares

A nivel nacional existen seis glaciares, ubicados en el Nevado del Cocuy (13,2 km²), la Sierra Nevada de Santa Marta (5,8 km²), el Nevado del Ruiz (8,14 km²), el Nevado del Huila (6,74 km²), el Nevado del Tolima (0,52 km²) y Santa Isabel (0,44 km²), para un total de 34,8 km² a nivel nacional. La transformación de esta área se ha registrado en 26 %, con un promedio de entre 3 y 5 % anual. El Nevado del Cocuy ha mostrado estabilidad en su estado y área, mientras que otros, como el de Santa Isabel, presentan un mayor porcentaje de deshielo debido a su naturaleza volcánica. El cambio en las condiciones climáticas ha provocado una pérdida acelerada de la masa glaciar, con hasta 5000 mm de agua equivalente por año como derretimiento en el Nevado Santa Isabel.

5.5 Climatología y recursos hídricos

5.5.1 Precipitación

El balance hídrico nacional refleja un volumen de agua proveniente de la precipitación de 3196 km³ al año, de los cuales 1233 km³ terminan en evapotranspiración. Esto equivale a un promedio de 1881 mm al año, que aumenta a 3818 mm en un año húmedo y disminuye a 726 mm en un año seco. Las áreas con mayor precipitación a nivel nacional se concentran en las regiones del Pacífico y la Amazonia, principalmente en zonas de bosque húmedo.

5.5.2 Escorrentía y oferta hídrica

El índice de escorrentía representa el agua superficial restando el valor de evapotranspiración del valor de precipitación para indicar cuánta agua se mueve sobre la superficie en el ciclo del agua. A nivel nacional existe una oferta hídrica de 1963 km³, representada por una escorrentía promedio anual de 1.721 mm (IDEAM, 2023), con 726 mm en años secos y 3.818 mm en años húmedos. Las áreas hidrográficas con mayor índice de escorrentía son el Amazonas, con 3565 mm anuales, y el Pacífico, con 2093 mm anuales. El área hidrográfica del Caribe tiene una escorrentía anual de 1825 mm y la del Orinoco de 1504 mm; mientras tanto, el área hidrográfica Magdalena – Cauca tiene la escorrentía más baja, con 975 mm anuales. El rendimiento hídrico es mayor en el área del Pacífico, con un

valor de 113 l/s/ km², le sigue Amazonas con 66,4 l/s/ km², Caribe con 57,9 l/s/ km², Orinoquía con 47,7 l/s/ km² y Magdalena - Cauca con 30,9 l/s/ km².

Sin embargo, las zonas con menor escorrentía anual a nivel nacional se ubican en el norte del país, en La Guajira, con valores de entre 0 y 100 mm anuales; le siguen la cuenca del río Cesar, la cuenca baja del Magdalena y el altiplano cundiboyacense, con 100-200 mm anuales. En contraste, los valores más altos se encuentran en el Pacífico, en los departamentos de Cauca y Chocó, con más de 6000 mm anuales. A nivel nacional, la escorrentía mensual es mayor en los meses de mayo a julio y menor de enero a marzo.

5.5.3 Eventos de sequía e índice de aridez

El índice de aridez establecido por el IDEAM refleja la escasez de agua en el territorio, de acuerdo con la precipitación y la evapotranspiración. Para este indicador, el 90 % del país cuenta con altos excedentes de agua, especialmente en las regiones del Pacífico, Antioquia, la Orinoquía y la Amazonía. Indicadores moderados se encuentran en la región Andina en la cordillera oriental y en la región Caribe, mientras en el norte del país (La Guajira y alrededor de la Ciénaga grande de Santa Marta) se presentan altos valores de déficit hídrico, (IDEAM, 2023).

Analizando los eventos de sequía registrados a nivel nacional, la mayoría de los eventos se reflejan en periodos de 3 meses, representados principalmente por una disminución en la precipitación o en los índices multivariados de precipitación-humedad-escorrentía. Los departamentos, y por ende las áreas hídricas que presentan mayor número de eventos de sequía en periodos de 1, 3, 6, 9, 12, 18 y 24 meses se ubican en la Orinoquía (Vichada es el más alto con 748 eventos), mientras que las regiones con menores eventos de sequía se ubican en las cuencas del río Cauca o en el Pacífico, siendo Huila el departamento con menos eventos de sequía con 427.

5.5.4 Inundaciones

Los fenómenos de inundaciones están directamente relacionados con el fenómeno de La Niña, siendo el evento de 2011-2012 el de mayor magnitud e impacto en las últimas décadas. Entre 2000 y 2021 se presentaron 15.898 eventos de inundación, avenidas torrenciales y crecientes súbitas, con el mayor número de eventos registrados en los departamentos de Cundinamarca (1133) y Antioquia (1124). El menor número de eventos de inundación, tanto a nivel departamental como municipal, se registra en la Orinoquía y la Amazonía, lo cual se relaciona con la baja densidad poblacional y con el hecho de que son las áreas hidrológicas con mayor extensión de zonas potencialmente inundables.

5.5.5 Sedimentación y erosión

En el país se estableció ya el índice de erosión hídrica potencial para las áreas hidrológicas y subzonas hidrológicas a nivel nacional (IDEAM, 2023) y se presentaron índices de erosión severa y muy severa, principalmente en las áreas hidrológicas del Magdalena-Cauca y el Pacífico (especialmente en Cauca y Antioquia). El área hídrica del Amazonas presenta el menor índice de erosión hídrica potencial. Las temporadas con mayor erosión hídrica en todas las áreas hidrológicas son mayo a julio y octubre a diciembre.

La entrega en ladera se presenta sobre todo en el área hidrográfica de Magdalena-Cauca, con entregas altas y muy altas en la mayoría de subzonas hidrográficas debido a las pendientes y a las condiciones geológicas. Los valores más bajos se presentan en la Orinoquía y Amazonas, donde las pendientes son menores. Estos valores están relacionados con el rendimiento de sedimentos, que a nivel nacional se presenta en su mayoría como muy bajo o bajo; sin embargo, se evidencian niveles muy altos en algunas cuencas del área hidrográfica de Magdalena - Cauca (con más de 2 kton/año km²).

En cuanto a la erosión costera, existe una alta susceptibilidad a este fenómeno en algunas regiones del país, principalmente al norte de la costa Caribe. La región Caribe cuenta con 1,162 km de línea costera erosionada, que representa el 47 % del total; la región Pacífico tiene 375 km de costa erosionada, que representa el 24 % del total; y la región insular tiene 76 km de costa erosionada, lo que representa el 26 % de su litoral, (INVEMAR, 2015). La Guajira tiene cerca de 300 km erosionados (de cerca de 700 km de línea costera) y el Magdalena, que cuenta con una línea costera de cerca de 300 km, tiene más de 200 km con erosión.

5.5.6 Proyecciones para el año 2040

Para 2040, se espera un aumento significativo de la demanda para usos agrícolas de arroz y palma, lo que aumentaría la presión sobre el total de agua disponible. También se espera una disminución de 338,87 millones de m³ de aguas para embalses, lo que afectaría la generación de energía y el abastecimiento de las regiones o municipios que dependen de las represas para abastecerse. Asimismo, se espera una disminución general de la demanda de agua para plantas termoeléctricas. Se prevé una disminución significativa de las precipitaciones en varios departamentos, siendo el mayor San Andrés y Providencia con una disminución del 30,2 %, seguido por Vaupés y Magdalena con porcentajes del 20,5 % y el 18,7 %, respectivamente. En total, se espera una disminución de más del 10 % en 9 departamentos y una disminución general en 16 departamentos, como se detalla en la **tabla A-1** de los anexos.

5.6 Recursos ecosistémicos

5.6.1 Demanda hídrica

De acuerdo con el Estudio Nacional del Agua, (IDEAM, 2023), la demanda hídrica nacional es de 32,2 km³ por año, que se utilizan para diversos fines. La huella hídrica verde equivale a 83,3 km³ al año y la huella hídrica azul a 310,6 km³. Teniendo en cuenta el valor de oferta hídrica superficial, que corresponde a 1963 km³, el uso de la oferta total de agua es menor. El uso con mayor demanda hídrica es la agricultura y postcosecha con 13,98 km³ al año, seguido de la energía hidroeléctrica (8,22 km³), la piscicultura (3,97 km³), el uso doméstico (2,86 km³), el sector pecuario (1,54 km³), la minería (0,66 km³), los hidrocarburos (0,42 km³), la industria con (0,36 km³), los servicios (0,21 km³) y la construcción (0,1 km³). En la **figura 5-5** se muestra la distribución porcentual para la demanda hídrica por sectores a nivel nacional y en la **tabla 5-2** la demanda hídrica por zonas hidrográficas por sectores.

La demanda hídrica para el sector agrícola se presenta principalmente en el centro del país y en la región Caribe, mientras que la demanda de agua para hidroenergía se presenta principalmente en las cuencas del área hidrológica Magdalena-Cauca, donde se encuentran la mayoría de las centrales hidroeléctricas. En cuanto a la minería, hay una mayor demanda hídrica en el Cesar y en el norte de Antioquia; para hidrocarburos, en la Orinoquía (Casanare), y para los usos domésticos, en la región Andina y el Caribe, donde se presenta la mayor densidad poblacional. Existe una alta demanda para el uso pecuario en la región del Caribe, especialmente en el sur de Bolívar, y para el uso piscícola en el área hidrológica Magdalena-Cauca y el Caribe, como se presenta la **figura A - 10** de los anexos.

Tabla 5-2. Demanda hídrica por zonas hidrográficas según los diversos sectores, en millones de m³ (Mm³).

Demanda hídrica	Magdalena-Cauca (Mm ³)	Caribe (Mm ³)	Orinoquía (Mm ³)	Pacífico (Mm ³)	Amazonas (Mm ³)
Agrícola y postcosecha	10.907,14	1.895,01	3.108,77	302,91	49,04
Energía	5.350,67	1.360,52	1.017,41	249,45	-
Piscícola	1.234,77	631,67	791,32	89,09	94,58
Doméstico	1.646,36	485,90	169,57	178,18	63,05
Pecuario y sacrificio	617,39	194,36	339,14	226,09	119,10

Demanda hídrica	Magdalena-Cauca (Mm³)	Caribe (Mm³)	Orinoquía (Mm³)	Pacífico (Mm³)	Amazonas (Mm³)
Minería	411,59	145,77	-	226,09	-
Industria	-	97,18	-	-	-
Servicios	205,80	48,59	-	-	3,50
Hidrocarburos	-	-	282,62	-	17,52
Construcción	-	-	56,52	-	-
TOTAL	20.579,50	4.859,00	5.652,30	890,90	350,30

Fuente: elaboración propia con información del Estudio Nacional del Agua, (IDEAM, 2023).



Figura 5-5. Demanda hídrica a nivel nacional en porcentajes por sector. Fuente: elaboración propia con información del Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2023).

El Índice de Uso del Agua (IUA) es un indicador establecido por el IDEAM que mide qué porcentaje del agua disponible (oferta) es consumida por las actividades humanas y económicas (demanda) en una región y periodo determinados. Este indicador clasifica el riesgo de estrés hídrico de cada cuenca en cinco rangos (desde ‘sin estrés’ para valores menores al 10 %, hasta ‘crítico’ cuando supera el 40 %). Valores del IUA superiores al 20 % en una subzona hidrográfica conducen a la activación de alertas de vulnerabilidad hídrica y exige a las autoridades ambientales medidas de control y protección de las fuentes. El IUA es central para la toma de decisiones en el país, especialmente en periodos de sequía o variabilidad climática (como el fenómeno de El Niño), ayudando a prevenir el desabastecimiento para la población y diferentes sectores socioeconómicos.

La mayoría de las subzonas hidrológicas del país presentan un índice muy bajo o bajo tanto en años secos como húmedos; sin embargo, existe un aumento del 17 % al 30 % de las subzonas hidrológicas con IUA crítico, muy alto o alto, entre años húmedos y secos (ver **figura A - 11** y **figura A - 12** de los anexos). La mayoría de las subzonas hidrológicas con IUA crítico se presentan en las áreas hidrológicas de Magdalena-Cauca y Caribe, con algunas que

exceden incluso varias veces el agua superficial disponible (ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo, o el río Bogotá con más de 6 veces).

El índice de agua retornada a las cuencas (IARC) refleja el volumen total de agua utilizada en la huella hídrica azul que se devuelve a las fuentes hídricas. Este índice es relativamente bajo en la mayoría de SZH del país; sin embargo, se presentan valores críticos y muy altos en años secos en SZH de las áreas hidrográfica (AH)⁵ de Magdalena-Cauca y el Caribe. En cuanto al índice de eficiencia del uso del agua (IEUA) se presentan valores bajos y moderados en las AH del Pacífico, Magdalena-Cauca y en el Amazonas, mientras que valores altos y muy altos se encuentran en las AH del Caribe y Orinoquía.

5.6.2 Susceptibilidad al desabastecimiento

A nivel nacional, 565 municipios han presentado históricamente al menos un caso de desabastecimiento de agua entre 1998 y 2021. Los departamentos más afectados son Magdalena, Cesar, La Guajira, Risaralda, Bolívar, Sucre, Córdoba, Guaviare, Tolima, Atlántico, Norte de Santander, Santander, Valle del Cauca, Quindío, Boyacá y San Andrés, Providencia y Santa Catalina, donde más de la mitad de los municipios han sido afectados. La región del Caribe en general es la más afectada por los casos de desabastecimiento, los cuales están directamente relacionados con factores como el índice de aridez, el índice de sequía y el índice de regulación hídrica, que han afectado la disponibilidad del agua para uso de la población. Los casos de escasez coinciden con eventos de sequía extrema, que se han presentado principalmente en los departamentos de Bolívar, La Guajira y Córdoba. En épocas de lluvias también se puede presentar escasez de agua por erosión hídrica, sedimentación y, principalmente, inundaciones en las cuencas abastecedoras.

Teniendo en cuenta que en 69 de los municipios analizados en el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2023) las fuentes superficiales cubren el 89 % de la oferta hídrica para el abastecimiento, las fuentes subterráneas el 8 % y las mixtas el 3 %, es importante analizar la capacidad de los municipios susceptibles al desabastecimiento para utilizar fuentes de aguas subterráneas de manera simultánea con fuentes superficiales. Sin embargo, solo en La Guajira, Cauca y Quindío (y Sucre, en menor medida) se observó un alto potencial de uso de aguas subterráneas para el abastecimiento.

5.6.3 Aguas subterráneas

Aunque a nivel nacional hay poco conocimiento de las reservas reales de aguas subterráneas o del impacto del uso de estas fuentes del recurso hídrico, las corporaciones autónomas regionales están avanzando en el monitoreo de sustancias y condiciones del agua subterránea. Las corporaciones autónomas que cuentan con más puntos para este monitoreo son la CVC (Valle del Cauca), con 1012, y la CAR (Cundinamarca), con 750.

A nivel nacional, se reportan 68.397 puntos de aguas subterráneas, siendo la CAR Cundinamarca la que cuenta con más puntos (7379), seguida de CORALINA (6035) y CORPOCESAR (4858). Los puntos incluyen pozos, aljibes, piezómetros, manantiales y otros tipos. Los volúmenes de agua concesionada reportada a nivel nacional corresponden a 775.782.574 m³/año (en 2021), mientras que los volúmenes captados reportados corresponden a 54.929.410 m³/año. Del volumen total de agua concesionada, la mayor parte se encuentra dentro de la jurisdicción de la CVC, con más del 60 %. En cuanto a los volúmenes captados, el mayor porcentaje se refleja en la jurisdicción de la CAR, con más del 15 %, seguido de Corporinoquia y Corpourabá con valores cercanos a 15 %. En el periodo de 2016 a 2021, se encontró que el 70,8 % de las aguas subterráneas concesionadas correspondían a usos agrícolas, 10,2 % a

⁵ En la zonificación ambiental de Colombia, un Área Hidrográfica (macrocuenca), AH, está conformada por varias Zonas Hidrográficas, ZH.

consumo doméstico y 12,8 % a usos industriales. Finalmente, en cuanto al volumen de agua captada el 25,8 % se utilizó para usos agrícolas, el 42,1 % a consumo doméstico y el 20,1 % a uso industrial.

5.6.4 Calidad del agua

Las fuentes hídricas tienen diferentes usos que ejercen presión sobre la calidad del agua, con usos como el doméstico, industrial, beneficio de café, sacrificio de ganado, vertimientos por beneficio de oro y plata, y otras actividades de extracción de materia prima que pueden generar descargas mayores. Estas cargas se miden en indicadores como la demanda química de oxígeno, DQO, o la demanda bioquímica de oxígeno, DBO, por contaminantes en el agua, sólidos suspendidos totales, SST, fósforo total, PT, y nitrógeno total, NT). A nivel nacional se controlan las siguientes cargas contaminantes, como se muestra en la **figura 5-6** y la **tabla 5-3** para los diversos sectores de consumo.

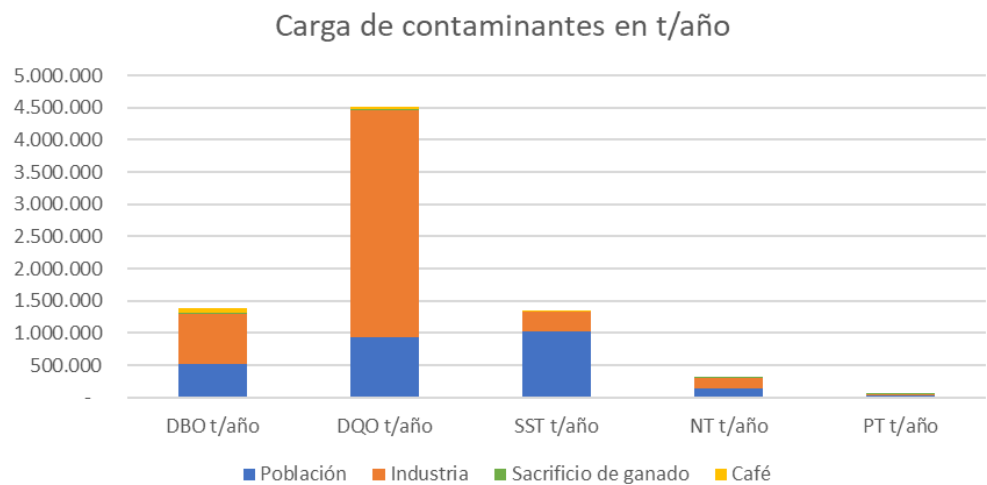


Figura 5-6. Carga de contaminantes por plaguicidas. Fuente: elaboración propia con información del Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2023). Demanda bioquímica de oxígeno, DBO; demanda química de oxígeno, DQO; Sólidos suspendidos totales, SST; nitrógeno total, NT y fósforo total, PT.

Tabla 5-3. Carga de contaminantes anuales para 2022, por sectores.

	DBO t/año	DQO t/año	SST t/año	NT t/año	PT t/año
Población	522.179	943.446	1.018.237	138.748	39.319
Industria	778.756	3.519.372	314.671	160.629	3.286
Sacrificio de ganado	11.403	17.815	8.160	1.365	98
Café	77.124	37.257	9.139		

Fuente: elaboración propia con información del Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2023). Demanda bioquímica de oxígeno, DBO; demanda química de oxígeno, DQO; Sólidos suspendidos totales, SST; nitrógeno total, NT y fósforo total, PT.

La actividad que genera mayor carga contaminante es la industrial, como se evidencia en índices como el DQO anual, seguida de los usos domésticos de la población. Las AH donde se genera mayor carga contaminante son la de Magdalena - Cauca y la del Caribe, donde se concentra la mayor densidad de población. La AH de Magdalena - Cauca tiene una carga de DQO de hasta 2.843.237 t/año, y el AH del Caribe tiene una carga de hasta 1.512.636 t/año. En ambas AH la contaminación se debe principalmente a usos industriales. En las otras AH, hay una menor carga total de

contaminantes, principalmente de SST, como es el caso del AH de Amazonas y el AH de Pacífico, que reportan 17.327 t/año y 46.929 t/año, respectivamente. En estas AH, hay un mayor aporte de contaminantes debido a los usos domésticos de la población. La SZH con mayor aporte de DQO al año es la del río Bogotá, con 699.544 t/año.

El uso de agroquímicos a nivel nacional también genera presión sobre la calidad del agua, pues existe una alta demanda de agroquímicos, que pueden resultar en las fuentes de agua por medio de la escorrentía. Esta demanda corresponde a 3.282.428 t de fertilizantes, 9.506 t de herbicidas, 9.225 t de fungicidas, 5.247 t de insecticidas, 24.097 t de otros plaguicidas, para un total de 3.330.503 t de agroquímicos al año, (IDEAM, 2023). Los cultivos ilícitos también provocan una demanda de contaminantes para su procesamiento, que corresponde a 326.146 t de oxidantes fuertes, ácidos, bases y solventes orgánicos.

El índice de alteración en la calidad del agua en las fuentes hídricas registró altos valores en regiones del AH del Magdalena-Cauca y del AH del Caribe, que son atribuidos a la gran cantidad de contaminantes y a la poca capacidad de carga de contaminantes del caudal de las fuentes hídricas, tanto en años secos como en años húmedos (más SZH presentaron un aumento del índice en años húmedos).

5.7 Infraestructura y manejo del agua

5.7.1 Acueducto y agua potable

De acuerdo con el Informe Sectorial de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado (SSPD, 2023), el 19,85 % de los municipios a nivel nacional tienen una cobertura de acueducto superior al 90 % del territorio. Por otra parte, en el 5,54 % de los municipios, menos del 15 % del territorio está cubierto por este servicio. La mayoría de los municipios con baja cobertura se encuentran en la región andina (40). Dentro de estos, el mayor porcentaje de municipios con cobertura menor al 60 % se encuentra en la Orinoquía (39), mientras que la región Caribe presenta el mayor porcentaje de municipios con cobertura superior al 60 % (128). Ahora bien, analizando la continuidad del servicio de acueducto a través del índice de continuidad (IC), 67 % de los municipios a nivel nacional tienen cobertura continua, 13 % cobertura suficiente, 9 % cobertura no satisfactoria y 11 % cobertura insuficiente. La mayoría de los municipios con cobertura continua se encuentran en la región andina, mientras que en la Orinoquía y el Caribe se concentran los municipios con continuidad insuficiente (0-10 h al día).

En términos de consumo por suscriptor (término de la SSPD), el 69 % de consumidores tiene un consumo básico, el 25 % tiene un consumo complementario y el 6 % tiene un consumo suntuario. Esto significa que el 69 % de los suscriptores consumen un valor correspondiente al consumo básico (16 m³ mensuales para menos de 1000 m.s.n.m, 13 m³ para 1000 – 2000 m.s.n.m. y 11m³ para más de 2000 m.s.n.m.).

Respecto al índice de riesgo de la calidad del agua para el consumo humano (IRCA), se encontró que el 56,1 % de los municipios analizados (1103) tienen una calidad del agua apta, el 19,7 % un riesgo bajo, el 13,9 % un riesgo medio, el 7,7 % un riesgo alto y el 0,7 % un índice de inviabilidad sanitaria. 1,7 % no presentaron datos. Las regiones con mayor porcentaje de municipios con riesgo alto o inviabilidad se encuentran en el Caribe o la Orinoquía.

5.7.2 Alcantarillado

La cobertura de alcantarillado supera el 90 % en 7,07 % de los municipios, mientras que el 13,96 % tiene una cobertura inferior al 15 %. Al igual que en el caso de la cobertura de acueducto, la mayoría de los municipios con cobertura inferior al 15 % se encuentran ubicados en la región Andina y en la región Caribe. La región con mayor porcentaje de municipios con cobertura mayor a 60 % es la región Amazónica, seguida por la región Caribe. Mientras tanto, la región Andina tiene un mayor porcentaje de municipios con cobertura menor a 60 % (59,6 % de los municipios).

En cuanto a los sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR), se clasifican por niveles de acuerdo con su eficiencia y alternativas de tratamiento, donde el 73 % de los STAR a nivel nacional fueron caracterizados como terciarios, el 6 % como secundarios, 5 % como primarios, 2 % como preliminares y 14 % sin datos reportados. Asimismo, se observa que 146 de los prestadores del servicio de alcantarillado (16,8 %) no cuentan con tratamiento de aguas residuales. Las PTAR con mayor caudal de aguas tratadas se encuentran en el Valle del Cauca (Cañavalejo), Antioquia (Aguas Claras), Bogotá (Salitre y el proyecto de Canoas) y Atlántico (Pretratamiento Barranquillita), asociadas a las áreas urbanizadas más pobladas del país. A nivel nacional, se reportó que durante 2021 se depuró un 50,12 % de todas las aguas vertidas por los sistemas de alcantarillado.

5.8 Contexto regional

5.8.1 Región Caribe

La región Caribe presenta una configuración territorial heterogénea en la que confluyen llanuras costeras, valles aluviales, sistemas montañosos aislados, humedales y un componente insular-marino de alta singularidad, lo que justifica su tratamiento como una unidad regional diferenciada dentro de la clasificación del IGAC. En esta región coinciden extensas áreas transformadas para usos agropecuarios y extractivos con ecosistemas estratégicos de alto valor ambiental, entre ellos la Sierra Nevada de Santa Marta, la Serranía del Perijá, complejos cenagosos asociados al río Magdalena, manglares, praderas marinas y arrecifes coralinos del Caribe insular. A escala nacional, el área hidrográfica del Caribe se caracteriza por subzonas hidrográficas fragmentadas cuyas aguas nacen en los Andes y en otras formaciones montañosas como la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía de Macuira, y desembocan en el mar Caribe; dentro de esta área se incluye también la región insular de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, lo que refuerza la pertinencia de integrar el componente continental e insular en una misma lectura regional (IDEAM, 2013, 2023; IGAC, 2023).

En materia de ordenamiento territorial, la región Caribe combina territorios con alta presencia de resguardos indígenas y estructuras étnico-territoriales consolidadas con municipios que presentan instrumentos de planificación desactualizados y débil articulación con determinantes ambientales recientes. En La Guajira, los resguardos Wayuu y los territorios Kogui, Arhuaco y Wiwa ocupan una porción significativa del territorio, especialmente en la Alta Guajira y en el contacto con la Sierra Nevada, mientras que en Cesar los resguardos se concentran en la Sierra Nevada y la Serranía del Perijá, con menor presencia en las planicies centrales (ver **figura A - 1**, de los anexos). Esta dimensión étnico-territorial es determinante porque se superpone con conflictos de uso del suelo, presiones mineras, proyectos de infraestructura y disputas por el agua, de modo que el ordenamiento no puede analizarse solo desde la malla municipal, sino también desde la coexistencia de jurisdicciones ambientales, territorios colectivos y esquemas especiales de gestión. Al mismo tiempo, en los diagnósticos departamentales se observa que buena parte de los POT, PBOT y EOT de La Guajira, Cesar y del Archipiélago de San Andrés y Providencia presentan obsolescencia, lo que limita la incorporación efectiva de POMCA, áreas protegidas, riesgos climáticos y criterios de sostenibilidad en la gestión territorial (ANT, 2023; ART, 2023; Corpoguajira, 2015; Cortés Cuervo & Gómez, 2025c, 2025d).

Los usos del suelo de la región Caribe muestran un patrón dual. Por un lado, en las planicies continentales predominan mosaicos de cultivos y pastos, ganadería extensiva, agricultura comercial y enclaves extractivos; por otro, en la franja costera e insular aparecen territorios con restricciones ambientales más marcadas, ecosistemas secos y costeros frágiles, y una fuerte competencia entre conservación, turismo, infraestructura y expansión urbana. En La Guajira, menos de la mitad del territorio se encuentra dentro de la frontera agrícola, mientras amplias áreas del centro y norte corresponden a ecosistemas xéricos, desérticos o de baja aptitud agropecuaria, además de coexistir con áreas de minería e hidrocarburos que compiten con la protección del recurso hídrico y de ecosistemas costeros. En Cesar, en contraste, cerca de tres cuartas partes del territorio hacen parte de la frontera agrícola y las llanuras del valle del río

Cesar y del Magdalena concentran agroecosistemas, ganadería, minería de carbón y zonas inundables, configurando un paisaje fuertemente transformado. En el Archipiélago, las restricciones derivadas de la reducida superficie terrestre hacen que los usos urbanos, turísticos, aeroportuarios y portuarios compitan directamente con remanentes de cobertura vegetal, manglares y áreas de importancia ecológica, lo que vuelve especialmente sensible el ordenamiento del suelo insular, (ANLA, 2021a, 2021b; ANM, 2022; Cortés Cuervo & Gómez, 2025c, 2025d; IDEAM, 2018b; SIPRA, 2023).

Desde el punto de vista hidrográfico y ecosistémico, la región Caribe no constituye un espacio uniforme, pero sí comparte rasgos estructurales que la diferencian de las demás regiones. En el continente se observan dos grandes sistemas: primero, cuencas relativamente cortas que descienden desde la Sierra Nevada, la Serranía del Perijá o la serranía de Macuira hacia el mar Caribe; segundo, grandes valles aluviales y complejos cenagosos conectados con el río Magdalena y sus afluentes, como ocurre en Cesar. En el componente insular, la hidrología superficial es limitada, con pocas corrientes permanentes y fuerte dependencia de la precipitación, la escorrentía local y, potencialmente, de aguas subterráneas. Esta diversidad física produce también una notable variedad ecosistémica: bosques secos tropicales, ecosistemas xéricos, manglares, ciénagas, humedales costeros, praderas marinas, arrecifes coralinos, páramos en alta montaña y reservas forestales. En La Guajira sobresalen la Macuira, los manglares, las lagunas costeras, los pastos marinos y los ecosistemas marino-costeros; en Cesar, la Sierra Nevada, la Serranía del Perijá y el complejo cenagoso de Zapatosa; y en San Andrés y Providencia, la Reserva de Biosfera *Seaflower*, el parque *Old Providence McBean Lagoon* y ecosistemas costeros de altísima sensibilidad frente a erosión, contaminación y presión turística, (IDEAM, 2013, 2018b, 2023; INVEMAR, 2015; MADS, 2018; RUNAP, 2023).

Las condiciones climáticas y de disponibilidad hídrica acentúan aún más la especificidad regional del Caribe. En La Guajira predominan la aridez, la baja precipitación y la alta susceptibilidad al desabastecimiento, con presión simultánea de la demanda agrícola, minera, energética y doméstica sobre una oferta limitada y muy variable. En Cesar, aunque la oferta hídrica es mayor y existen sistemas fluviales y cenagosos estructurantes, también se presentan fuertes fluctuaciones entre años secos y húmedos, alta vulnerabilidad a sequías e inundaciones y presiones sobre la calidad del agua asociadas a actividades agrícolas, pecuarias y minero-energéticas. En el Archipiélago, la presión hídrica se combina con riesgos costeros y climáticos propios del espacio insular, como huracanes, lluvias extremas, erosión costera y degradación de arrecifes, todo ello bajo una infraestructura de agua y saneamiento limitada para las exigencias del turismo y la población residente. Así, la infraestructura y el manejo del agua muestran una tensión común en la región: aun donde existen coberturas relativamente extendidas, persisten fallas de continuidad, tratamiento de aguas residuales, calidad del agua y resiliencia frente a extremos climáticos, lo que convierte la seguridad hídrica en una variable central para el ordenamiento regional, (IDEAM, 2023; INVEMAR, 2015; SSPD, 2019, 2021, 2023; UNGRD, 2022).

En síntesis, la región Caribe se justifica como unidad de análisis territorial por la convergencia de cinco rasgos estructurales: presencia de litorales continentales e insulares, fuerte dependencia de sistemas hídricos costeros y aluviales, coexistencia de ecosistemas secos y humedales estratégicos, alta exposición a variabilidad climática y una intensa competencia entre conservación, usos productivos, turismo e infraestructura. Aunque internamente es una región diversa, desde la aridez guajira hasta la insularidad coralina y las planicies cenagosas del Cesar, esa diversidad se articula alrededor de una misma estructura territorial: una relación estrecha entre disponibilidad de agua, fragilidad ecosistémica y presión antrópica. Por ello, en el marco de este capítulo, la región Caribe se presenta como un conjunto coherente para el análisis del ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad, reconociendo sus fuertes contrastes internos y la necesidad de estrategias diferenciadas dentro de una misma base regional, (Cortés Cuervo & Gómez, 2025c, 2025d; IGAC, 2023; IDEAM, 2023;).

5.8.2 Región Andina

La región Andina constituye el principal eje de articulación territorial del país por la convergencia de las tres cordilleras, los valles interandinos del Magdalena y del Cauca, la mayor concentración poblacional y la densidad más alta de infraestructuras, centros urbanos y actividades productivas. Esta configuración explica que, dentro de la clasificación regional del IGAC, la región Andina funcione como una unidad de análisis claramente diferenciable, no solo por su topografía montañosa, sino por la forma en que esa topografía organiza los asentamientos humanos, la conectividad, la transformación del suelo y la presión sobre los ecosistemas. En las secciones anteriores del presente capítulo se destaca precisamente que en esta región se concentran mosaicos de cultivos y pastos, agroecosistemas diversos, centros urbanos, embalses, corredores industriales y una alta densidad de fuentes hídricas asociadas a las cuencas del Magdalena y del Cauca, lo que la convierte en el espacio de mayor complejidad para el ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad, (IDEAM, 2013, 2018a, 2023; IGAC, 2023).

Desde el punto de vista político-administrativo y de planificación, la región Andina combina municipios con instrumentos de ordenamiento relativamente más desarrollados que en otras regiones con una persistente obsolescencia normativa y una débil actualización frente a nuevas determinantes ambientales y climáticas. En Bogotá, por ejemplo, el ordenamiento reciente ha buscado reorganizar la estructura ecológica principal, las áreas de actividad y la relación entre expansión urbana, humedales, cerros orientales y ruralidad de Usme y Sumapaz; en Medellín, el POT se articula con la lógica metropolitana del Valle de Aburrá y con la estructura ecológica definida en torno al río Medellín y sus laderas; en Caldas, aunque todos los municipios cuentan con instrumentos POT, PBOT o EOT, buena parte de ellos siguen desactualizados, aun cuando existen POMCA más recientes para varias cuencas. Esta situación refleja un rasgo estructural de la región: concentra capacidades institucionales y herramientas de planificación más robustas, pero al mismo tiempo enfrenta mayores tensiones entre crecimiento urbano, actividad económica, conservación ecosistémica y gestión del riesgo, por lo que el problema no es solo la ausencia de instrumentos, sino la dificultad de articularlos eficazmente a escalas metropolitanas, rurales y de cuenca, (Cortés Cuervo & Gómez, 2025a, 2025b; 2025e; Ley 388 de 1997; MADS, 2021).

En materia de usos del suelo, la región Andina se distingue por la intensidad de la transformación territorial. En ella predominan corredores agrícolas, zonas cafeteras, áreas pecuarias, enclaves industriales, infraestructura logística y amplias superficies urbanizadas, todo ello sobre una base física de montaña que impone restricciones severas de pendiente, estabilidad y disponibilidad de suelos. Caldas ilustra bien esta condición: gran parte de su territorio se encuentra destinado a actividades agropecuarias, con corredores cafeteros y ganaderos que se superponen con ecosistemas andinos, páramos, bosques y embalses. Bogotá y Medellín muestran la otra cara del patrón andino: una alta ocupación urbana e industrial en valles relativamente estrechos, rodeados de laderas y áreas rurales estratégicas para la provisión de agua, regulación climática y conectividad ecológica. El Valle del Cauca, por su parte, conforma parcialmente esta región, donde se establece un contraste entre el valle geográfico del río Cauca, la expansión agroindustrial y las áreas montañosas refuerza la idea de una región donde la base biofísica ha sido intensamente reorganizada por actividades humanas, sin dejar de depender críticamente de ecosistemas de alta montaña, cuencas abastecedoras y áreas protegidas, (Cortés Cuervo & Gómez, 2025b, 2025e; CVC, 2017; IDEAM, 2018a; SIPRA, 2023;).

La hidrología regional refuerza esta especificidad andina. La región está estructurada por las cuencas del Magdalena y del Cauca y por una red densa de tributarios que nacen en páramos, bosques altoandinos y sistemas montañosos, y que abastecen ciudades, distritos de riego, sistemas energéticos y actividades productivas. En Caldas, las fuentes hídricas drenan hacia ambas cuencas mayores y se apoyan en ecosistemas de alta montaña, humedales altoandinos y embalses hidroeléctricos; en Medellín, el río Aburrá-Medellín y sus afluentes ordenan la estructura ecológica y la gestión del agua en una cuenca altamente urbanizada; en Bogotá, la red hídrica del distrito se articula con la cuenca del río Bogotá, los humedales urbanos, la ronda del río, los cerros orientales y el páramo de Sumapaz como reserva estratégica. Esta centralidad del agua no implica homogeneidad: por el contrario, la región Andina combina zonas con

abundante regulación hídrica y oferta relativamente alta con otras donde la presión por demanda, contaminación, sellamiento del suelo, deforestación, erosión o sobrecarga de infraestructura ha degradado la funcionalidad ecológica de las cuencas. Precisamente por ello, la lectura regional andina requiere integrar simultáneamente topografía, cuencas, estructura urbana, usos productivos y gestión del riesgo, (Corantioquia *et al.*, 2016; Corpocaldas, 2020a; Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca & Consorcio Huitaka, 2018; IDEAM, 2013, 2023;).

En términos ecosistémicos y climáticos, la región Andina reúne algunos de los sistemas más estratégicos y también más presionados del país. Abarca páramos, glaciares remanentes, bosques altoandinos y andinos, humedales, corredores riparios, valles interandinos y zonas secas intraandinas, además de grandes áreas urbanas que fragmentan la conectividad ecológica. Caldas muestra la importancia de los páramos, glaciares y nacimientos de agua en la cordillera Central; Bogotá, la función crítica de los cerros orientales, los humedales y Sumapaz; Medellín, la necesidad de conservar laderas, quebradas y bordes urbano-rurales en una cuenca altamente intervenida; y el Valle del Cauca, la articulación entre Farallones, humedales, cuenca del Cauca y zonas agroindustriales. La vulnerabilidad regional se expresa menos en la escasez estructural de agua que en la exposición a deslizamientos, inundaciones, incendios forestales, contaminación hídrica, pérdida de cobertura natural y conflictos por el uso del agua en cuencas densamente pobladas. A ello se suma que buena parte de la infraestructura hídrica y sanitaria más compleja del país, a través de embalses, plantas de potabilización, grandes PTAR y redes metropolitanas, se concentra en esta región, lo que confirma que el ordenamiento andino depende tanto de la conservación ecosistémica como de la capacidad técnica para manejar agua, residuos, expansión urbana y riesgos hidrológicos, (Cortés Cuervo & Gómez, 2025g; IDEAM, 2020, 2023; SSPD, 2019, 2023; UNEP, 2018;).

En síntesis, en la región Andina se articulan de manera particularmente intensa relieve montañoso, concentración poblacional, centralidad económica, densidad hídrica y transformación antrópica del suelo. Su rasgo distintivo no es solo la montaña, sino la coexistencia, en un mismo espacio regional, de ecosistemas estratégicos de alta fragilidad y de las mayores presiones urbanas, industriales, agropecuarias e infraestructurales del país. Por ello, en esta región el ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad depende más claramente de la coordinación entre gestión de cuencas, protección de ecosistemas altoandinos, control de expansión urbana, adaptación al cambio climático y gobernanza multiescalar entre ciudades, áreas metropolitanas y territorios rurales. Esa combinación de centralidad nacional y fragilidad socioecológica es precisamente lo que da coherencia al análisis regional andino dentro de la regionalización del IGAC, (Cortés Cuervo & Gómez, 2025b, 2025e; 2025g; IDEAM, 2023; IGAC, 2023).

5.8.3 Región Pacífica

La región Pacífica se caracteriza por una configuración territorial determinada por la alta pluviosidad, la presencia de cuencas cortas y caudalosas con desembocadura al océano Pacífico, extensos bosques húmedos, manglares, estuarios, planicies aluviales y zonas potencialmente inundables. En el marco de la regionalización empleada en este informe, comprende a Chocó, Cauca, Nariño y una porción significativa del Valle del Cauca, por lo que este último no debe analizarse exclusivamente como parte de la región andina, sino también de la región pacífica, especialmente a través de Buenaventura, el litoral y las cuencas de vertiente occidental, (Cortés Cuervo & Gómez, 2025g; IDEAM, 2013, 2018b, 2023).

Desde la perspectiva del ordenamiento territorial, la región presenta una fuerte superposición entre determinantes ambientales, áreas protegidas, territorios colectivos, gestión del riesgo y debilidades institucionales en la actualización y articulación de instrumentos de planificación. En Nariño, buena parte de los POT municipales fueron adoptados entre 2000 y 2004 y están desactualizados ante los lineamientos ambientales más recientes y la planeación por cuencas; en el Valle del Cauca, aunque todos los municipios cuentan con instrumentos de ordenamiento, gran parte de ellos también presentan rezagos de actualización y escasa articulación con los POMCA. Esto sugiere que uno de los principales problemas regionales corresponde a esa desactualización y la limitada capacidad para responder a

territorios costeros, selváticos y fluviales ambientalmente complejos, (Cortés Cuervo & Gómez, 2025f; 2025g; CVC, 2019; Ley 388 de 1997).

La base biofísica del Pacífico explica buena parte de esa complejidad. A escala nacional, el área hidrográfica del Pacífico registra uno de los mayores rendimientos hídricos del país, y la región concentra amplias coberturas de bosques húmedos, manglares y humedales costeros. En Nariño, esta condición se expresa en la coexistencia de ecosistemas andinos y pacíficos dentro del mismo departamento, con una clara diferenciación entre las montañas del oriente y las planicies húmedas del litoral. El Valle del Cauca, por su parte, participa de esta región a través de su franja litoral y de las cuencas que drenan hacia el Pacífico, donde la articulación entre el puerto de Buenaventura, los bosques húmedos y los sistemas de manglar configura un territorio en el que las intervenciones humanas se superponen sobre una base ecosistémica de alta sensibilidad, particularmente en torno a las cuencas de vertiente occidental y a las áreas protegidas costeras y de montaña, (IDEAM, 2018b, 2023; Cortés Cuervo & Gómez, 2025f; 2025g; CVC, 2017; SIPRA, 2023).

En términos ecosistémicos, la región Pacífica contiene algunos de los sistemas más estratégicos del país para la regulación hídrica, la biodiversidad y la adaptación climática. En el Valle del Cauca sobresalen los manglares, los ecosistemas costeros y marinos de Buenaventura y Bahía Málaga, así como áreas protegidas que conectan la vertiente pacífica con los sistemas montañosos de la cordillera Occidental; en Nariño, las planicies del Pacífico y el entorno de Tumaco albergan una de las mayores extensiones de manglar del país, además de bosques densos, zonas pantanosas y deltas fluviales. Esta riqueza ecosistémica, sin embargo, convive con presiones por cambios de uso del suelo, extracción de recursos, urbanización y deterioro de manglares, lo que vuelve indispensable una estrategia territorial centrada en protección, restauración y adaptación basada en ecosistemas, (Cortés Cuervo & Gómez, 2025f; 2025g; INVEMAR, 2015; Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2024).

Las condiciones climáticas e hidrológicas también incrementan la exposición al riesgo. En la región se registran precipitaciones muy altas, elevadas escorrentías y amplias zonas potencialmente inundables, especialmente en litorales, deltas y cuencas bajas, lo que genera afectaciones recurrentes por inundaciones, erosión costera y problemas de conectividad. En Nariño, municipios como Tumaco muestran una alta vulnerabilidad frente a crecientes, lluvias extremas y aumento del nivel del mar, mientras que en el Pacífico vallecaucano la funcionalidad ecológica de cuencas, humedales y bosques no elimina el riesgo, sino que exige una gestión territorial mucho más precisa frente a asentamientos, infraestructura y actividades productivas. Así, la abundancia hídrica no reduce por sí misma la vulnerabilidad regional, sino que demanda formas de ocupación y ordenamiento más compatibles con la dinámica natural del territorio, (Cortés Cuervo & Gómez, 2025f; 2025g; CVC, 2017; IDEAM, 2023).

En conjunto, la región Pacífica puede caracterizarse como un territorio de alta riqueza hídrica y ecosistémica, pero también de profundas restricciones estructurales para un ordenamiento sostenible. La combinación entre instrumentos de planificación desactualizados, brechas de conectividad, vulnerabilidad hidrometeorológica, presión sobre manglares y bosques, y persistentes desigualdades sociales e institucionales exige un análisis regional diferenciado. Desde esta perspectiva, la sostenibilidad territorial de la región depende de fortalecer la gobernanza de cuencas y litorales, articular nodos urbanos y portuarios con estrategias de conservación y adaptación, y reconocer de forma efectiva la complejidad ecológica y territorial del Pacífico colombiano, (Cortés Cuervo & Gómez, 2025f; 2025g; CVC, 2019; IDEAM, 2023; INVEMAR, 2015).

5.8.4 Región Orinoquía

La región Orinoquía se caracteriza por una configuración territorial asociada a grandes sabanas estacionales, baja densidad poblacional, alta dispersión rural, extensos valles aluviales y una fuerte dependencia de la dinámica hídrica de la cuenca del Orinoco. En la regionalización utilizada en este estudio, esta región comprende a Arauca, Casanare, Meta y Vichada, y se diferencia de las regiones Andina y Pacífica por una topografía predominantemente plana, donde

los ciclos de inundación y sequía condicionan de manera directa los usos del suelo, la conectividad, la ocupación humana y la estructura ecosistémica del territorio (IDEAM, 2013, 2018a, 2023; IGAC, 2023).

Desde la perspectiva del ordenamiento territorial, la Orinoquía combina grandes extensiones rurales con limitada capacidad institucional y una fuerte presencia de actividades agropecuarias y extractivas, especialmente hidrocarburos. El informe integral muestra que en esta región persisten problemas de desactualización de instrumentos de ordenamiento, debilidad en la articulación entre planeación territorial y manejo ambiental, y dificultades adicionales derivadas de la dispersión poblacional, la baja conectividad y la presencia de municipios PDET, particularmente en zonas afectadas por conflicto armado y economías ilegales. En consecuencia, la planeación territorial enfrenta aquí retos distintos a los de las regiones más densamente urbanizadas, en los que se hace relevante el ordenamiento de territorios extensos, ambientalmente frágiles y funcionalmente dependientes de sus ciclos hidrológicos, (Ley 388 de 1997; IDEAM, 2023; IGAC, 2023).

La base biofísica de la Orinoquía explica buena parte de esa complejidad. A escala nacional, el área hidrográfica del Orinoco se extiende sobre una vasta superficie del oriente colombiano y presenta una combinación de sabanas, bosques húmedos, caños, esteros, lagunas y zonas potencialmente inundables. Esta es la región con mayor extensión de zonas potencialmente inundables del país, con más de la mitad del total nacional, y buena parte de estas se ubican en las planicies y valles aluviales asociados al río Meta y a otros afluentes de la cuenca del Orinoco. Esto significa que en la Orinoquía la ocupación y transformación del territorio no puede establecerse al margen de la movilidad del agua, ni de los cambios estacionales que reconfiguran periódicamente la funcionalidad ecológica y productiva del espacio regional, (IDEAM, 2013, 2018b, 2023).

En términos ecosistémicos, la región se distingue por la coexistencia de sabanas naturales, bosques húmedos, humedales, morichales y áreas inundables que cumplen funciones clave de regulación hídrica, conectividad ecológica y soporte para actividades productivas extensivas. Arauca y Casanare destacan por sus amplias planicies inundables, mientras que Meta y Vichada combinan sabanas, altillanura y áreas de transición con coberturas boscosas y territorios de gran relevancia ambiental. Esta riqueza ecosistémica, sin embargo, convive con procesos de transformación asociados a expansión ganadera, agricultura extensiva, quema de coberturas, infraestructura extractiva y alteración de humedales, lo que incrementa la vulnerabilidad regional frente a la pérdida de servicios ecosistémicos y a los conflictos por el uso del suelo y del agua, (IDEAM, 2018b, 2023; SIPRA, 2023).

La dimensión hídrica y climática es central en esta región. Aunque la Orinoquía cuenta con una alta oferta de agua superficial y una gran extensión de zonas inundables, también presenta una marcada estacionalidad entre períodos secos y húmedos, así como una exposición importante a eventos de sequía de distintas duraciones. El informe nacional señala que departamentos de esta región, especialmente Vichada, concentran algunos de los mayores registros de eventos de sequía del país, mientras que la abundancia de agua en época de lluvias no elimina los problemas de accesibilidad, prestación de servicios o vulnerabilidad territorial. En otras palabras, la disponibilidad hídrica regional no representa automáticamente seguridad hídrica para la población ni en un ordenamiento adecuado del territorio, precisamente porque la baja densidad, la dispersión y la débil infraestructura limitan el manejo efectivo del recurso, (IDEAM, 2023; SSPD, 2023).

El caso de Arauca sintetiza varias de estas tensiones. En los capítulos previos en este estudio, este departamento aparece como un territorio donde convergen dependencia petrolera, rezagos en salud y bienestar, conflicto armado, deterioro de infraestructura y alta sensibilidad de humedales y sistemas aluviales como el complejo del Lipa. Esto sugiere que, en la Orinoquía, el ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad no puede separarse de la necesidad de reducir la presión de actividades extractivas sobre humedales, mejorar la infraestructura social y de servicios, actualizar instrumentos de planificación y reconocer que la funcionalidad ecológica de sabanas inundables, caños y esteros es constitutiva del territorio y no un obstáculo secundario para su aprovechamiento, (FCDS, 2023; Global Atlas of Environmental Justice, 2023; IDEAM, 2023).

En conjunto, la región Orinoquía puede caracterizarse como un territorio de alta oferta hídrica, amplia diversidad de sabanas y humedales y gran relevancia para actividades agropecuarias y extractivas, pero también de fuerte vulnerabilidad institucional y ambiental. La combinación entre dispersión poblacional, instrumentos territoriales rezagados, presión sobre zonas inundables, dependencia de hidrocarburos y baja conectividad hace que la sostenibilidad regional dependa de una planeación adaptada a la dinámica del agua, la protección de humedales y sabanas, y una articulación más efectiva entre ordenamiento territorial, infraestructura, gobernanza ambiental y diversificación productiva, (IDEAM, 2018a, 2023; IGAC, 2023).

5.8.5 Región Amazónica

La región Amazónica reúne algunas de las condiciones territoriales más exigentes para establecer el ordenamiento hacia la sostenibilidad. Se trata de un espacio de muy baja densidad poblacional, alta dispersión rural, predominio de selvas húmedas y fuerte presencia de pueblos indígenas, donde la organización del territorio depende tanto de la estructura ecológica como de los sistemas de gobierno propio y de las figuras de protección y manejo colectivo existentes. En la regionalización empleada en este estudio, comprende a Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Putumayo y Vaupés, y concentra una parte fundamental de los bosques, cuencas y funciones de regulación climática e hídrica del país, (IDEAM, 2013, 2018b, 2023; IGAC, 2023).

Uno de los rasgos que más distingue a esta región es que una porción muy amplia de su territorio ya se encuentra estructurada bajo formas de ordenamiento distintas al planeamiento municipal convencional. Este capítulo muestra que la mayor extensión de resguardos indígenas legalizados del país se localiza precisamente en Amazonía y Orinoquía, y que a ello se suma una amplia presencia de parques nacionales, reservas forestales y otras áreas protegidas. Esto implica que cualquier iniciativa de infraestructura, expansión de la frontera agropecuaria o intervención sectorial debe partir del reconocimiento de que buena parte del territorio amazónico no constituye un vacío disponible para nuevas ocupaciones, sino un espacio ya organizado bajo figuras colectivas, ambientales y de protección especial, (ANT, 2023; IDEAM, 2023; RUNAP, 2023).

La relevancia territorial de la Amazonía también deriva de la continuidad de sus selvas húmedas, de la magnitud de sus cuencas y de la densidad de su red hídrica. El informe integral resalta que el área hidrográfica del Amazonas presenta una de las mayores escorrentías del país, con extensos valles aluviales y zonas inundables en las que el agua permanece durante largos periodos y donde la funcionalidad del bosque está estrechamente ligada al comportamiento de ríos, caños y planicies de inundación. Estas condiciones explican que la región deba considerarse como un sistema socioecológico de gran escala, pues las alteraciones del bosque, de las cuencas o de la conectividad ecológica tienen efectos que desbordan ampliamente lo local, (IDEAM, 2018b, 2023).

Sobre esa estructura territorial recaen presiones cada vez más intensas. La deforestación, la expansión ganadera, la apertura de vías, la ocupación desordenada y distintas economías ilegales han venido transformando coberturas forestales y modificando relaciones históricas entre asentamiento humano, movilidad y usos del suelo. Por ello, el problema regional no se reduce a carencias de infraestructura o servicios, sino al tipo de intervención territorial que se promueve: una intervención que, si desconoce la estructura ecológica amazónica y la centralidad de los territorios indígenas y campesinos, puede profundizar la fragmentación del paisaje, aumentar la conflictividad y debilitar funciones ecosistémicas críticas para el país y el continente, (IDEAM, 2018b, 2020; UNODC-SIMCI, 2023).

Las restricciones de accesibilidad y cobertura estatal agravan este escenario. En el análisis socioeconómico de este estudio, la Amazonía aparece como la región con el índice de pobreza multidimensional ponderado más alto del país, con fuertes privaciones en educación, salud, vivienda, trabajo formal y servicios básicos, en un contexto donde la dispersión poblacional encarece la provisión de bienes públicos y limita la continuidad institucional. La información disponible sobre desigualdad de ingresos también es incompleta para varios departamentos amazónicos, de modo que el diagnóstico regional debe apoyarse más en las brechas multidimensionales, en la baja conectividad y en las

barreras efectivas de acceso que en indicadores monetarios aislados, (DANE, 2022; 2023a; 2023b; Instituto Nacional de Salud, 2019).

A ello se suma el rezago de muchos instrumentos de ordenamiento territorial municipal, formulados en buena parte a comienzos de los años 2000 y poco adaptados a los lineamientos recientes sobre sostenibilidad, cambio climático, manejo ambiental y transformaciones en los usos del suelo. En una región donde convergen resguardos, áreas protegidas, reservas forestales y amplias cuencas de alta sensibilidad, ese desfase normativo limita la articulación entre planificación local, gobernanza ambiental y reconocimiento de derechos territoriales. Más que ampliar de manera indiscriminada la infraestructura o la ocupación del suelo, la prioridad regional pasa por cerrar brechas básicas de acceso, fortalecer la gobernanza indígena y comunitaria, proteger bosques y cuencas y evitar que nuevas intervenciones reproduzcan procesos de enclave, acaparamiento o degradación ecológica, (IDEAM, 2013, 2023).

La Amazonía, vista desde esta perspectiva, representa probablemente el caso más exigente para cualquier estrategia de ordenamiento territorial asociada a la transición energética. Su viabilidad no depende solamente de la disponibilidad de recursos o del despliegue tecnológico, sino de la capacidad de subordinar cualquier transformación productiva o infraestructural a criterios estrictos de protección ecosistémica, consulta, autodeterminación territorial y reducción de desigualdades históricas. Solo bajo esas condiciones la sostenibilidad territorial podría fortalecerse, en lugar de convertirse en una nueva fuente de presión sobre la selva y sobre las comunidades que la habitan, (ANT, 2023; IDEAM, 2023; WWF, 2020).

5.9 Síntesis

El análisis del ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad muestra que Colombia enfrenta la implementación de procesos de transición energética sobre una base territorial profundamente desigual, marcada por contrastes biofísicos, institucionales y socioeconómicos entre regiones. A lo largo del capítulo se evidencia que la diversidad geográfica, ecosistémica e hidroclimática del país es una condición estructural que determina la viabilidad, los costos, los riesgos y los posibles beneficios de cualquier transformación del sistema energético en los territorios.

En este capítulo se confirma que el agua y la estructura ecosistémica son variables ordenadoras del territorio y, por tanto, factores determinantes para la transición energética. La distribución nacional de la precipitación, la escorrentía, la oferta hídrica, los eventos de sequía, las inundaciones, la erosión y la presión sobre las cuencas revela un país donde las condiciones para localizar infraestructura, ampliar usos productivos o sostener nuevas demandas energéticas son altamente diferenciadas entre regiones. Mientras la Amazonia, la Orinoquía y el Pacífico concentran altos excedentes hídricos y amplias coberturas de bosques, humedales y zonas inundables, la región Andina y parte del Caribe presentan mayores presiones sobre la calidad del agua, mayor intensidad de uso y más conflictos por disponibilidad, abastecimiento y tratamiento.

El ordenamiento territorial aparece condicionado por una marcada heterogeneidad en la actualización de instrumentos, capacidades institucionales y articulación entre planeación territorial y determinantes ambientales. El capítulo muestra que, aunque existen regiones con mayores capacidades técnicas y administrativas, como parte de la Andina, persiste de manera generalizada la obsolescencia de POT, PBOT y EOT, así como vacíos de articulación con POMCA, áreas protegidas, gestión del riesgo y criterios recientes de sostenibilidad. Esta situación es especialmente crítica en regiones como la Pacífica, la Orinoquía y la Amazonia, donde la complejidad ecológica, la dispersión poblacional o la débil conectividad exigen instrumentos mucho más adaptados a cuencas, litorales, humedales, sabanas inundables, selvas y territorios colectivos.

Este capítulo permite establecer que la transición energética no podrá desplegarse de manera homogénea sobre el territorio nacional, porque cada región enfrenta restricciones y potencialidades muy distintas. La región Andina concentra población, infraestructura, embalses, redes urbanas y actividad productiva, lo que la convierte en el

principal espacio de demanda energética y, al mismo tiempo, en la región donde más intensamente se superponen presión sobre cuencas, expansión urbana, contaminación hídrica y transformación antrópica del suelo. La región Caribe, por su parte, combina aridez y desabastecimiento en algunos territorios con humedales y sistemas costeros frágiles en otros, bajo una fuerte competencia entre conservación, turismo, agricultura, minería e infraestructura. En la región Pacífica, la alta riqueza hídrica y ecosistémica convive con brechas de conectividad, exposición a inundaciones y erosión costera, instrumentos rezagados y una superposición compleja entre áreas protegidas, cuencas, manglares y territorios colectivos. La Orinoquía presenta una gran oferta de agua y extensos sistemas de sabanas y humedales, pero también una fuerte estacionalidad, alta vulnerabilidad institucional y presión de actividades extractivas y agropecuarias sobre zonas inundables. Finalmente, la Amazonia representa el caso más exigente, porque cualquier intervención territorial debe subordinarse a la protección de bosques, cuencas, resguardos indígenas y áreas protegidas, en un contexto de baja accesibilidad, débil cobertura institucional y alta sensibilidad ecológica.

Estos hallazgos tienen implicaciones directas para la transición energética. El capítulo sugiere que dicha transición no puede reducirse a la expansión de tecnologías bajas en carbono o al despliegue de nueva infraestructura, sino que debe entenderse como un proceso territorialmente condicionado por la disponibilidad y calidad del agua, la fragilidad ecosistémica, la conectividad, la gestión del riesgo, la capacidad institucional y la coexistencia de múltiples figuras de gobierno y manejo del territorio. En otras palabras, la factibilidad de proyectos energéticos, redes, corredores logísticos, esquemas de electrificación o nuevas cadenas productivas dependerá tanto de variables técnicas como de la posibilidad de integrarlas de forma coherente con el ordenamiento territorial y con las funciones ecológicas que sostienen la vida y la producción en cada región.

De manera más específica, el análisis evidencia al menos cinco hallazgos determinantes del contexto territorial para la implementación de procesos de transición energética en Colombia. La seguridad hídrica debe asumirse como condición habilitante de la transición, no solo por la dependencia de múltiples sectores productivos respecto al agua, sino por la creciente competencia entre usos domésticos, agropecuarios, energéticos, mineros e industriales en diversas cuencas. La protección y restauración de ecosistemas estratégicos, como páramos, manglares, humedales, bosques húmedos y zonas inundables, no constituye una restricción externa al desarrollo, sino una condición de sostenibilidad para cualquier transformación energética de mediano y largo plazo. La actualización de instrumentos de ordenamiento y su articulación con determinantes ambientales y climáticas es un requisito institucional básico para reducir conflictos y orientar adecuadamente nuevas intervenciones. La transición exige estrategias diferenciadas según región, en lugar de soluciones uniformes diseñadas desde escalas nacionales abstractas. En territorios con fuerte presencia de resguardos indígenas, territorios colectivos y otras figuras especiales de manejo, la planeación energética debe reconocer que gran parte del país ya está territorialmente ordenado bajo lógicas distintas al planeamiento municipal convencional.

Integralmente, el capítulo permite concluir que el ordenamiento territorial constituye un componente transversal de barreras y habilitadores para la transición energética regional en Colombia. Allí donde persisten desarticulación institucional, rezagos en servicios básicos, deterioro ecosistémico, conflictos por el agua, débil conectividad o instrumentos desactualizados, la transición enfrentará mayores riesgos de inviabilidad, conflictividad o reproducción de desigualdades preexistentes. En cambio, donde se logre articular planeación territorial, protección ecológica, gobernanza hídrica, reconocimiento de territorialidades étnicas y fortalecimiento de infraestructura y capacidades públicas, la transición energética podrá convertirse en una oportunidad para reconfigurar de manera más sostenible y equitativa las relaciones entre energía, territorio y desarrollo.

Referencias

Alvear, J. (2005). *Manual del río Magdalena*. Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena.

- ANT. (2023). *Resguardos indígenas legalizados de Colombia*. Agencia Nacional de Tierras. <https://www.colombiaenmapas.gov.co>
- ANLA. (2021a). *Áreas licenciadas Hidrocarburos ANLA 2021*. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.
- ANLA. (2021b). *Áreas licenciadas Minería ANLA 2021*. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.
- ANM. (2022). *Títulos Mineros concedidos en Colombia*. Agencia Nacional de Minería <https://hub.arcgis.com/datasets/gfw::colombia-mining-titles/about>
- ART. (2023). *Megaficha Sierra Nevada*. Agencia de Renovación del Territorio
- Aquae. (2021). *Río Orinoco, el tercer río más caudaloso del mundo*. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/rio-orinoco/>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca & Consorcio Huitaka. (2018). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del río Bogotá*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- Corantioquia, AMVA, & Cornare. (2016). *Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca hidrográfica del río Aburrá – Nss (2701-01)*, Localizada En el Departamento de Antioquia jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia Corantioquia) – Contrato No. 1504 -168 de abril 6 de 2015.
- Corpocaldas. (2020b). *PGAR - Plan de Gestión Ambiental Regional 2020-2031. ANEXO VI BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECOSISTEMICOS*.
- Corpoguajira (2015). Resolución No. 2066 de 2015.
- CVC. (2017). *Evaluación regional del agua Valle del Cauca 2017*. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.
- CVC. (2019). *Elaboración del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica de los ríos Lili, Meléndez y Cañaverelejo: Resumen ejecutivo*. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.
- Cortés Cuervo, S. C., & Gómez, A. (2025a). Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Bogotá*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Cuervo, S. C., & Gómez, A. (2025b). Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Caldas*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Cuervo, S. C., & Gómez, A. (2025c). Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Cesar*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Cuervo, S. C., & Gómez, A. (2025d). Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de La Guajira*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Cuervo, S. C., & Gómez, A. (2025e). Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Medellín*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Cuervo, S. C., & Gómez, A. (2025f). Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Nariño*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.

- Cortés Cuervo, S. C., & Gómez, A. (2025g). Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible del Valle del Cauca*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- DANE. (2022). *Pobreza monetaria y grupos de ingreso en Colombia. Resultados 2021*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2023a). *Estadísticas vitales 2022*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2023b). *Indicador de pobreza multidimensional 2022*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística
- Duque-Escobar, G. (2019). *El Río Cauca en el desarrollo de la región. Cuarta Cátedra de Historia Regional*. Universidad de Caldas.
- FCDS. (2023). Complejo de humedales del Lipa en Arauca. *Paz y Ambiente*, 2, 8–13. Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible.
- Global Atlas of Environmental Justice. (2023, 11 de junio). *Destrucción ecosistema bioestratégico El Lipa, Arauca, Colombia*. <https://ejatlas.org>
- IDEAM. (2013). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2018a). *Mapa de cobertura de la tierra Periodo 2018*.
- IDEAM. (2018b). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2020). *Vulnerabilidad ambiental periodo 2011-2040*. IDEAM.
- IDEAM. (2023). *Estudio Nacional del Agua 2022*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IGAC. (2023). *Colombia en mapas*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Disponible en: <https://www.colombiaenmapas.gov.co/>
- Instituto Nacional de Salud. (2019). *Acceso a servicios de salud en Colombia. Décimo primer informe técnico*. Observatorio Nacional de Salud.
- INVEMAR. (2015). *Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2014*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras.
- Ley 388 de 1997. (1997). *Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989 y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones*.
- MADS. (2018). *Ciénaga de Zapatosa se convierte en humedal de categoría internacional*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/3774-cienaga-de-zapatososa-se-convierte-en-humedal-de-categoria-internacional>
- MADS. (2021). *Áreas de importancia especial y ecosistemas estratégicos*. Colombia en mapas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2024). *Parque Nacional Natural Uramba Bahía Málaga*.
- RUNAP (2023). *Registro único nacional de áreas protegidas*. Disponible en: <https://runap.parquesnacionales.gov.co/>
- SIPRA. (2023). *Frontera agrícola y usos del suelo*. Sistema de Información para la Planificación Rural Agropecuaria.
- SSPD. (2019). *Inventario de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) de Colombia - AÑO 2019*.

- SSPD. (2021). *Informe Nacional de Coberturas de los Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo - 2020*. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.
- SSPD. (2023). *Informe sectorial de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado. Vigencia 2021*. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.
- UNEP. (2018). *¿Por qué los glaciares son tan importantes?* Programa para el medio ambiente de las Naciones Unidas. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/por-que-los-glaciares-son-tan-importantes#:~:text=%E2%80%9CSon%20una%20fuente%20de%20agua,est%C3%A1%20a%20punto%20de%20desaparecer>.
- UNGRD. (2022). *Riesgo por movimientos en masa. Caracterización general*. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.
- UNODC-SIMCI. (2023). *Monitoreo de los territorios con presencia de cultivos de coca 2022*. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito.
- WWF. (2020). El Chocó biogeográfico colombiano apuesta por la sostenibilidad. *World Wildlife Fund WWF Colombia*.

6 Sistemas agroalimentarios

Kelly Johanna Patarroyo León y Alexander Gómez Mejía

En este capítulo, se analizan los sistemas agroalimentarios del territorio nacional con énfasis en el uso de los suelos, la producción agropecuaria, las industrias de alimentos, bebidas y tabaco, el consumo y las pérdidas de alimentos y el potencial de producción agrícola y ganadera. Se examinan los diversos usos y aptitudes⁶ del suelo para actividades agrícolas, la situación actual de la producción agrícola y las problemáticas asociadas a la pérdida de alimentos. Además, se evalúa el potencial agrícola en las diferentes regiones del país, y se ofrece un panorama de la situación actual y las oportunidades para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad del sistema agroalimentario nacional.

6.1 Usos del suelo

La Encuesta Nacional Agropecuaria de 2019 informó que en el 44 % del territorio del país se realizan actividades agropecuarias, lo que corresponde a un total de 50 millones de hectáreas aproximadamente. Alrededor del 5,3 % del área del país se utiliza para la producción agrícola, principalmente de cultivos permanentes; el 29,6 % es de uso pecuario para la producción de pastos, forrajes, malezas y rastrojos para la alimentación animal; el 7,5 % corresponde a bosques naturales y plantados y el 1,4 % tiene otros usos, relacionados con infraestructura agrícola (11.215 ha), pecuaria (36.254 ha) y piscícola (11.565 ha), (DANE, 2020).

La frontera agrícola establece los límites entre las áreas donde se pueden llevar a cabo actividades agropecuarias y en las que no están permitidas por ley. Actualmente, el 37,8 % del territorio nacional, es decir 43.070.264 ha, se destina a actividades agropecuarias; los bosques naturales y las áreas no agropecuarias corresponden al 39,3 % y las exclusiones legales corresponden al 23 %. En la **figura 6-1** se muestra la distribución de la frontera agrícola en el país, (SIPRA, 2023c).

Las áreas de bosques naturales y zonas no agropecuarias tienen una mayor concentración en las regiones Amazónica, Orinoquía y Pacífica, donde se encuentra el 84,4 % del total del territorio nacional destinado a estas categorías de uso del suelo. En la región insular la mayor parte del territorio está destinado a bosques naturales, lo que representa el 62,5 % del área regional, es decir, 3.106 ha. En contraste, las exclusiones legales prevalecen en la región Amazónica, y ocupan el 54,7 % del área total perteneciente a esta categoría en el país, seguida por la región Andina y la región Orinoquía. Por otro lado, las actividades agropecuarias tienen un papel predominante en las regiones Andina, Caribe y Orinoquía, abarcando el 84,3 % de la frontera agrícola nacional. La **figura 6-2** presenta una visualización gráfica del porcentaje de área destinada a actividades agropecuarias, exclusiones legales y bosques naturales en cada región, (SIPRA, 2023c).

⁶ La Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) de Colombia define la aptitud del suelo como la capacidad de un terreno para desarrollar una actividad agrícola, pecuaria o forestal de manera sostenible, rentable y competitiva, cumpliendo condiciones legales y técnicas; para establecerla, evalúa un componente físico (condiciones agronómicas, edáficas y climáticas), uno socioecosistémico (impacto ambiental, sostenibilidad y condiciones de las comunidades locales) y uno socioeconómico (competitividad, acceso a mercados y viabilidad económica), con lo cual genera mapas de zonificación que clasifican el territorio en aptitud alta (A1, condiciones óptimas), media (A2, limitaciones moderadas que exigen manejo o tecnología), baja (A3, fuertes limitaciones físicas, económicas o ambientales) y no apto (N, áreas descartadas técnica o legalmente, como las zonas de reserva forestal).

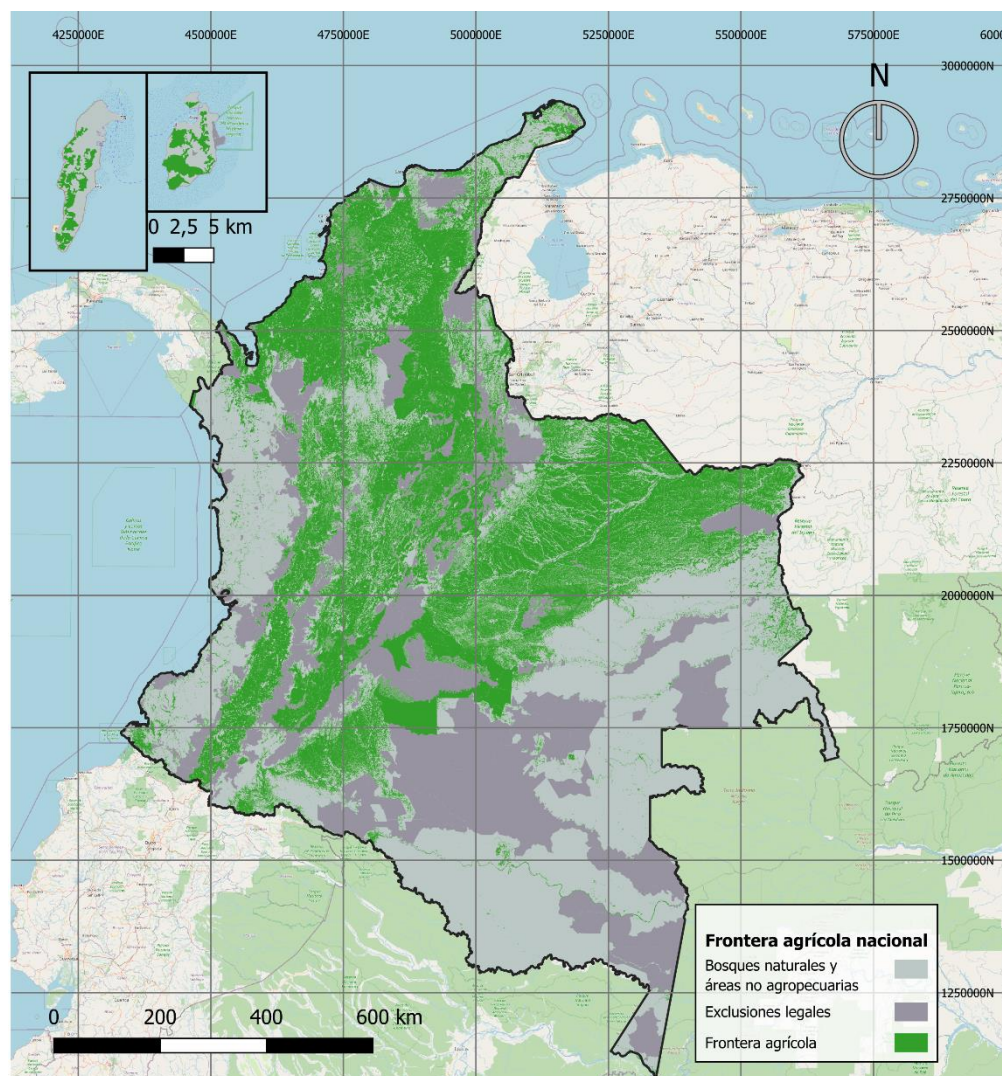


Figura 6-1. Frontera agrícola de Colombia. Fuente: elaboración propia con información de SIPRA (2023c).

La aptitud del suelo se inclina a la producción de pastos estrella (27,9 %), altamente nutritivos para el ganado, (CONtextoganadero, 2023). Los departamentos de Córdoba y Magdalena tienen una alta aptitud para este cultivo, mientras que Vichada, Meta y Casanare presentan una aptitud media. En la producción avícola, Antioquia lidera con el área más extensa (2.747.247 ha), seguido por Meta y Vichada con áreas de aptitud media. El maíz tradicional es el cultivo de mayor aptitud, ocupando el 26 % del área total del país, siendo Antioquia, Córdoba y Cundinamarca los departamentos con mayor aptitud, mientras que Vichada, Meta y Casanare tienen aptitud media, (SIPRA, 2023a).

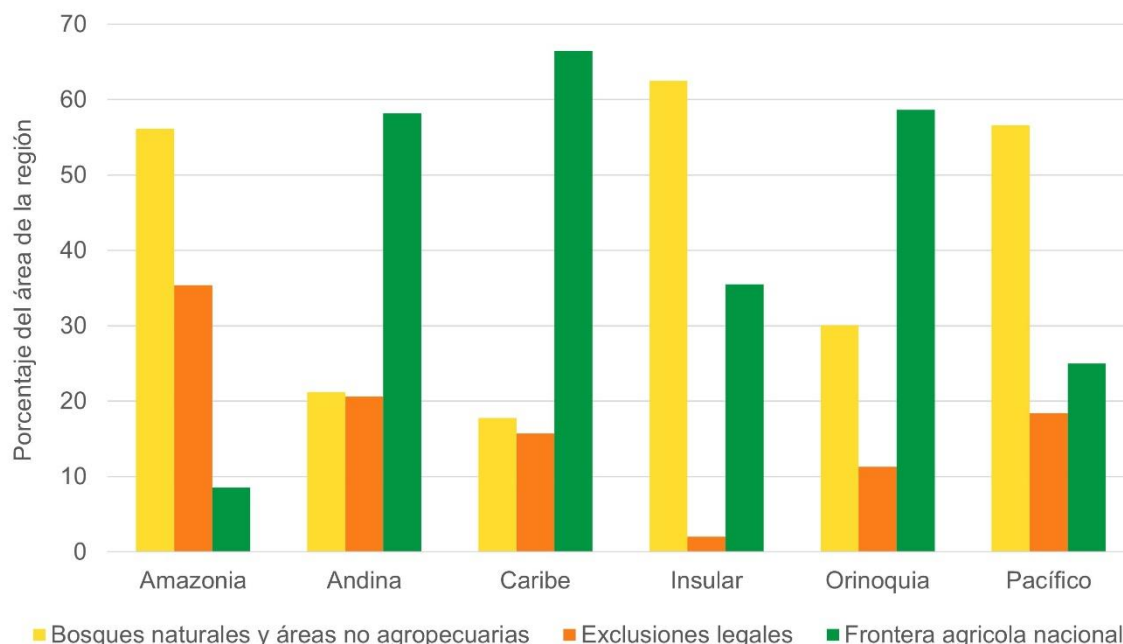


Figura 6-2. Porcentajes del área de cada región destinada a bosques naturales y áreas no agropecuarias, exclusiones legales y frontera agrícola. Fuente: elaboración propia con información de SIPRA (2023c).

En la región Andina, se destaca la aptitud de los suelos para dos actividades pecuarias: la producción avícola (10.290.038 ha) y la porcicultura (10,059,207 ha). El departamento de Antioquia muestra una aptitud alta y media para ambas actividades respectivamente, mientras que Santander y Tolima tienen aptitud media y baja. Además, se observan plantaciones forestales, principalmente en Antioquia, Santander, Cundinamarca y Tolima, con especies como el *pino pátula*, *eucalipto grandis* y *pino tecunumani*, (MinAgricultura, 2022; SIPRA, 2023a).

En la región Caribe, destaca la aptitud para la pesca continental de bocachico en Bolívar y Cesar; así como para la producción de cerdos en Córdoba y Magdalena. También se evidencian actividades como la producción de pastos *humidícolas* en Córdoba y Magdalena, y la producción de tilapias en estanques de tierra en Córdoba, Bolívar y Cesar. Por otro lado, en la región Orinoquía, la aptitud principal es para la producción de pasto *humidícola*, abarcando un área de 13.212.420 ha. También sobresalen el ganado bufalino y la producción de carne y leche bovina, principalmente en Meta y Vichada, (SIPRA, 2023a).

En la región Pacífica, la pesca continental de bocachico en el Chocó es la actividad destacada. También se evidencia la producción avícola y porcícola en Cauca y Valle del Cauca. En la región Amazónica, la aptitud está dirigida hacia la producción de peces en estanques de tierra, como tilapia, bocachico, bagre rayado, yamú y cachama; además de destacarse también la pesca de pirarucú en Caquetá y Putumayo, con una aptitud alta y media. Finalmente, en la región insular, la producción piscícola en estanques de tierra es predominante e incluye especies como tilapia, cachama, camarón blanco, bocachico, bagre rayado y yamú. En el Anexo B, se presentan las principales aptitudes de producción agropecuaria de cada región y la aptitud para la producción agrícola, pastos y pecuaria de cada departamento (ver **tabla B - 1** y **tabla B - 2**), (SIPRA, 2023a).

6.2 Producción de alimentos

En el país se desarrollan sistemas productivos agroforestales y silvopastoriles, que incluyen actividades como pesca y cultivo de peces, semilleros, huertas comerciales y transformación de productos agrícolas, (DANE, 2020). Las

actividades agropecuarias se desarrollan principalmente en la región Andina donde se encuentra el 43 % del área sembrada en el país y la mayor cantidad de animales, con el 57 % del total nacional, (UPRA, 2022; UPRA & ICA, 2022).

Se estima que aproximadamente el 50 % del área destinada a cultivos utiliza maquinaria agrícola, especialmente para tareas de preparación y mantenimiento del terreno, siendo particularmente alto el uso de maquinaria en las regiones Orinoquía y Caribe. Esta situación refleja una falta de inversión de capital en el sector, ya que aproximadamente el 48,2 % de los tractores en uso tienen más de 15 años de servicio, lo que ocasiona ineficiencia técnica y costos adicionales, (Alfonso, 2017). Los rendimientos agrícolas del país están influenciados por varios factores determinantes, como las prácticas agrícolas, los eventos climáticos y la asistencia técnica, los cuales desempeñan un papel fundamental en la productividad y el éxito de las actividades agropecuarias a nivel nacional, (DANE, 2020).

6.2.1 Producción agrícola

En 2022, fueron sembradas 5 millones de hectáreas, que corresponden a 5 % del área total del país. De estas, 62,2 % corresponde a cultivos permanentes, entre los que predominan el café, la palma de aceite, el plátano, la caña azucarera, el cacao, la caña panelera, el aguacate y el banano. Los cultivos transitorios representan el 37,8 % y predomina el arroz, seguido por el cultivo de maíz, la yuca y la papa. En la **figura 6-3** se presenta el porcentaje del área sembrada de cada cultivo en el país; la categoría 'otros' incluye aquellos cultivos con menos del 2 % del área sembrada, como el frijol, la soya, la alverja y algunos frutales. Adicionalmente, se registran 230 mil hectáreas de cultivos de coca con una producción de 1,4 millones de toneladas, (UPRA, 2022).

Actualmente se dispone de 578 distritos de riego activos, que suministran agua a 325.177 ha, únicamente el 6 % del área total sembrada. La mayor cantidad de estos distritos se encuentra en el departamento de Nariño con una cobertura de 10.818 ha. Por otro lado, Tolima tiene la mayor cobertura con 58.761 hectáreas y 40 distritos de riego, (*Distritos de Riego Activos*, 2023). Entre los sistemas de riego más utilizados en cultivos transitorios se destacan el riego por aspersión, el riego por gravedad y el riego artesanal; en cultivos permanentes predominan el riego por gravedad y el riego por aspersión, (DANE, 2020). El Estudio Nacional del Agua de 2022 indica que los departamentos de mayor demanda hídrica son Meta, Valle del Cauca, Magdalena, Tolima y Bolívar, los cuales concentran el 41 % del total de la demanda agrícola y postcosecha del país. Entre los cultivos con mayor demanda se encuentran la palma de aceite, la yuca, la caña, el cacao, el banano, el aguacate y el plátano, (IDEAM, 2023a).

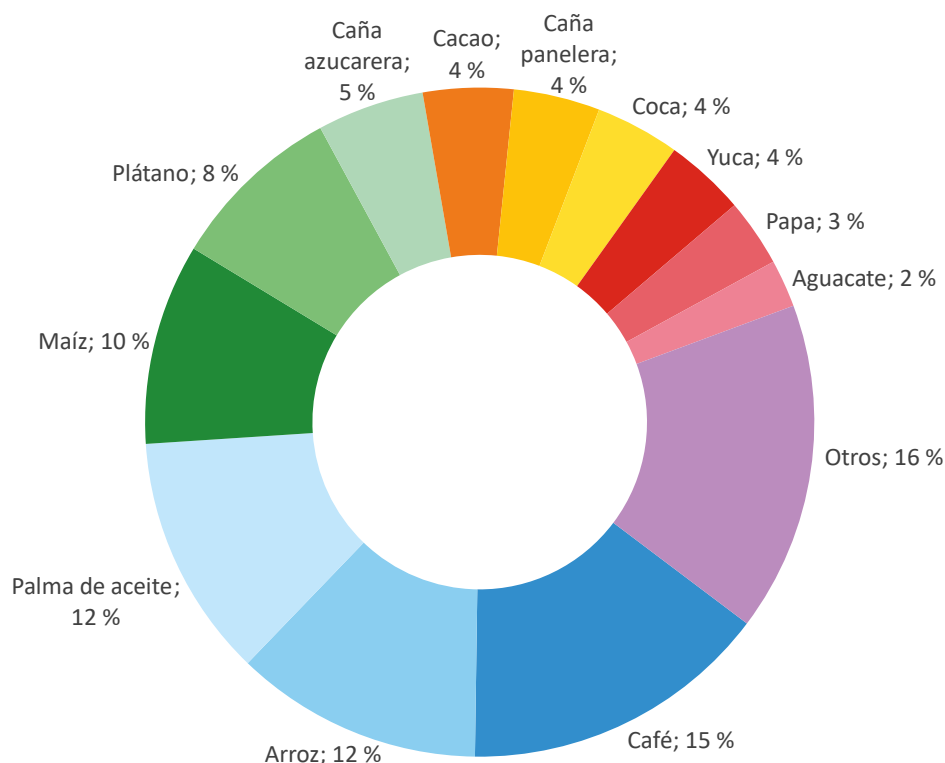


Figura 6-3. Distribución porcentual del área sembrada por cada cultivo en el país durante el año 2022. Fuente: elaboración propia con información de UPRA (2022).

Durante 2022, hubo una producción agrícola de aproximadamente 75 Mt (millones de toneladas), en la que predominó la caña de azúcar con 30,5 Mt, seguida de la caña panelera con 13,6 Mt y el plátano con 4,6 Mt. En la **figura 6-4** se muestra el área sembrada, el área cosechada y la producción de los principales cultivos sembrados en el país. Entre estos productos, la caña de azúcar y la caña panelera presentan los mayores rendimientos con 81,9 t/ha y 53,4 t/ha, respectivamente, seguidas por la papa (16,3 t/ha), el banano (10,6 t/ha) y la yuca (9,7 t/ha), (UPRA, 2022).

En la **tabla 6-1** se presentan los cultivos con mayor área sembrada y mayor producción en cada una de las regiones del país. En la región Andina, la siembra de café es dominante, especialmente en los departamentos del Huila, Antioquia y Tolima. Sin embargo, el cultivo de mayor producción es la caña panelera, que proviene principalmente de los departamentos de Santander, Boyacá y Cundinamarca. En la región Caribe, el maíz es el cultivo con mayor área sembrada, concentrado principalmente en los departamentos de Córdoba, Bolívar y Cesar. En cuanto a la producción más destacada, es la yuca, proveniente principalmente de los departamentos de Bolívar, Cesar, Magdalena y Sucre.

En la región de la Orinoquía, el cultivo predominante es el arroz, concentrado principalmente en los departamentos de Casanare y Meta. En la región Pacífica, la caña azucarera es el cultivo más destacado y se concentra principalmente en los departamentos del Valle del Cauca y Cauca. Mientras tanto, en la región amazónica, el plátano es el cultivo más común y se siembra principalmente en los departamentos de Caquetá, Putumayo y Guaviare. En cuanto a la producción, destaca la caña panelera, especialmente en el departamento del Caquetá. Por último, en la región insular, la producción de coco es predominante (aunque baja) en su área de influencia.

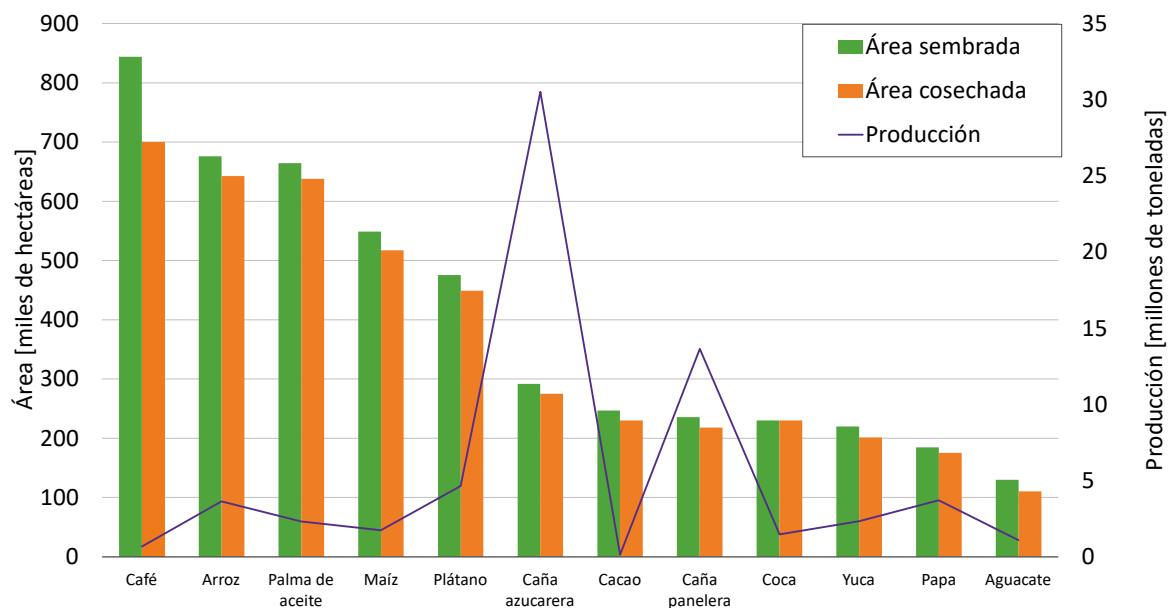


Figura 6-4. Área sembrada y área cosechada (barras con lectura en el eje izquierdo) y producción (línea, con lectura en el eje derecho) de los principales cultivos del país en 2022. Fuente: elaboración propia con información de UPRA (2022).

Tabla 6-1. Cultivos de mayor área sembrada y mayor producción en cada región durante el año 2022.

Región	Cultivo más sembrado	Área sembrada (ha)	Participación en la siembra nacional (%)	Cultivo de mayor producción	Producción (kt)	Participación en la producción nacional (%)
Andina	Café	605.879	71,8	Caña panelera	10.394	76,2
Caribe	Maíz	251.083	45,7	Yuca	1.283	54,7
Orinoquía	Arroz	304.685	45,1	Arroz	1.679	46,1
Pacífica	Caña azucarera	259.853	89,0	Caña azucarera	28.980	95,0
Amazonía	Plátano	33.356	7,0	Caña panelera	339	2,5
Insular	Coco	16	0,1	Coco	0,16	0,1

Fuente: elaboración propia con información de UPRA (2022).

En la **figura 6-5** se muestra la distribución del área sembrada en el país durante 2022. Se destaca que las regiones Andina y Caribe tienen las mayores áreas sembradas, representando el 62,4 % del total nacional. En contraste, las regiones Amazónica e insular presentan las áreas sembradas más reducidas, debido a que son regiones con menor frontera agrícola y aptitud para la producción agropecuaria.

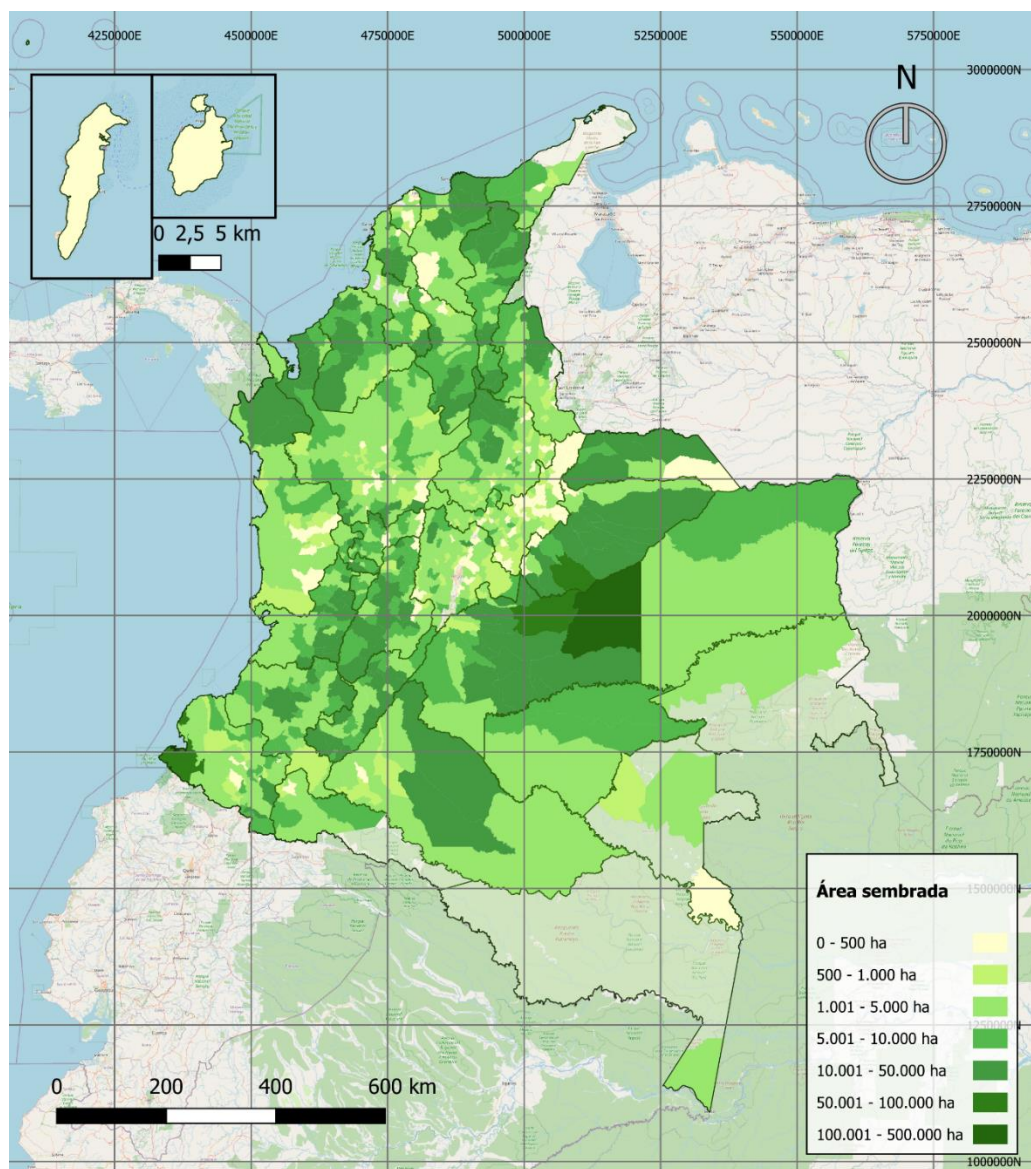


Figura 6-5. Área sembrada en Colombia durante 2022. Fuente: elaboración propia con información de UPRA (2022).

En 2020, se cultivaron en Colombia un total de 9.680 ha de flores y plantas ornamentales, con una producción de 194.975 t. La producción de flores se concentra en Cundinamarca y Antioquia, para exportación, y en pequeñas áreas en Boyacá, el Eje Cafetero, Valle del Cauca y Nariño. Las plantas ornamentales ocuparon 1.980 ha, concentradas en Cundinamarca, Antioquia, Valle del Cauca, Tolima y Risaralda. Las especies más producidas incluyen rosas, hortensias, claveles, astromelias y diversas flores y follajes tropicales. Los principales mercados de exportación de flores cortadas y follajes son Estados Unidos, Canadá, Holanda, Reino Unido, Japón y España, (MinAgricultura, 2020).

6.2.2 Producción pecuaria

La producción pecuaria del país se basa principalmente en la producción avícola, bovina y porcina, como se ilustra en la figura 6-6, mediante la distribución porcentual de animales por especie en el país. En 2022, se registraron aproximadamente 135 millones de aves destinadas a la producción de carne, 65 millones para postura, 12 millones para reproducción y 88 millones de aves criadas traspatio, (UPRA & ICA, 2022). Según la encuesta nacional agropecuaria de 2019, la distribución de las aves traspatio fue 53 % gallinas, 32 % pollos, 7 % gallos, 5 % patos, 2 %

piscos y 1 % gansos. Se estima una producción total de 4,5 millones de huevos, de los cuales el 76 % se utiliza para el autoconsumo, (DANE, 2020).

En relación con la producción de leche, el promedio es de 6,3 litros por vaca al día. Del total producido, el 85 % se destina a la venta, el 9 % se procesa en la finca y el resto se utiliza para autoconsumo. La región Andina y la región Pacífica muestran un mayor promedio de producción por cabeza en comparación con las demás regiones, con un valor de 9,2 litros por cabeza y 8,8 litros por cabeza, respectivamente. En contraste, en la región Amazónica se registró una producción promedio de 5,1 litros por cabeza al día, mientras que en la región Orinoquía se registraron 3,8 litros por cabeza al día y en la región Caribe 3,3 litros por cabeza al día. En la región insular no se reporta producción de leche, (DANE, 2020).

En cuanto a la cría de porcinos, se registraron 5,4 millones de cerdos en granjas tecnificadas, 1,5 millones en levante y ceba industrial, 1,1 millones en comercio familiar y 888 mil cerdos traspatio. La producción en granjas tecnificadas predomina en la región Andina, mientras que la producción traspatio, aunque muy baja, destaca (porcentualmente) en la región insular, (UPRA & ICA, 2022).

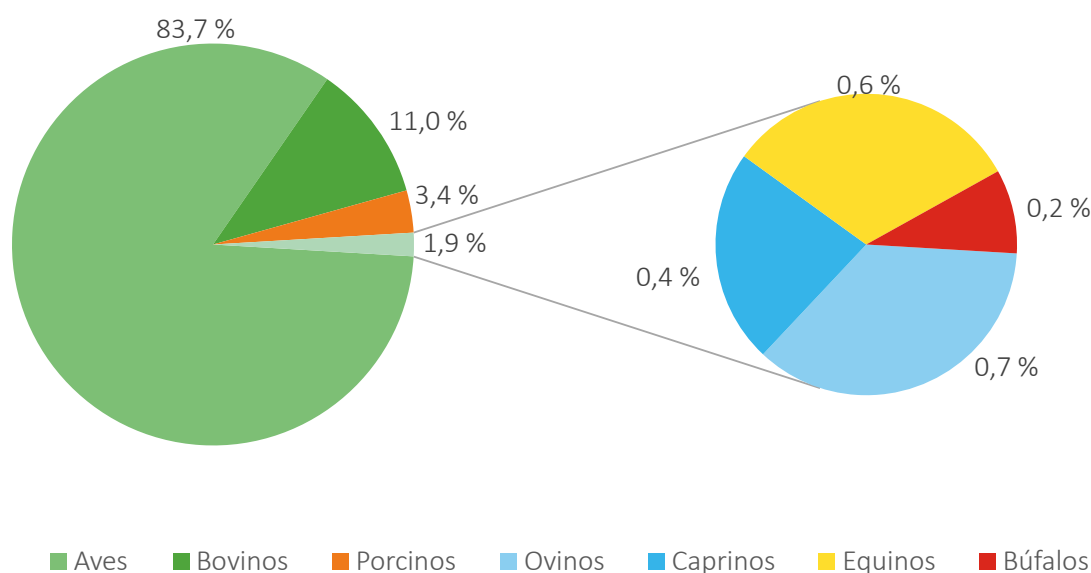


Figura 6-6. Porcentajes por especies animales en el país en 2022. Fuente: elaboración propia con información de UPRA & ICA (2022).

En las diferentes regiones del país, se evidencia una notable diversidad en la producción agropecuaria con variaciones en la cantidad y el tipo de animales criados. La **figura 6-7** muestra la distribución de la producción pecuaria en cada región durante 2022. En la región Andina, se contabilizan 167,2 millones de animales, y destacan las aves para producción de carne, seguidas por las aves de postura y el ganado bovino. En el Caribe, se registran 40,1 millones de animales y sobresalen las aves para producción de carne, los bovinos y las aves de postura. En la Orinoquía se contabilizan 12,5 millones de animales, y prevalece el ganado bovino, seguido por las aves para producción de carne y los porcinos de levante y ceba en granjas tecnificadas, (UPRA & ICA, 2022).

En la región Pacífica, se contabilizan 61,8 millones de animales, con un dominio de las aves para producción de carne, seguidas por las aves de postura y las aves reproductoras. En la región Amazónica se registran 7,2 millones de animales, y resalta el ganado bovino como el grupo más predominante, seguido por las aves traspatio. Por último, en la región Insular, se contabilizan 6.657 animales, entre los que las aves de postura ocupan el primer lugar, seguidas por los porcinos traspatio y las aves traspatio, (UPRA & ICA, 2022). La distribución espacial de la cantidad de animales

registrados en Colombia durante 2022 se presenta en la **figura B - 7** del anexo B, lo que permite identificar las principales concentraciones pecuarias a nivel nacional.

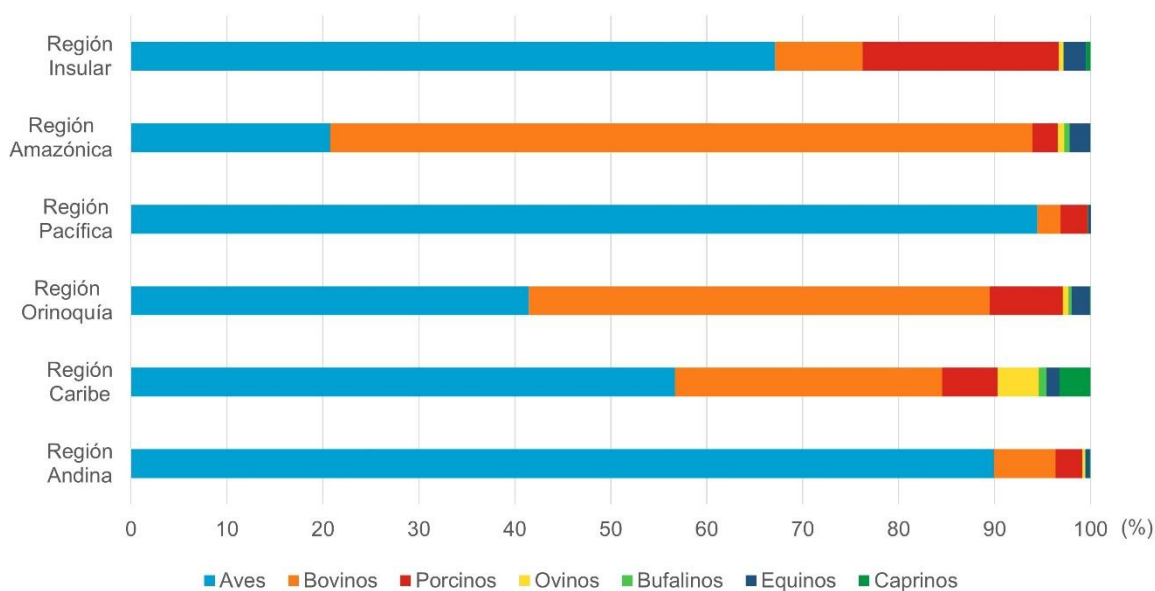


Figura 6-7. Distribución porcentual de la producción pecuaria de cada región por especie. Fuente: elaboración propia con información de UPRA & ICA (2022).

En 2022, la actividad pesquera en el país alcanzó un total de 9.094.140 t, con dos sectores principales: la pesca artesanal, que representó el 54 % y la pesca industrial que conformó el 46 % restante. La **figura 6-8** muestra el aporte de cada cuenca y litoral al desembarque total de peces en el país. En cuanto a la pesca artesanal, la macrocuenca del río Magdalena lideró la producción, seguida por el litoral Pacífico, la cuenca del río Atrato y el litoral Caribe; la cuenca del Sinú fue la que menos aportó en este aspecto, (Duarte *et al.*, 2022). Por otro lado, en la pesca industrial, el litoral Caribe fue el principal contribuyente con el 70,1 %, mientras que el litoral Pacífico aportó el restante 29,9 %, (Altamar *et al.*, 2022).

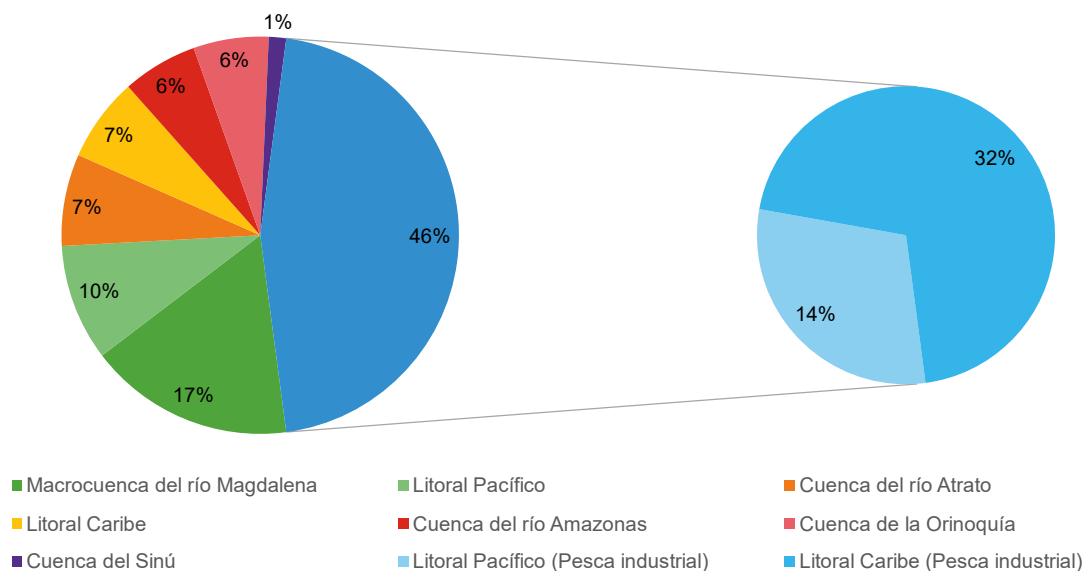


Figura 6-8. Distribución del desembarque de peces debido a la pesca artesanal y la pesca industrial en las cuencas y litorales del país. Fuente: elaboración propia con información de Altamar et al. (2022) y Duarte et al. (2022).

La flota atunera desempeñó un papel fundamental en la pesca industrial, que aportó el 96,2 % del total de la captura, seguida por la pesquería de arrastre camaronero con un 2,1 % y la flota de pesca blanca, con 1,7 %. Debe notarse que los desembarcos de atún del litoral Caribe corresponden a capturas realizadas en el océano Pacífico, (Altamar *et al.*, 2022). Los caladeros de atún se extienden principalmente a lo largo de las costas del departamento de Nariño, mientras que en el Caribe se presentan en menor medida, siendo Cartagena el puerto principal de desembarque en esta región. Respecto al camarón de aguas someras, su presencia predomina en la zona de la alta Guajira, así como en la costa caribe de Antioquia, Córdoba, y Chocó. El camarón de aguas profundas se distribuye a lo largo de toda la franja costera del Pacífico, con el puerto de Buenaventura como el punto de desembarque principal en esta región. Por otro lado, el puerto de San Andrés de Tumaco es el foco central para el desembarque de atún. Además, se realizan desembarques de pequeños pelágicos en Nariño, Cauca y Valle del Cauca. En la isla de San Andrés, se reciben desembarques de caracol, langosta y diversos tipos de pesca blanca, (INVEMAR, 2023). En la **tabla 6-2** se especifican las principales especies desembarcadas en cada cuenca o litoral del país, así como los factores que afectan la actividad pesquera.

Tabla 6-2. Especies desembarcadas por pesca artesanal e industrial en cada cuenca o litoral del país y los factores que afectan su producción.

Cuenca/Litoral	Especies	Factores que afectan la pesca
Río Magdalena	Bocachico, nicuro, bagre rayado y pincho.	Patrones hidrológicos y dinámica migratoria de los peces.
Pacífico	Pesca artesanal: sierra, pelada blanca, atún aleta amarilla, camarón titi y piangua.	Incremento de las lluvias y vientos.
	Pesca industrial: atún aleta amarilla, atún patiseco, pez dorado, camarón blanco, camarón rojo, camarón café, camarón coliflor y pesca incidental de lenguado, merluza y espejuelo.	Reducción en el suministro de combustible por afectaciones de orden público.

Cuenca/Litoral	Especies	Factores que afectan la pesca
Río Atrato	Bocachico, quicharo y dentón.	Estacionalidad debido a las migraciones de especies.
Caribe	Pesca artesanal: cojinoa negra, jurel aleta amarilla, ronco, camarón titi, langosta espinosa, caracol pala, caracol copey y pulpo.	Extensión del litoral.
	Pesca industrial: atún barrilete, atún aleta amarilla, atún ojón, atún albacora, marlín, camarón rosado y pesca incidental de pargo rayado y bagre bandera.	Variedad de ecosistemas. Diversos métodos de pesca.
Amazonía	Pintadillo tigre, pintadillo rayado, pirarucú, bocachico y grandes bagres.	Condiciones climáticas. Restricciones en los ríos Caquetá y Putumayo debido a grupos armados.
Orinoquía	Bagre rayado, bagre pintado, coporo, banquillo y amarillo.	Estacionalidad hidrológica Dinámica migratorios de los peces.
Río Sinú	Bocachico, yalúa, mojarra amarilla, moncholo y tilapia negra.	Actividad de la hidroeléctrica Urrá, que determina los niveles del río y perturba los patrones biológicos.

Fuente: elaboración propia con información de Altamar et al. (2022) y Duarte et al. (2022).

En 2022, se caracterizaron 1350 unidades de producción acuícola en el país, de las cuales 1.008 están actualmente en funcionamiento. De estas unidades, 99,8 % se dedican a la producción de carne, mientras que 0,15 % se enfocan en la producción de crías (larvas, alevinos y juveniles) y 0,05 % se dedican a la producción de peces ornamentales. Para llevar a cabo estas actividades, se utilizan 163 ha para la producción monoespecie y 88,9 ha para la producción multiespecie. En términos de infraestructura, predomina la producción en estanques, que representa el 98,2 % de la superficie total destinada a la producción, (Roca-Lanao *et al.*, 2022).

En la producción multiespecie, la tilapia nilótica y la tilapia roja son las especies predominantes, junto con la tilapia roja en combinación con la cachama híbrida. La producción total multiespecie en 2021 alcanzó 1105 t, con la cachama blanca, la tilapia roja y la cachama híbrida aportando conjuntamente 995 t, (Roca-Lanao *et al.*, 2022).

6.2.3 Industria de alimentos, bebidas y tabaco

Dada la riqueza agrícola y biodiversidad del país, la industria de alimentos procesados busca crear portafolios de productos de mayor valor agregado. Esto requiere promover un entorno competitivo, actualizar regulaciones, mejorar infraestructura, fomentar la innovación e impulsar la equidad en la cadena de producción agroindustrial. El gobierno promueve la agricultura por contrato, estableciendo conexiones estables entre pequeños productores y la industria, reduciendo intermediarios y fomentando la formalización y la productividad del sector. La estrategia "cosecha y venda a la fija" ofrece ventajas como líneas de crédito anuales, incentivos para seguros agropecuarios, espacios de negociación y estímulos financieros accesibles para aquellos con contratos formales, (Cámara de la Industria de Alimentos, 2019).

La innovación ha sido un motor importante en la evolución de la industria alimentaria. Ha generado diversidad respaldada técnicamente y compromisos educativos para los consumidores, como la autorregulación en publicidad dirigida a niños, la promoción de hábitos saludables y el etiquetado nutricional frontal. Además, la colaboración intersectorial en la iniciativa "nutrición infantil alimentando sueños" y la "Estrategia Nacional para reducir el consumo de sal" indican el esfuerzo para combatir la malnutrición y promover elecciones más saludables. Empresas como

Alpina, Nutresa y Alianza Team destacan por su inversión en investigación y modernización para potenciar la competitividad en la industria. Estas acciones reflejan la creciente importancia de la innovación y el compromiso con la mejora continua en la industria alimentaria.

Actualmente, el país cuenta con alrededor de 20 mil empresas dedicadas al cultivo, procesamiento y preparación de alimentos, bebidas y tabaco. En la **figura 6-9** se muestra la distribución de estas empresas, en las que predominan las compañías dedicadas al cultivo de alimentos, seguidas por las relacionadas con la elaboración y procesamiento de alimentos.

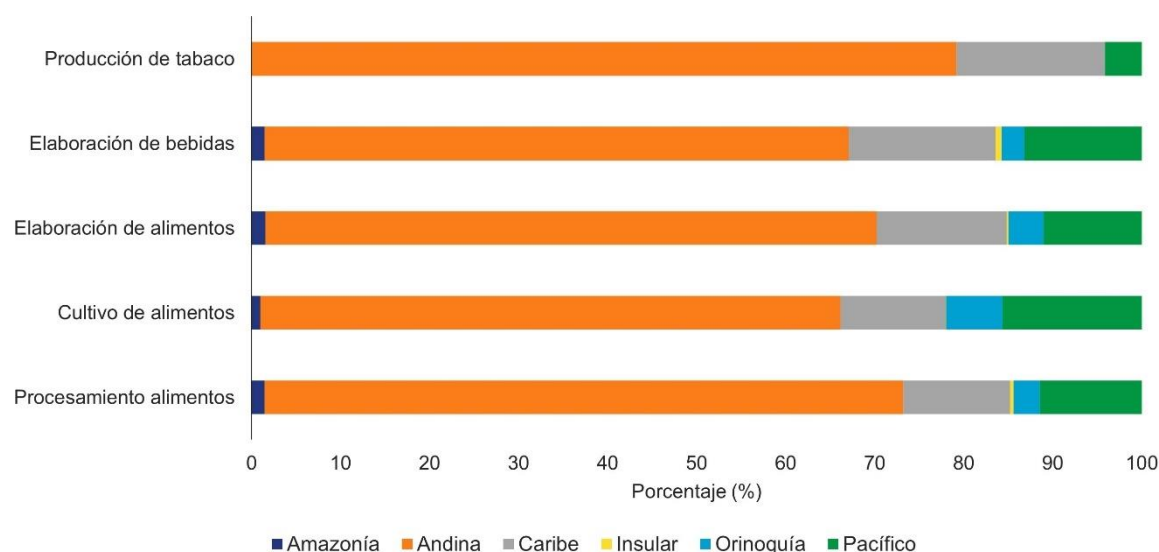


Figura 6-9. Distribución de las industrias de alimentos, bebidas y tabaco. Fuente: elaboración propia con información de DANE (2023a).

Según una evaluación realizada por Colombia Productiva, el 80 % de las empresas en el país utiliza equipos de alta demanda energética y baja eficiencia. Además, el 65 % no cuenta con certificaciones de calidad, enfrenta problemas de rotación de personal y no cumple con los plazos de entrega. Con la meta de convertirse en líder de producción y comercialización de alimentos procesados en Latinoamérica, Colombia busca fortalecer este sector mediante el uso de materias primas locales que además mejoren la nutrición de la población. Esto involucra el impulso de fábricas productivas, el desarrollo de proveedores locales y la creación de cadenas de suministro conectadas a materias primas agrícolas, (Colombia productiva, 2020).

6.2.4 Consumo, pérdida y desperdicio de alimentos

Según los datos proporcionados por la encuesta nacional agropecuaria de 2019, el 58,5 % del área sembrada en Colombia experimentó pérdidas de cosecha. Las principales causas identificadas fueron eventos climáticos desfavorables y malas prácticas agrícolas. Factores adicionales, aunque en menor proporción, fueron la falta de asistencia técnica, el costo de los insumos, las plagas y las enfermedades, (DANE, 2020).

Aproximadamente el 7 % de la producción agrícola se destina al autoconsumo para diferentes propósitos, que incluyen la alimentación humana, la alimentación del ganado y la obtención de semillas para futuras siembras. El resto de la producción se destina a la venta y esta comercialización se lleva a cabo a través de diversos canales. Los acopiadores rurales y minoristas son los principales compradores, lo que indica que gran parte de la producción se comercializa en los mercados locales y regionales. Del mismo modo, los mayoristas, las centrales de abastos y la industria también representan importantes compradores, aunque en menor medida, (DANE, 2020).

El 34 % de los alimentos producidos en el país se pierden y desperdician. De este porcentaje, el 64 % corresponde a pérdidas en la producción postcosecha, almacenamiento y procesamiento industrial, mientras que el 36 % restante se pierde durante la distribución y el consumo en los hogares, (DNP, 2016). A nivel nacional, el 5,6 % de los hogares desperdician alimentos. En las cabeceras municipales, el desperdicio se presenta en 4,9 % de los hogares, y las principales pérdidas se dan en carnes, pollo y pescado, seguidos de verduras y frutas. Las causas más comunes de este desperdicio son daños debido a la mala conservación o al almacenamiento inadecuado, almacenamiento prolongado y problemas de humedad o temperaturas extremas. En los centros poblados y zonas rurales, el desperdicio se presenta en el 0,7 % de los hogares, y los alimentos más desechados son tubérculos y plátanos, seguidos de frutas y verduras. Las principales razones para este desperdicio se relacionan con la preparación de más comida de la necesaria, almacenamiento prolongado y problemas con humedad o temperaturas extremas, (DANE, 2022).

En la actualidad, el país enfrenta un problema de inseguridad alimentaria, ya que aproximadamente el 30 % de la población se encuentra en situación de inseguridad moderada y severa. Adicionalmente, alrededor de la mitad de la población se encuentra en situación de seguridad alimentaria marginal, lo que significa que su situación podría empeorar si no hay mejoras en los factores coyunturales, como la inflación, en el corto plazo. En la **figura 6-10** se muestran los niveles de inseguridad alimentaria⁷ en el país, (WFP, 2023).

En contraste con los datos de la Encuesta Nacional de Situación Nutricional (ENSIN) de 2015, se evidencia un deterioro importante. En 2015, el indicador de seguridad alimentaria mostraba que el 54 % de los hogares debían aplicar estrategias de supervivencia para afrontar la falta de alimentos. Sin embargo, según estudios actuales realizados por el Programa Mundial de Alimentos, esta cifra ha aumentado al 67 % de los hogares que han tenido que recurrir a dichas estrategias, (ANDI *et al.*, 2019; WFP, 2023).

⁷ La inseguridad alimentaria la establece el Programa Mundial de Alimentos, WFP, como la falta de acceso regular a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para un crecimiento, desarrollo y vida activa y saludable. Para ello, el programa evalúa principalmente en categorías: aguda, cuando la vida o los medios de subsistencia corren peligro inmediato debido a crisis repentinas, conflictos o desastres; crónica, cuando una persona no puede consumir suficientes alimentos de manera prolongada, impidiendo mantener una vida normal. Para medir y clasificar su gravedad a nivel global, el WFP utiliza la Clasificación Integrada de las Fases de la Seguridad Alimentaria (CIF), que va desde niveles de estrés hasta la fase de hambruna o catástrofe.

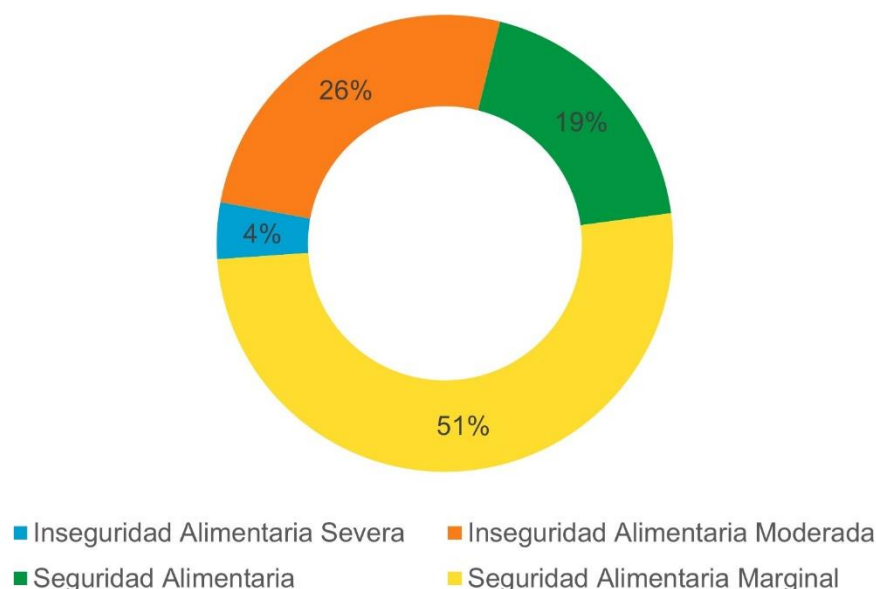


Figura 6-10. Niveles de inseguridad alimentaria en Colombia. Fuente: elaboración propia con información de WFP (2023).

Los departamentos más afectados se encuentran principalmente en la Costa Atlántica, destacando la prevalencia en Córdoba, Sucre, Cesar, Bolívar y La Guajira; otros departamentos que tiene una afectación alta son Arauca, Putumayo, Chocó y Norte de Santander. Además, Antioquía, Córdoba y Bogotá presentan la mayor cantidad de población con inseguridad alimentaria (WFP, 2023).

Esta problemática se origina por una combinación de factores estructurales y coyunturales que impactan la sostenibilidad de los sistemas alimentarios en Colombia. Los factores estructurales, como la pobreza monetaria, el desempleo, la informalidad laboral, la violencia y el desplazamiento de población, dificultan tanto la producción como el acceso a los alimentos. Paralelamente, los factores coyunturales, incluyendo las crisis internacionales, la inflación, los desastres naturales y la pandemia del COVID-19, acentúan las dificultades de disponibilidad y acceso a los alimentos. Además, el fenómeno de El Niño, afecta negativamente la producción local de alimentos ya que disminuye significativamente las precipitaciones, (WFP, 2023).

La dependencia global de combustibles fósiles afecta la estabilidad de los precios de los alimentos y la seguridad alimentaria debido a la volatilidad en los mercados energéticos, además del aumento de emisiones de gases de efecto invernadero, (Popp *et al.*, 2014). Adicionalmente, las falencias de inversión en infraestructura, tecnología agrícola y áreas sociales como educación y salud perjudican la competitividad de los participantes de menor escala en los sistemas alimentarios, intensificando los desequilibrios de desarrollo sostenible entre regiones. Los mercados mayoristas focalizados en áreas urbanas ocasionan pérdidas y desperdicios debido a prácticas logísticas deficientes. Además, la reexportación de productos desde distintas regiones conlleva costos elevados de transporte y promueve la presencia de intermediarios. Esto impacta negativamente a productores y consumidores, e incrementa la inseguridad alimentaria y los desequilibrios sistémicos, (FAO *et al.*, 2022).

Para abordar estos problemas y asegurar el Derecho Humano a la Alimentación (DHA), el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2024 (DNP, 2023) estableció tres pilares: la disponibilidad y la accesibilidad a los alimentos, y su adecuación. El primer pilar tiene como objetivo transformar el sector agropecuario mediante sistemas agroalimentarios territoriales, impulsando la producción de alimentos de alta calidad y cantidad adecuada. Esto implica planificación en la producción, desarrollo sostenible y fortalecimiento de la pesca y la acuicultura. El segundo pilar involucra la innovación y la implementación de tecnologías en la producción, centrado en la transferencia de conocimientos interculturales,

la adaptación de tecnologías y el desarrollo territorial. El tercer pilar se enfoca en mejorar el acceso físico a los alimentos, optimizando la eficiencia de las cadenas logísticas y la distribución, incorporando tecnologías digitales y promoviendo prácticas de alimentación saludable. La colaboración intersectorial y la inversión en infraestructura y tecnología son fundamentales para lograr un sistema alimentario más sostenible y equitativo en Colombia, (DNP, 2023).

6.2.5 Potencial de producción

Colombia cuenta con un potencial excepcional para la producción agropecuaria debido a sus condiciones favorables de suelo, clima y ubicación geográfica. Su diversidad en ecosistemas y climas permite cultivar una amplia variedad de productos agrícolas durante todo el año, lo que representa una oportunidad relevante para el abastecimiento de alimentos tanto para el mercado interno como para la exportación. No obstante, para aprovechar al máximo este potencial y garantizar la seguridad alimentaria de todos los colombianos, es crucial abordar ciertas limitaciones y desafíos que enfrenta el sector agropecuario. Entre ellos se encuentran la falta de infraestructura adecuada, la baja adopción de tecnologías modernas (inclusive de tecnologías para garantizar el suministro permanente de energía), la inestabilidad en los precios de los productos y la presión por la expansión de la frontera agrícola, (España & Camacho, 2021; FAO *et al.*, 2022).

La agricultura familiar desempeña un papel fundamental en el abastecimiento de la canasta familiar, y la disponibilidad de alimentos en las zonas rurales del país, (FAO *et al.*, 2022). Su impacto es notable en departamentos como Antioquia, Cauca, Nariño y Cundinamarca. Al ser gestionada por familias locales, no solo asegura el autoconsumo, sino que también abastece mercados locales, promoviendo la seguridad alimentaria, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo económico rural, (FAO *et al.*, 2022; SIPRA, 2023b).

En los últimos cinco años, la producción de aguacate, cacao y banano en Colombia se ha incrementado. El aguacate se concentra en departamentos como Antioquia, Caldas, Tolima, Valle del Cauca y Quindío, que representan el 66 % del área sembrada y el 69 % de la producción nacional. Su exportación se ha intensificado, alcanzando un total de 96.903,9 t en 2021, lo que ha generado un mayor interés en su expansión. En cuanto al cacao, Santander lidera con el 24 % del área sembrada y el 26 % de la producción nacional, sin embargo, Antioquia, Meta y Córdoba también poseen un alto potencial. El cacao colombiano ha tenido un reconocimiento a nivel mundial debido a su sabor y aroma únicos, presentes en solo el 5 % de la producción mundial, (La República, 2021). Además, los departamentos de Antioquia y Magdalena lideran la producción de banano en el país, con el 53 % del área sembrada y el 82 % de la producción total. Este sector ha experimentado un incremento del 20 % en las exportaciones entre 2018 y 2021. Estos tres sectores representan oportunidades valiosas para el desarrollo económico y el reconocimiento internacional del país, (FAOSTAT, 2021; La República, 2021; UPRA, 2022).

Por otro lado, el sector pecuario ha experimentado un crecimiento en la cría de porcinos, caprinos y aves reproductoras. La producción de porcinos se destaca en Antioquia, representando el 17,8 % del total nacional, seguido por Valle del Cauca y Cundinamarca. Además, Antioquia, Meta y Vichada presentan una alta aptitud para su producción, lo que permitiría abastecer la demanda nacional y reducir la importación de estos productos, (Porkcolombia, 2021).

La producción de caprinos ha experimentado un aumento del 107 % desde 2018, y La Guajira se destaca como líder en este sector, con el 79,6 % del total de caprinos en el país. Aunque este departamento cuenta con solo el 1,1 % de la aptitud nacional, la cría de caprinos es una importante fuente económica para las comunidades indígenas wayuu, ya que es parte de su identidad y cultura. Además, otros departamentos como Antioquia, Santander, Cundinamarca y Cauca han desarrollado sistemas de producción de derivados lácteos caprinos, lo que muestra oportunidades de crecimiento y desarrollo en esta área, (Rúa Bustamante, 2019).

En cuanto a las aves reproductoras, los departamentos del Quindío, Valle del Cauca, Cundinamarca, Santander y Tolima son los principales centros de producción, concentrando el 94 % del total de aves reproductoras del país. El aumento del consumo de pollo y huevos en Colombia impulsa la producción avícola, ya que son la principal fuente de proteína de origen animal para los colombianos. Además, se evidencia que varios departamentos tienen aptitud para la producción de peces en estanques de tierra, lo que también representa un potencial para el desarrollo de la producción pecuaria en Colombia, (UPRA & ICA, 2022).

Cada departamento de Colombia tiene particularidades que afectan su productividad agropecuaria. Por lo tanto, es esencial considerar estas características al diseñar planes y estrategias para el desarrollo del sector agropecuario de manera que se aproveche al máximo su potencial. En el Anexo B se presentan los productos de mayor aptitud en cada departamento de acuerdo con lo reportado por el Sistema de Información para la Planificación Rural Agropecuaria, SIPRA. Para garantizar el aprovechamiento de estas aptitudes, es crucial tener en cuenta diversos factores como la necesidad de desarrollar infraestructura adecuada para el transporte y almacenamiento de productos agrícolas, así como para los sistemas de distribución, lo que facilitaría la comercialización y el acceso a mercados nacionales e internacionales.

Del mismo modo, asegurar el suministro de agua es esencial, particularmente en regiones donde la disponibilidad hídrica es limitada. La implementación de sistemas de riego y medidas de conservación del agua puede ayudar a enfrentar los desafíos de sequía y mejorar la resiliencia frente a cambios climáticos. La asistencia técnica es otro factor importante, ya que capacitar a los agricultores en prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles, así como en el uso adecuado de tecnologías sostenibles, puede aumentar la calidad y cantidad de la producción, así como la conservación del suelo.

6.3 Contexto regional

6.3.1 Región Caribe

La región Caribe, entendida como una unidad territorial que integra tanto el litoral continental como el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, presenta una configuración agroalimentaria heterogénea pero estructuralmente articulada por tres rasgos comunes: alta variabilidad climática, fuerte presión sobre el agua y competencia intensa entre usos productivos, urbanos, turísticos, extractivos y de conservación. Esta lectura regional resulta consistente con la clasificación territorial empleada en el diagnóstico nacional y con la evidencia de que, aun con contrastes internos muy marcados, el Caribe comparte condiciones ecológicas y funcionales que inciden directamente sobre la producción, circulación y acceso a los alimentos, (FAO *et al.*, 2022; IDEAM, 2023b; SIPRA, 2023a, 2023c)

En términos de base productiva, la región combina planicies y valles con presencia de agricultura comercial y ganadería extensiva, zonas secas y semiáridas con restricciones estructurales para la producción agropecuaria, complejos costeros y cenagosos con relevancia pesquera, y un componente insular en el que la disponibilidad de suelo agropecuario es muy limitada. Esta diversidad territorial implica que el Caribe debe ser considerado un sistema regional compuesto por subespacios complementarios y desiguales, donde algunos territorios aportan área y volumen productivo, mientras otros dependen en mayor medida del abastecimiento externo y de cadenas logísticas vulnerables, (FAO *et al.*, 2022; SIPRA, 2023a; UPRA, 2022; UPRA & ICA, 2022).

Desde la perspectiva del uso del suelo, la región muestra una dualidad clara. En departamentos continentales como Cesar, una proporción amplia del territorio hace parte de la frontera agrícola y sostiene sistemas agropecuarios relativamente extendidos, con peso importante de la producción pecuaria y presencia de cultivos transitorios y permanentes. En contraste, en La Guajira y, con mayor razón, en San Andrés, Providencia y Santa Catalina, las restricciones biofísicas, la aridez o la escasez de suelo disponible limitan la expansión agropecuaria y obligan a

considerar la seguridad alimentaria en estrecha relación con el agua, la logística, la pesca y las formas locales de producción adaptada, (IDEAM, 2023a; SIPRA, 2023c; UPRA, 2022; UPRA & ICA, 2022; WFP, 2023).

En La Guajira, por ejemplo, el potencial agroalimentario existe, pero está condicionado por la baja disponibilidad hídrica, la degradación de suelos y la débil articulación entre producción y consumo. El propio diagnóstico departamental muestra que, aunque hay oportunidades en cultivos como yuca, maíz, frijol y ahuyama, así como en la ganadería caprina y ovina, estas coexisten con niveles altos de inseguridad alimentaria y con fuertes limitaciones para garantizar acceso oportuno, conservación y distribución adecuada de los alimentos, especialmente en áreas rurales dispersas (ANDI *et al.*, 2019; DANE, 2022; Patarroyo León & Gómez, 2025d; UPRA, 2022; UPRA & ICA, 2022; WFP, 2023). En este sentido, el problema regional no es únicamente de oferta productiva, sino también de accesibilidad material, infraestructura, ingreso y adecuación territorial del sistema alimentario, (DNP, 2023; FAO *et al.*, 2022).

Cesar representa otro patrón dentro del Caribe. Allí se observa una estructura agropecuaria más consolidada, con presencia fuerte de ganadería y una base agrícola relevante, favorecida por una mayor incorporación del territorio a la frontera agrícola y por condiciones más propicias en las planicies y valles interiores. Sin embargo, esta mayor capacidad productiva no elimina tensiones significativas: persisten altos niveles de pobreza, fuertes brechas territoriales y competencia entre actividades agropecuarias, mineras y usos asociados al agua y al suelo, lo que limita la conversión automática del potencial productivo en mejores condiciones de seguridad alimentaria para toda la población, (DANE, 2020, 2022; Patarroyo León & Gómez, 2025c; SIPRA, 2023c; UPRA, 2022; UPRA & ICA, 2022).

En el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, la situación agroalimentaria expresa con claridad la especificidad insular del Caribe. Aunque existen aptitudes para ciertos usos agrícolas, acuícolas y pesqueros, la superficie terrestre disponible es reducida, la presión del turismo y de los usos urbanos es muy alta, y la dependencia de alimentos importados o transportados desde el continente condiciona la seguridad alimentaria local. El diagnóstico departamental muestra, además, que la producción agrícola se concentra en pocos productos, mientras la pesca sigue siendo estratégica tanto en términos económicos como culturales, aunque enfrenta restricciones ecológicas, tecnológicas y geopolíticas, (FAO *et al.*, 2022; INVEMAR, 2023; Patarroyo León & Gómez, 2025g; SIPRA, 2023a, 2023c; UPRA, 2022; UPRA & ICA, 2022).

La pesca y la acuicultura constituyen, por ello, un componente central del análisis regional del Caribe. La región dispone de una combinación singular de pesca marina, pesca artesanal costera, pesca continental en ciénagas y ríos, y potencial acuícola diferenciado según territorio. No obstante, esta fortaleza convive con problemas de sostenibilidad, insuficiente tecnificación, conflictos de acceso al recurso y vulnerabilidad de los ecosistemas costeros y marinos. La evidencia nacional y departamental sugiere que el fortalecimiento del sistema agroalimentario caribeño requiere integrar la pesca no como actividad marginal, sino como parte constitutiva de la oferta alimentaria regional y de los medios de vida locales, (Altamar *et al.*, 2022; Duarte *et al.*, 2022; Roca-Lanao *et al.*, 2022; INVEMAR, 2023).

Otro rasgo decisivo de la región es la centralidad del agua. En el Caribe, la disponibilidad hídrica no depende solo de la precipitación media, sino de su marcada estacionalidad, de la fragilidad de las fuentes superficiales y subterráneas, de la presión por usos múltiples y, en algunos territorios, de la alta exposición a sequías o a eventos extremos. Esto afecta de forma directa la estabilidad de la producción agropecuaria, la continuidad de la pesca y la capacidad de transformación y conservación de alimentos. Por ello, cualquier lectura regional de los sistemas agroalimentarios debe incorporar la gestión del agua como variable estructural y no solo sectorial, (IDEAM, 2023b; Distritos de Riego activos, 2023; FAO *et al.*, 2022).

La región también presenta rezagos en tecnificación e infraestructura productiva. La maquinaria agrícola, los sistemas de riego, la logística de acopio y transporte, y la capacidad de transformación agroindustrial se distribuyen de manera desigual, concentrándose más en ciertos nodos que en amplias áreas rurales periféricas. Esto ayuda a explicar por qué territorios con aptitud productiva o con tradición agropecuaria no siempre logran traducir dichas ventajas en

productividad sostenida, menores pérdidas o mayor abastecimiento local. En el Caribe, por tanto, la discusión sobre productividad debe conectarse con brechas estructurales de infraestructura, innovación y articulación de cadenas, (Alfonso, 2017; España & Camacho, 2021; Colombia Productiva, 2020; Cámara de la Industria de Alimentos, 2019).

A ello se suma la relevancia de la agricultura familiar y de las economías agroalimentarias de pequeña escala. En varios territorios del Caribe, estas formas productivas cumplen funciones esenciales de autoabastecimiento, provisión de alimentos frescos, sostenimiento cultural y adaptación local frente a entornos climáticos difíciles. Sin embargo, suelen operar con restricciones de agua, asistencia técnica, financiamiento, comercialización y acceso a tecnologías. La región requiere, por tanto, políticas diferenciadas que fortalezcan estas unidades productivas sin asumir que el escalamiento agroindustrial por sí solo resolverá los problemas de acceso alimentario o de cohesión territorial, (DNP, 2023; FAO, *et al.*, 2022; SIPRA, 2023b).

Finalmente, la región Caribe concentra de manera especialmente visible varias de las tensiones más importantes del sistema alimentario colombiano: coexistencia entre potencial productivo y alta inseguridad alimentaria, presión simultánea de turismo, minería, urbanización y conservación sobre recursos limitados, vulnerabilidad frente al cambio climático y dependencia de circuitos de abastecimiento frágiles en territorios costeros e insulares. En consecuencia, el análisis regional no debe limitarse a inventariar productos o superficies, sino que debe entender el sistema agroalimentario caribeño como una relación entre aptitud del suelo, agua, conectividad, pesca, pobreza, infraestructura y capacidad institucional para sostener la producción y garantizar el acceso a alimentos suficientes y adecuados, (DANE, 2022; DNP, 2023; FAO *et al.*, 2022; WFP, 2023).

6.3.2 Región Andina

La región Andina, que articula las tres cordilleras, los valles del Magdalena y del Cauca y el Altiplano Cundiboyacense, constituye el principal eje demográfico, económico y de infraestructura del país, y concentra buena parte de la producción agroalimentaria de mayor intensidad tecnológica y densidad productiva. En esta región confluyen grandes áreas de agricultura de clima frío y templado, cadenas pecuarias lácteas y cárnicas, producción avícola y porcícola a gran escala, y corredores hortícolas y frutícolas que abastecen tanto a los mercados urbanos andinos como al resto del país, configurando un sistema agroalimentario altamente integrado, pero también fuertemente presionado por la urbanización, la industrialización y la competencia por el suelo y el agua, (DANE, 2020; FAO *et al.*, 2022; UPRA, 2022; UPRA & ICA, 2022).

Desde la perspectiva del uso del suelo y de las aptitudes productivas, la región Andina presenta el patrón más intensivo del país. Una proporción significativa de su territorio se encuentra dentro de la frontera agrícola y muestra altas aptitudes para cultivos de papa, maíz, hortalizas, leguminosas de clima frío y pasturas de alto rendimiento, lo que ha favorecido la consolidación de sistemas de producción especializados y, en muchos casos, tecnificados, (SIPRA, 2023a, 2023c; UPRA, 2022). Al mismo tiempo, las áreas periurbanas y rurales cercanas a las principales aglomeraciones han experimentado una expansión de usos residenciales, industriales y de infraestructura que fragmenta los cinturones productivos tradicionales y genera conflictos de uso del suelo entre agricultura, vivienda, transporte y conservación, (DNP, 2023; IDEAM, 2023a).

En términos de estructura productiva, los diagnósticos departamentales andinos muestran combinaciones diversas de agricultura familiar y empresarial, pero coinciden en la importancia de cadenas como la lechera, la hortícola y la de granos básicos, así como en la centralidad de la avicultura y la porcicultura para el suministro de proteína animal a gran escala, (DANE, 2020; Cámara de la Industria de Alimentos, 2019; Colombia Productiva, 2020; España & Camacho, 2021). En varios departamentos, la intensificación productiva ha venido acompañada de mayores requerimientos de insumos externos, como fertilizantes, concentrados y agroquímicos, y de una creciente dependencia de infraestructura de frío, transporte y almacenamiento para sostener flujos constantes hacia mercados urbanos

masivos, lo que vuelve particularmente sensibles estas cadenas a impactos de precios, restricciones logísticas o alteraciones en la disponibilidad de agua, (FAO *et al.*, 2022; IDEAM, 2023a;2023b).

La región Andina también concentra los mayores volúmenes de transformación agroindustrial del país, incluyendo plantas procesadoras de lácteos, carnes, harinas, panificados, bebidas y alimentos procesados, que articulan circuitos de abastecimiento con productores de distintas escalas, (Cámara de la Industria de Alimentos, 2019; Colombia Productiva, 2020). Esta densidad agroindustrial refuerza la relevancia de la región como nodo del sistema agroalimentario nacional, pero profundiza la divergencia entre territorios andinos bien conectados y tecnificados, y otros donde persisten formas de producción de baja productividad, limitada capacidad de agregación de valor y brechas importantes en acceso a mercados y servicios, (ANDI *et al.*, 2019; WFP, 2023).

Desde el punto de vista de la seguridad alimentaria y nutricional, los indicadores nacionales muestran que, aunque la región Andina presenta en promedio mejores resultados que otras regiones en algunos indicadores de pobreza y acceso a servicios, existe una marcada heterogeneidad entre departamentos, municipios y grupos poblacionales, (DANE, 2022; ANDI *et al.*, 2019). En zonas rurales andinas, especialmente en aquellas con altos niveles de informalidad, escasa infraestructura y limitaciones en conectividad física y digital, persisten situaciones de inseguridad alimentaria asociadas a ingresos insuficientes, alta dependencia de mercados externos para ciertos productos y vulnerabilidad frente a fluctuaciones de precios y eventos climáticos extremos, (FAO *et al.*, 2022; WFP, 2023).

El agua juega un papel central en la configuración de los sistemas agroalimentarios andinos. La región se beneficia de una oferta hídrica relativa mayor que otras zonas del país, pero también concentra usos intensivos para consumo humano, industria, generación de energía y riego, lo que genera presiones sobre la disponibilidad, la calidad y la distribución del recurso (IDEAM, 2023a, 2023b). En varias cuencas andinas se han identificado índices de uso del agua elevados, conflictos entre usuarios y deterioro de la calidad por descargas domésticas e industriales, lo que condiciona la sostenibilidad de los sistemas agrícolas intensivos, particularmente aquellos dependientes de riego, y obliga a articular políticas de gestión integrada del recurso hídrico con estrategias de adaptación climática y de transición hacia prácticas más eficientes y menos contaminantes, (IDEAM, 2023a; FAO *et al.*, 2022).

La agricultura familiar y las experiencias de transición agroecológica desempeñan un rol relevante en varios territorios andinos, especialmente en corredores de pequeña y mediana producción que abastecen mercados locales y circuitos cortos de comercialización. Diversos estudios y proyectos recientes han documentado procesos de reconversión hacia prácticas agroecológicas, diversificación de cultivos y fortalecimiento de redes campesinas y comunitarias, evidenciando que, más allá de la agricultura de alto insumo, la región alberga dinámicas de innovación social y productiva orientadas a la sostenibilidad, la autonomía alimentaria y la conservación de recursos, (FAO, 2020; FAO *et al.*, 2022). Estas experiencias, sin embargo, siguen enfrentando desafíos significativos en materia de acceso a crédito, asistencia técnica, infraestructura de acopio y articulación con políticas públicas de escala regional y nacional.

Finalmente, la región Andina condensa varias de las tensiones estructurales del sistema agroalimentario colombiano: la coexistencia de sistemas altamente intensivos y cadenas industriales con formas de producción campesina y familiar; la competencia entre agricultura, expansión urbana, infraestructura y conservación; y la necesidad de conciliar objetivos de productividad, seguridad alimentaria, equidad territorial y sostenibilidad ambiental en un contexto de cambio climático y transformación económica, (DNP, 2023; FAO *et al.*, 2022). En este sentido, cualquier hoja de ruta para la transición hacia sistemas agroalimentarios sostenibles deberá tratar a la región Andina no solo como el corazón productivo del país, sino como un espacio donde se juegan, de manera particularmente intensa, los dilemas y oportunidades de la transformación agroalimentaria en Colombia.

6.3.3 Región Pacífico

La región Pacífico, que integra los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, constituye uno de los territorios más singulares del sistema agroalimentario colombiano por la combinación de elevada biodiversidad, condiciones climáticas hiperhúmedas, debilidad histórica en infraestructura y presencia de importantes centros urbanos e industriales en su franja andina-costera, (IDEAM, 2018a, 2023a; IGAC, 2023). En este espacio convergen grandes bloques de bosque húmedo tropical, corredores fluviales que articulan el interior andino con el litoral, enclaves portuarios estratégicos y territorios con alta presencia de comunidades afrodescendientes e indígenas, lo que configura sistemas agroalimentarios fuertemente diferenciados entre el interior andino-pacífico y la franja litoral y selvática, (FAO *et al.*, 2022; SIPRA, 2023a, 2023c).

Desde la perspectiva del uso del suelo y de la aptitud productiva, la región se caracteriza por una amplia proporción de territorio fuera de la frontera agrícola, en particular en las selvas continuas del Chocó biogeográfico y en buena parte de la cuenca alta y media de los ríos que drenan hacia el Pacífico, (IDEAM, 2018a; SIPRA, 2023c). Los mapas de frontera agrícola muestran que las áreas efectivamente destinadas a actividades agropecuarias se concentran en las franjas de piedemonte y valle interandino, especialmente en el Valle del Cauca, y en algunos corredores de colonización más recientes en Cauca y Nariño, mientras extensas superficies permanecen bajo cobertura boscosa o en categorías de exclusión legal y conservación, (SIPRA, 2023a, 2023c; UPRA, 2022). Esto implica que, a diferencia de la región Andina o Caribe, el Pacífico combina núcleos de agricultura y ganadería intensivas con vastas áreas donde las actividades agroalimentarias se basan en sistemas de subsistencia, usos tradicionales del bosque, pesca y recolección, (FAO *et al.*, 2022; WFP, 2023).

En el Valle del Cauca, el diagnóstico departamental muestra un sistema agroalimentario fuertemente estructurado alrededor de la caña de azúcar, cultivos industriales y cadenas pecuarias y avícolas de alta tecnificación, apoyadas en una infraestructura de riego, vías, industria y servicios considerablemente desarrollada, (Patarroyo León & Gómez, 2025f; Cámara de la Industria de Alimentos, 2019; Colombia Productiva, 2020). En este contexto, el uso del suelo refleja una fuerte concentración de la propiedad y de las decisiones productivas en torno a unos pocos complejos agroindustriales, mientras la agricultura familiar y las economías campesinas y afrodescendientes ocupan nichos específicos, muchas veces en laderas y zonas de transición hacia la cordillera o hacia el litoral, (SIPRA, 2023a, 2023b; UPRA, 2022). Este patrón aporta grandes volúmenes a la oferta nacional de azúcar, derivados y proteína animal, pero al mismo tiempo genera tensiones por el uso del agua, el suelo y la infraestructura, y plantea interrogantes sobre la distribución territorial de los beneficios y la resiliencia de los sistemas alimentarios locales frente a choques climáticos y económicos, (FAO *et al.*, 2022; IDEAM, 2023a; 2023b).

En Nariño, los sistemas agroalimentarios describen un panorama distinto pero complementario: una combinación de agricultura de montaña con cultivos como papa, maíz, frijol y hortalizas, zonas de caficultura y corredores de producción lechera en las partes altas, junto con áreas de producción bananera, caña panelera y sistemas agroforestales en pisos térmicos medios y bajos, (Patarroyo León & Gómez, 2025e; DANE, 2020; UPRA, 2022). Al mismo tiempo, se registran aptitudes y experiencias en piscicultura continental y en sistemas agroforestales orientados a la diversificación productiva, así como una fuerte presencia de agricultura familiar y economía campesina, (FAO *et al.*, 2022; SIPRA, 2023b; UPRA & ICA, 2022). En el marco de la región Pacífico, Nariño aporta un ejemplo de cómo un territorio con fuertes gradientes altitudinales puede articular cadenas de abastecimiento que conectan zonas rurales de montaña con ciudades intermedias y con corredores de comercio hacia el litoral, en un contexto de desigualdades socioeconómicas persistentes y de vulnerabilidad frente a conflictos y eventos climáticos extremos, (DANE, 2023a; DNP, 2023; WFP, 2023).

En la franja litoral y selvática del Pacífico, particularmente en el Chocó y en áreas costeras de Cauca y Nariño, los sistemas agroalimentarios se apoyan en una matriz socioecológica dominada por el bosque húmedo tropical, la alta pluviosidad y la presencia de extensas redes de ríos y estuarios, (IDEAM, 2023a, 2023b). En estos territorios, la

agricultura y la ganadería tienen un peso menor en términos de superficie formalmente incorporada a la frontera agrícola, y se destacan sistemas de producción de pequeña escala, de base comunitaria, que combinan cultivos tradicionales (plátano, yuca, coco, arroz en pequeña escala), policultivos de patio, agroforestería y uso diversificado del bosque, (FAO *et al.*, 2022; SIPRA, 2023b). La pesca artesanal marina y continental, así como la recolección de productos hidrobiológicos y forestales, desempeñan un papel central en la dieta, los ingresos y la cultura alimentaria de las comunidades afrodescendientes e indígenas, aunque enfrentan restricciones de acceso a mercados, debilidad de la infraestructura de frío y transporte, y presiones crecientes asociadas a actividades extractivas, economías ilegales y conflictos en el territorio, (Altamar *et al.*, 2022; Duarte *et al.*, 2022; INVEMAR, 2023; Roca-Lanao *et al.*, 2022).

Desde el punto de vista de la seguridad alimentaria y nutricional, los indicadores regionales y los diagnósticos departamentales coinciden en señalar que la región Pacífico combina territorios con buena disponibilidad de alimentos y capacidad productiva, como ciertos valles interandinos y áreas de agricultura intensiva, con otros donde la inseguridad alimentaria se manifiesta de forma recurrente por ingresos insuficientes, altos costos de transporte, limitada oferta de productos frescos en algunas localidades y precariedad de la infraestructura logística, (ANDI *et al.*, 2019; DANE, 2023a; WFP, 2023). En zonas rurales dispersas del litoral, la combinación de aislamiento físico, baja cobertura de servicios básicos, dependencia de la navegación fluvial y vulnerabilidad ambiental (inundaciones, deslizamientos, afectaciones a la pesca por cambios en los patrones de lluvia y temperatura) agrava las dificultades para garantizar un acceso estable y adecuado a los alimentos, a pesar de la existencia de estrategias locales de producción, intercambio y solidaridad, (FAO *et al.*, 2022; IDEAM, 2023a).

La gestión del agua ocupa un lugar crucial en el análisis regional del Pacífico. Aunque la región presenta una de las mayores disponibilidades hídricas del país en términos de precipitación y caudales, la infraestructura de riego formal, de almacenamiento, de tratamiento y de transporte es limitada y está desigualmente distribuida, (IDEAM, 2023a; Distritos de Riego activos, 2023). En áreas altamente intervenidas, como el valle geográfico del río Cauca, la competencia por el agua entre agricultura intensiva, usos urbanos e industriales y ecosistemas estratégicos genera tensiones que impactan tanto la producción de alimentos como la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos asociados, (Cortes Cuervo & Gómez, 2025b; IDEAM, 2023b). En contraste, en territorios rurales del litoral, el problema central no es la falta de agua sino la ausencia de infraestructura adecuada y de gestión integrada, lo que deriva en problemas de calidad, acceso seguro y vulnerabilidad frente a eventos extremos, (IDEAM, 2023a; FAO *et al.*, 2022).

La región también ilustra con claridad la interacción entre sistemas agroalimentarios y conflictos socioambientales. Diversos estudios y diagnósticos de ordenamiento territorial muestran que la expansión de la frontera agrícola y pecuaria, la minería legal e ilegal, la infraestructura asociada a corredores viales y portuarios, y la apropiación de tierras han generado conflictos con comunidades locales, afectaciones a ecosistemas de alta importancia y cambios en los patrones de uso del suelo que impactan directa e indirectamente la producción de alimentos y la seguridad alimentaria, (Delgado Betancourth & Gómez, 2025b). En este contexto, los sistemas agroalimentarios del Pacífico no pueden analizarse al margen de la gobernanza del territorio, de los derechos territoriales de comunidades étnicas y de las estrategias de conservación y uso sostenible de los bosques y de los ecosistemas costeros y marinos, (ANT, 2023; Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2024).

Finalmente, la región Pacífico concentra un conjunto de desafíos y oportunidades que resultan centrales para la transición hacia sistemas agroalimentarios sostenibles en Colombia. Entre los desafíos destacan la brecha de infraestructura y servicios, las desigualdades territoriales en productividad y acceso a mercados, la vulnerabilidad frente al cambio climático y la persistencia de conflictos y economías ilegales que afectan la seguridad y la gobernanza, (DNP, 2023; WFP, 2023). Entre las oportunidades, sobresalen la posibilidad de fortalecer sistemas agroforestales y pesqueros sostenibles, de apoyar la agricultura familiar y las economías comunitarias, de diversificar la base productiva más allá de unos pocos cultivos industriales y de articular mejor las conexiones entre los núcleos urbanos andinos y las comunidades del litoral mediante políticas diferenciadas, inversiones en infraestructura adecuada y

enfoques de planificación territorial que reconozcan la especificidad ecológica y cultural del Pacífico, (FAO *et al.*, 2022; SIPRA, 2023b; UPRA, 2022; Patarroyo León & Gómez, 2025e, 2025f).

6.3.4 Región Orinoquía

La región Orinoquía, conformada para los fines de este estudio por los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada, constituye un espacio estratégico para el análisis de los sistemas agroalimentarios en Colombia por su gran extensión territorial, su disponibilidad relativa de tierras con aptitud agropecuaria y la coexistencia de economías tradicionales, extractivas y agroindustriales en rápida transformación, (IGAC, 2023; SIPRA, 2023a, 2023c). A diferencia de la región Andina, caracterizada por una alta densidad poblacional y una larga historia de intensificación agrícola, o del Caribe, donde las restricciones hídricas y costeras son determinantes, la Orinoquía se define por la presencia de extensas sabanas, piedemontes, morichales, bosques de galería y planicies inundables, donde los sistemas productivos han estado históricamente condicionados por la estacionalidad climática, la baja densidad poblacional y la limitada infraestructura de conectividad y servicios, (IDEAM, 2018b; IDEAM, 2023a; FAO *et al.*, 2022).

Desde la perspectiva del uso del suelo, la región presenta un patrón de ocupación dual. Por un lado, existen amplias áreas con aptitud para actividades agropecuarias, en particular para ganadería bovina, producción de pastos, arroz, maíz y algunos sistemas forestales y agroindustriales; por otro, permanecen extensos territorios bajo coberturas naturales o en condiciones ecológicas que exigen un manejo cuidadoso para evitar procesos de degradación, compactación, pérdida de biodiversidad y alteración hidrológica, (UPRA, 2022; SIPRA, 2023a; SIPRA, 2023c). Esta situación ha favorecido la percepción de la Orinoquía como una “frontera de expansión” del agro colombiano, pero tal lectura resulta insuficiente si no se reconocen las restricciones biofísicas del suelo, la fragilidad de buena parte de los ecosistemas de sabana y humedal, y la necesidad de articular los procesos productivos con criterios de sostenibilidad territorial, (Conpes 3797, 2014; IDEAM, 2023a; DNP, 2023).

En términos de estructura agroalimentaria, la Orinoquía mantiene una fuerte impronta ganadera. La producción bovina extensiva ha sido, por décadas, uno de los principales organizadores del territorio regional, particularmente en Casanare, Meta y Arauca, y ha configurado tanto los paisajes productivos como la cultura económica y social de la región, (UPRA & ICA, 2022; SIPRA, 2023a). Sin embargo, en las últimas décadas esta base tradicional ha coexistido con procesos de diversificación y tecnificación, incluyendo la expansión del arroz mecanizado, de cultivos de maíz y soya en ciertas zonas, de plantaciones forestales comerciales y de iniciativas de intensificación pecuaria. Tales transformaciones han ampliado la capacidad productiva regional, pero también han incrementado la presión sobre el agua, los suelos y la estructura de tenencia de la tierra, así como la dependencia de infraestructura vial, almacenamiento, mecanización y mercados de gran escala, (DANE, 2020; España & Camacho, 2021; FAO *et al.*, 2022).

El caso de Arauca ilustra con claridad varias de las tensiones estructurales de la región. El diagnóstico departamental muestra una economía agroalimentaria basada principalmente en ganadería bovina, arroz, maíz y yuca, en coexistencia con una fuerte dependencia de la explotación de hidrocarburos y con importantes rezagos sociales, (Patarroyo León & Gómez, 2025b; DANE, 2023b). Aunque el departamento cuenta con aptitudes favorables para diversas actividades agropecuarias, sus indicadores de pobreza multidimensional, necesidades básicas insatisfechas y acceso a servicios reflejan que el potencial productivo no se traduce automáticamente en seguridad alimentaria ni en bienestar rural generalizado (DANE, 2021, 2022, 2023b; Ministerio de Salud y Protección Social, 2022). Esto confirma que, en la Orinoquía, el análisis de los sistemas agroalimentarios debe considerar adicionalmente la calidad de las condiciones de vida, la distribución territorial de la infraestructura, la estabilidad institucional y las oportunidades reales de acceso a los alimentos.

Uno de los rasgos más significativos de la región es su dependencia de la estacionalidad hídrica. La Orinoquía presenta una alta disponibilidad de agua en términos agregados y alberga cuencas de gran importancia nacional, pero esa abundancia no se traduce necesariamente en acceso seguro, controlado o funcional para la producción

agroalimentaria durante todo el año, (IDEAM, 2023a, 2023b). Las sabanas inundables, los pulsos anuales de lluvia y sequía, y la limitada cobertura de infraestructura de riego y drenaje hacen que buena parte del sistema productivo dependa de las condiciones climáticas y de prácticas adaptadas a ellas, más que de esquemas altamente regulados de manejo del agua, (Distritos de Riego activos, 2023; DANE, 2020). Esta dependencia explica por qué la región, a pesar de su gran potencial, sigue enfrentando limitaciones de productividad y estabilidad, especialmente en sistemas agrícolas distintos a la ganadería extensiva o a cultivos desarrollados en áreas con mejores condiciones de infraestructura.

La seguridad alimentaria en la Orinoquía expresa una paradoja estructural. Se trata de una región con amplias disponibilidades de tierra, con una producción agropecuaria relevante y con creciente interés estratégico en la planificación nacional, pero al mismo tiempo persisten altos niveles de pobreza, informalidad y fragilidad de los medios de vida rurales, especialmente fuera de los principales corredores económicos, (ANDI *et al.*, 2019; WFP, 2023). En muchos casos, la producción está más orientada a cadenas de mercado de gran escala que al fortalecimiento del abastecimiento alimentario local, y la débil conectividad entre centros poblados, zonas rurales dispersas y nodos de comercialización incrementa costos, pérdidas y dependencia de intermediarios, (FAO *et al.*, 2022). En consecuencia, la región no enfrenta únicamente un desafío de expansión productiva, sino también de articulación territorial, distribución de beneficios y fortalecimiento de circuitos alimentarios más resilientes y próximos.

A ello se suma la interacción entre sistemas agroalimentarios, conflictos territoriales y transformaciones recientes del uso del suelo. En distintos puntos de la Orinoquía, los procesos de colonización, acumulación de tierras, expansión de monocultivos, explotación petrolera y presencia de economías ilegales han incidido en la organización del territorio y en las posibilidades de las comunidades rurales para sostener sistemas productivos estables y seguros, (Delgado Betancourth & Gómez, 2025a; Comisión de la Verdad, 2020; MINCIT, 2023). Estas dinámicas han generado disputas por el acceso a la tierra, afectaciones sobre ecosistemas estratégicos y condiciones de inseguridad que limitan la inversión productiva de pequeña escala, debilitan las redes locales de abastecimiento y profundizan las asimetrías entre grandes proyectos económicos y economías campesinas, indígenas y comunitarias, (ANT, 2021; FCDS, 2023).

En este contexto, el ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad adquiere una importancia decisiva. La Orinoquía no puede planearse simplemente como reserva futura de expansión agroindustrial, sino como una región donde la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios depende de equilibrar producción, conservación, infraestructura y justicia territorial, (Cortés Cuervo & Gómez, 2025a; Conpes 3797, 2014; DNP, 2023). Esto implica fortalecer la agricultura familiar y las economías rurales de mediana y pequeña escala, mejorar la conectividad y los servicios de almacenamiento y transformación, promover formas de intensificación compatibles con la conservación de sabanas y humedales, y reconocer que las condiciones biofísicas de la región exigen estrategias diferenciadas, no simples réplicas de los modelos andinos o caribeños de producción, (FAO *et al.*, 2022; UPRA, 2022; SIPRA, 2023b).

En síntesis, la región Orinoquía representa un espacio de alto potencial agroalimentario, pero también de profundas tensiones entre expansión de la frontera productiva, sostenibilidad ecológica, desigualdad territorial y gobernanza del desarrollo. Su aporte a la transición hacia sistemas agroalimentarios sostenibles en Colombia dependerá no solo de ampliar la producción, sino de orientar esa expansión bajo criterios de adaptación climática, gestión integrada del agua, fortalecimiento de capacidades locales y distribución más equitativa de las oportunidades productivas y alimentarias, (IDEAM, 2023a; FAO *et al.*; DNP, 2023).

6.3.5 Región Amazónica

La región Amazónica ocupa un lugar particular en el análisis de los sistemas agroalimentarios de Colombia porque su relevancia territorial, ambiental y cultural es mucho mayor que su participación en la producción agropecuaria convencional, (FAO *et al.*, 2022; Gobernación del Amazonas, 2020). En esta región, los sistemas agroalimentarios están condicionados por la predominancia del bosque húmedo tropical, la baja densidad poblacional, la dispersión de

los asentamientos, la importancia de los pueblos indígenas y la existencia de amplias áreas bajo protección o con restricciones para actividades agropecuarias intensivas (IDEAM, 2018b; IGAC, 2023). En consecuencia, su análisis debe incorporar la relación entre conservación, abastecimiento, movilidad territorial y sostenibilidad de economías locales (FAO *et al.*, 2022).

Desde la perspectiva del uso del suelo, la Amazonia presenta un patrón claramente distinto al de las demás regiones analizadas. El diagnóstico del departamento de Amazonas ilustra esta situación: cerca del 73,4 % del territorio corresponde a bosques naturales y otras áreas no agropecuarias, 25,3 % está bajo exclusiones legales para actividades agropecuarias, y apenas 1,3 % se ubica dentro de la frontera agropecuaria, (SIPRA, 2023c). Aún más revelador, la Encuesta Nacional Agropecuaria reporta que el área realmente utilizada para actividades agropecuarias es cercana a 8.070 ha, equivalentes a solo 0,07% del área total departamental, (DANE, 2020). Estos datos muestran que, en la región Amazónica, la base territorial del sistema agroalimentario no es la ocupación extensiva del suelo, sino la coexistencia entre bosque, cuerpos de agua, áreas protegidas y prácticas productivas de pequeña escala, (SIPRA, 2023a. 2023b).

En este contexto, la estructura productiva se apoya en arreglos agroforestales, sistemas tradicionales de chagra, cultivos de pancoger, pesca artesanal, recolección, piscicultura y algunas formas limitadas de producción pecuaria, (DANE, 2020; FAO *et al.*, 2022). En Amazonas, estas actividades se concentran principalmente en Leticia, Puerto Nariño y Puerto Alegría, donde se desarrollan sistemas agroforestales, semilleros, huertas, producción de peces y actividades de transformación básica de alimentos, (Gobernación del Amazonas, 2020). Cerca del 38 % de la producción se destina al autoconsumo y 62 % a la venta, lo que indica una doble función del sistema agroalimentario: sostener la dieta de los hogares y generar excedentes para circuitos locales o regionales, (DANE, 2020). Esta composición revela una fuerte dependencia de la producción familiar y de proximidad, más que de cadenas agroindustriales de gran escala, (FAO *et al.*, 2022).

La agricultura amazónica se caracteriza por una marcada diversidad de especies y por una adaptación estrecha a las condiciones ecológicas del territorio (FAO *et al.*, 2022). En Amazonas, para 2022 se registraron 3.976 ha sembradas, con una producción de aproximadamente 21.000 t, (UPRA, 2022). Predominan cultivos permanentes como plátano, asaí, copoazú, cacao, uva caimarona, arazá y chontaduro, junto con cultivos transitorios como yuca, maíz y cilantro, (UPRA, 2022). Entre los productos de mayor rendimiento se destacan el chontaduro, la yuca, el copoazú, el asaí y el plátano, con rendimientos que alcanzan o superan las 4–12 t/ha según cultivo, (UPRA, 2022). La ausencia de distritos de riego confirma además que la producción depende de la humedad natural, de la lluvia y de sistemas artesanales de abastecimiento hídrico, lo que hace especialmente importante la adaptación ecológica y el manejo tradicional del territorio, (Distritos de Riego Activos, 2023; DANE, 2020).

El componente pecuario existe, pero ocupa un lugar más secundario que en Orinoquía, Caribe o parte de la región Andina. En Amazonas se registraron 124.150 animales en 2022, concentrados principalmente en Leticia, con predominio de aves, porcinos, bovinos y otras especies menores, (UPRA & ICA, 2022). En contraste, la pesca tiene una función mucho más decisiva dentro del sistema alimentario regional: los desembarcos pesqueros del departamento alcanzaron 3.630 t en 2022 y abarcaron más de cien especies, entre ellas pintadillo tigre, pintadillo rayado, pirarucú y bocachico, (Duarte *et al.*, 2022). Esto muestra que, en la Amazonia, la provisión de proteína animal depende en gran medida de la integridad de los sistemas fluviales y de la conservación de los ecosistemas acuáticos, por lo que la sostenibilidad agroalimentaria está inseparablemente ligada a la sostenibilidad ecológica, (IDEAM, 2023a; FAO *et al.*, 2022).

La base empresarial del sistema alimentario regional también es limitada, aunque cumple una función estratégica. En Amazonas se identifican 36 empresas relacionadas con cultivo, pesca, procesamiento y preparación de alimentos y bebidas, con énfasis en comidas listas para consumo, panadería, conservación de frutas, tubérculos y pescados, así como acuicultura y pesca continental, (DANE, 2023a). Aunque su tamaño y número son reducidos frente a otras

regiones, estas unidades de transformación resultan cruciales en un territorio donde la dispersión geográfica, los costos logísticos y las limitaciones de conectividad elevan el costo de abastecimiento y restringen la integración a mercados mayores, (Gobernación del Amazonas, 2020). Así, el sistema agroalimentario amazónico depende menos de grandes complejos agroindustriales y más de pequeñas redes locales y de cadenas de valor de baja escala, (FAO *et al.*, 2022).

La seguridad alimentaria en la región expresa una tensión entre abundancia biológica y limitaciones materiales de acceso. En Amazonas, 18,6 % de los hogares presenta inseguridad alimentaria y 3,4 % inseguridad alimentaria grave, mientras la pérdida de cosechas afecta 27,3% de la superficie sembrada y el desperdicio ocurre en 4,5 % de los hogares, (DANE, 2022, 2023b). El diagnóstico también identifica problemas asociados con almacenamiento prolongado, humedad, falta de refrigeración, fallas en el suministro eléctrico, bajos ingresos, débil infraestructura para inocuidad y cambios en los hábitos de consumo hacia alimentos más industrializados, (DANE, 2022; Gobernación del Amazonas, 2020; Patarroyo León & Gómez, 2025a). En otras palabras, la región no enfrenta solo un reto de producción, sino también de acceso físico, ingresos, logística y preservación de dietas locales nutritivas, (ANDI *et al.*, 2019; FAO *et al.*, 2022).

Otro elemento central es la tensión entre conservación y transformación del territorio. Aunque en el departamento de Amazonas la ocupación agropecuaria es muy baja, en la escala amazónica más amplia persisten presiones por deforestación, expansión de pasturas, apertura de vías, economías ilegales y cultivos ilícitos, (IDEAM, 2018b; UNODC-SIMCI, 2023). Incluso en Amazonas se reportaron 103 ha de coca en 2022, concentradas en Puerto Alegría, (UNODC-SIMCI, 2023). Esto confirma que la sostenibilidad del sistema agroalimentario amazónico no puede desligarse del control de la deforestación, la gobernanza del territorio y la creación de alternativas económicas compatibles con el bosque en pie, (Gobernación del Amazonas, 2020; Gobierno de Colombia *et al.*, 2022). La discusión regional debe considerar qué tipo de producción fortalecer sin erosionar la base ecológica del territorio, (FAO, Unión Europea & Cirad, 2022).

En términos de potencial, la Amazonia ofrece oportunidades importantes, pero bajo una lógica distinta a la de otras regiones. En Amazonas se estiman 145.840 ha con potencial para un uso productivo adecuado y sostenible, con oportunidades en acuicultura, pesca continental, frutas nativas, agricultura familiar y sistemas priorizados por el PECTIA, como yuca, plátano, cacao, forestales, plantas aromáticas, especies menores y nutraceuticas, (SIPRA, 2023a, 2023c; Gobierno de Colombia *et al.*, 2022). Por tanto, la estrategia regional más coherente no es la agroindustrialización extensiva, sino el fortalecimiento de sistemas agroforestales, cadenas de valor basadas en biodiversidad, asistencia técnica adaptada, infraestructura básica de almacenamiento y comercialización, y una gobernanza intercultural que reconozca el papel de las comunidades indígenas y campesinas, (FAO *et al.*, 2022).

La región Amazónica sintetiza de forma clara el desafío de construir sistemas agroalimentarios compatibles con una sostenibilidad fuerte. Su aporte al país no debe medirse únicamente por el volumen de producción, sino por su capacidad para articular abastecimiento, diversidad biocultural, conservación del bosque y resiliencia territorial, (FAO, *et al.*, 2022; IDEAM, 2023a). En esa medida, el futuro agroalimentario amazónico depende menos de ampliar la frontera productiva y más de consolidar economías locales sostenibles, reducir pérdidas, mejorar la conectividad y proteger los ecosistemas de los que depende la vida regional, (Gobernación del Amazonas, 2020; FAO *et al.*, 2022).

6.4 Síntesis

El análisis de los sistemas agroalimentarios en Colombia muestra que el país dispone de una base territorial, climática y biológica amplia para la producción de alimentos, pero esa potencialidad se encuentra distribuida de manera muy desigual entre regiones y está condicionada por fuertes restricciones de uso del suelo, disponibilidad hídrica, conectividad, infraestructura productiva y capacidad institucional. La información revisada evidencia que buena parte

del territorio nacional no puede entenderse simplemente como espacio disponible para expandir la producción agropecuaria, dado que amplias superficies corresponden a bosques naturales, áreas de exclusión legal, ecosistemas estratégicos o territorios donde la sostenibilidad depende de mantener funciones ecológicas críticas para el agua, la biodiversidad y la regulación climática.

En esa medida, el capítulo confirma que la discusión sobre sistemas agroalimentarios no puede reducirse al volumen de producción o al rendimiento físico por hectárea. La seguridad alimentaria y nutricional depende también de la forma en que se articulan producción, transformación, transporte, abastecimiento, acceso, consumo y reducción de pérdidas, en contextos territoriales profundamente diferenciados. Mientras algunas regiones, como la Andina, concentran buena parte del área sembrada, de la producción agropecuaria, de la industria de alimentos y de la demanda urbana, otras, como Amazonía, Orinoquía, Pacífico y parte del Caribe, enfrentan mayores restricciones de infraestructura, mayor dispersión poblacional o límites biofísicos y normativos que impiden replicar modelos intensivos convencionales sin generar costos sociales y ambientales elevados.

El uso del suelo y la aptitud productiva muestran que Colombia cuenta con ventajas comparativas importantes para diversas actividades agrícolas, pecuarias, forestales, pesqueras y acuícolas, pero también revelan tensiones estructurales entre vocación productiva, frontera agrícola, conservación y conflictividad territorial. En varias regiones, especialmente Andina y Caribe, la expansión histórica de la ganadería y de ciertos cultivos ha coexistido con procesos de degradación de suelos, presión sobre el agua y competencia con otros usos del territorio. En Amazonía y Pacífico, por su parte, el desafío principal no radica en ampliar de forma extensiva la frontera productiva, sino en consolidar sistemas agroalimentarios compatibles con el bosque, la diversidad biocultural, la pesca, la agricultura familiar y la protección de ecosistemas sensibles.

El análisis regional también muestra que no existe un único sistema agroalimentario colombiano, sino una constelación de sistemas territoriales con lógicas y restricciones diferentes. La región Andina aparece como el principal núcleo agroalimentario del país por su concentración de población, mercados, agroindustria, infraestructura y articulación logística, pero también como el espacio donde más intensamente se superponen presión urbana, fragmentación predial, competencia por el agua y dependencia de cadenas largas de abastecimiento. La región Caribe combina áreas con potencial agropecuario relevante con territorios de fuerte estrés hídrico, baja seguridad alimentaria y alta dependencia de pesca y transporte de alimentos. La región Pacífica articula biodiversidad, pesca, agricultura y puertos estratégicos, pero enfrenta rezagos estructurales de accesibilidad y servicios. La Orinoquía presenta amplias áreas con aptitud agropecuaria, aunque condicionadas por estacionalidad hídrica, baja densidad poblacional y débil infraestructura. La Amazonía, finalmente, exige enfoques productivos especialmente restrictivos y compatibles con la conservación del bosque, los territorios indígenas y la sostenibilidad hídrica y climática.

Desde la perspectiva de la transición energética, estos hallazgos tienen implicaciones directas. El sistema agroalimentario debe considerarse simultáneamente como un sector vulnerable a la transición y como un sector habilitador de ella. Es vulnerable porque actualmente depende de diésel, fertilizantes, transporte de larga distancia, cadenas de frío, riego y logística intensiva en energía, además de estar altamente expuesto a sequías, inundaciones y variabilidad climática. Pero también es habilitador porque puede contribuir a una transición territorialmente sostenible mediante la reducción de pérdidas de alimentos, la modernización energética de la agroindustria, la electrificación de procesos, el uso más eficiente del agua, el fortalecimiento de circuitos cortos de abastecimiento y la adopción de prácticas productivas con menor presión sobre suelos, bosques y combustibles fósiles.

El capítulo sugiere que la transición energética no puede plantearse en el medio rural únicamente como sustitución tecnológica de combustibles o incorporación de nuevas fuentes renovables. Su viabilidad dependerá de si logra integrarse con transformaciones más amplias del sistema agroalimentario: mejoramiento de distritos de riego, infraestructura de almacenamiento y frío, conectividad vial y fluvial, mecanización apropiada, acceso a información productiva, fortalecimiento de la agricultura familiar, reducción de pérdidas poscosecha y ampliación del acceso a

energía confiable en territorios rurales dispersos. En otras palabras, la energía debe leerse como parte de un sistema territorial de producción, abastecimiento y bienestar, y no como una variable aislada.

La evidencia revisada indica que una estrategia de transición energética que desconozca la heterogeneidad agroalimentaria regional podría profundizar desigualdades existentes. En territorios con baja seguridad alimentaria, alta pobreza, dependencia de economías primarias o débil conectividad, nuevas demandas de suelo, agua o biomasa asociadas a la transición podrían entrar en conflicto con la producción de alimentos y con las funciones ecosistémicas que sostienen la vida local. Esto es especialmente relevante en regiones con alta fragilidad ecológica o con baja capacidad institucional, donde la expansión de monocultivos energéticos, infraestructura lineal o esquemas productivos desanclados del contexto territorial podría deteriorar la resiliencia agroalimentaria en lugar de fortalecerla.

Por ello, el capítulo permite identificar al menos cinco criterios para orientar procesos de transición energética en relación con los sistemas agroalimentarios:

- La seguridad alimentaria debe asumirse como condición prioritaria de cualquier transformación territorial, de modo que la energía no compita destructivamente con la producción y el acceso a alimentos.
- La planificación de usos del suelo debe reconocer límites biofísicos, exclusiones legales y funciones ecológicas esenciales, especialmente en Amazonía, Pacífico y territorios hídricamente frágiles.
- La diversificación productiva y la modernización energética deben adaptarse a las capacidades y restricciones regionales, evitando soluciones homogéneas para contextos profundamente distintos.
- La infraestructura energética rural debe articularse con infraestructura productiva, logística y de abastecimiento para mejorar la resiliencia del sistema agroalimentario.
- La transición debe fortalecer economías locales y circuitos territoriales de producción y consumo, en lugar de reproducir dependencias externas o nuevas formas de enclave.

En conjunto, este capítulo muestra que los sistemas agroalimentarios ocupan una posición estratégica en la transición hacia el desarrollo sostenible de Colombia. No solo porque abastecen de alimentos a la población y sostienen una parte importante del empleo rural y regional, sino porque condensan buena parte de las tensiones entre productividad, equidad, conservación, infraestructura, agua y energía que definirán la viabilidad de cualquier proceso de transición energética. En consecuencia, una transición consistente con las realidades territoriales del país deberá incorporar al sistema agroalimentario como componente central de la planificación, no como sector secundario, articulando sostenibilidad ecológica, seguridad alimentaria, reducción de brechas regionales y transformación productiva de largo plazo.

Referencias

- Alfonso, K. (2017). Cinco departamentos concentran 41,8 % de la maquinaria agrícola. *La República*.
- Altamar, J., Choles, E., Correa-Helbrum, J., & Manjarrés-Martínez, L. (2022). *Desembarcos pesqueros industriales registrados en los dos litorales del país, año 2022*.
- ANDI, ABACO, & Fundación Éxito. (2019). *Línea base de la situación alimentaria y nutricional de la niñez en Colombia, 2019*.
- ANT. (2023). *Resguardos indígenas legalizados de Colombia*. Agencia Nacional de Tierras. <https://www.colombiaenmapas.gov.co>
- Cámara de la Industria de Alimentos. (2019). *Industria de Alimentos. Una industria que innova y construye país*. www.andi.com.co/Home/Camara/16-industria-de-alimentos

- Colombia productiva. (2020). *Alimentos procesados: una oportunidad de crecimiento*.
- Comisión de la Verdad. (2020). *Arauca: Conflicto, biodiversidad y petróleo*. Comisión para el Esclarecimiento de la Verdad, la Convivencia y la No Repetición. <https://web.comisiondelaverdad.co/actualidad/noticias/arauca-conflicto-biodiversidad-y-petroleo>
- CONPES 3797 (2014). *Política para el desarrollo integral de la Orinoquia: Altillanura Fase I*. Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia y Departamento Nacional de Planeación
- CONtextoganadero. (2023). *5 bondades del pasto estrella*. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/5-bondades-del-pasto-estrella>
- Cortés Cuervo, S. C., & Gómez, A. (2025a). Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Arauca*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Cortés Cuervo, S. C., & Gómez, A. (2025b). Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad. En A. Gómez & K. J. Patarroyo León (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible del Valle del Cauca*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- DANE. (2020). *Encuesta Nacional Agropecuaria – ENA, 2019*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2021). Indicador de Necesidades básicas insatisfechas. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2022). *Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2022*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2022>
- DANE. (2023a). *Geovisor Directorio de Empresas 2023*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/economia/directorio-estadistico-de-empresas/>
- DANE. (2023b). Indicador de pobreza multidimensional 2022.
- Delgado Betancourth, L. C., & Gómez Mejía, A. (2025a). Desafíos y tensiones sociales. En A. Gómez Mejía & K. J. Patarroyo León (Editores), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Arauca*. Proyecto Nexos – Universidad Nacional de Colombia.
- Delgado Betancourth, L. C., & Gómez Mejía, A. (2025b). Desafíos y tensiones sociales. En A. Gómez Mejía & K. J. Patarroyo León (Editores), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Nariño*. Proyecto Nexos – Universidad Nacional de Colombia.
- Distritos de Riego activos*. (2023). *Base nacional de distritos de riego activos*. Datos Abiertos Colombia. <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Distritos-de-Riego-activos/rtxu-twjm/data>
- DNP. (2016). *Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia*. Departamento Nacional de Planeación. www.dnp.gov.co
- DNP. (2023). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Colombia, potencia mundial de la vida*. Departamento Nacional de Planeación.
- Duarte, L. O., García, E., Tejeda, K., Cuello, F., Gil-Manrique, B., De León, G., Curiel, J., Cuervo, C., Vargas, O., Isaza, E., Manjarréz- Martínez, L., & Reyes-Ardila, H. (2022). *Estadísticas de desembarco y esfuerzo de las pesquerías artesanales de Colombia 2022*. En Sistema del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC).

- España, C., & Camacho, C. (2021, April 26). *La necesidad de aumentar la productividad del agro colombiano*. <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2021/04/la-necesidad-de-aumentar-la-productividad-del-agro-colombiano/>
- FAO. (2020). *Agroecología y sistemas alimentarios sostenibles en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO, Unión Europea, & Cirad. (2022). Perfil de sistemas alimentarios de Colombia. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://doi.org/10.4060/cc2298es>
- FAOSTAT. (2021). *Trades - Crops and livestock products*. Food and Agriculture Organization of the United Nations <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL/visualize>
- FCDS. (2023). Complejo de humedales del Lipa en Arauca. *Paz y Ambiente*, 2, 8-13. Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible.
- Gobernación del Amazonas. (2020). *Plan de desarrollo departamental Amazonas progresando con equidad 2020–2023*.
- Gobierno de Colombia, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, AGROSAVIA, & entidades territoriales correspondientes. (2022). *Actualización del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector Agropecuario (PECTIA)*.
- IDEAM. (2018a). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2018b). *Mapa de cobertura de la tierra, periodo 2018*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2023a). *Estudio nacional del agua 2022*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio de Medio Ambiente.
- IDEAM. (2023b). *Indicadores de uso del agua y cambio climático en Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio de Medio Ambiente.
- IGAC. (2023). *Regionalización de Colombia*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- INVEMAR. (2023). *Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras.
- La República. (2021). *El cacao especial colombiano puede tener tanto potencial como el café especial*. La República.
- MinAgricultura. (2020). *Cadena de Flores, Follajes y Ornamentales*. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- MinAgricultura. (2022). *Boletín Estadístico Forestal - Septiembre 2022*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- MINCIT. (2023). *Perfiles Económicos Departamentales*. Departamento de Arauca. Oficina de Estudios Económicos. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2022). *Indicadores básicos de salud 2022*. Situación de Salud en Colombia. Bogotá D.C.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2024). *Parque Nacional Natural Uramba Bahía Málaga*.
- Patarroyo León, K. J., & Gómez, A. (2025a). Sistemas agroalimentarios. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Amazonas*. Universidad Nacional de Colombia.

- Patarroyo León, K. J., & Gómez, A. (2025b). Sistemas agroalimentarios. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Arauca*. Universidad Nacional de Colombia.
- Patarroyo León, K. J., & Gómez, A. (2025c). Sistemas agroalimentarios. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Cesar*. Universidad Nacional de Colombia.
- Patarroyo León, K. J., & Gómez, A. (2025d). Sistemas agroalimentarios. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de La Guajira*. Universidad Nacional de Colombia.
- Patarroyo León, K. J., & Gómez, A. (2025e). Sistemas agroalimentarios. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Nariño*. Universidad Nacional de Colombia.
- Patarroyo León, K. J., & Gómez, A. (2025f). Sistemas agroalimentarios. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible del Valle del Cauca*. Universidad Nacional de Colombia.
- Patarroyo León, K. J., & Gómez, A. (2025g). Sistemas agroalimentarios. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. Universidad Nacional de Colombia.
- Popp, J., Lakner, Z., Harangi-Rákos, M., & Fári, M. (2014). The effect of bioenergy expansion: Food, energy, and environment. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 32, pp. 559–578). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.056>
- Porkcolombia. (2021). *Informe anual del sector porcicultor colombiano*. Economía Porcícola. *Revista Porkcolombia*.
- Roca-Lanao, R., Mendoza - Ureche, R., & Manjarrés- Martínez, L. (2022). *Balance general del inventario de unidades de producción de acuicultura caracterizadas por el SEPEC durante el periodo 2018 - 2022*.
- Rúa Bustamante, C. V. (2019). *La producción caprina en Colombia*. Tierras Caprino, 28, 55.
- SIPRA. (2023a). *Aptitudes del suelo*. Sistema de Información Para La Planificación Rural Agropecuaria. <https://sipra.upra.gov.co/nacional>
- SIPRA. (2023b). *Áreas que probablemente presentan agricultura familiar*. Sistema de Información Para La Planificación Rural Agropecuaria. <https://sipra.upra.gov.co/nacional>
- SIPRA. (2023c). *Frontera Agrícola Nacional*. Sistema de Información Para La Planificación Rural Agropecuaria. <https://sipra.upra.gov.co/nacional>
- UNODC-SIMCI. (2023). *Monitoreo de los territorios con presencia de cultivos de coca 2022*. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC). https://biesimci.org/fileadmin/2023/documentos/informe_de_monitoreo_de_territorios_afectados_por_cultivos_ilicitos_2022.pdf
- UPRA. (2022). *Evaluaciones agropecuarias municipales - Base Agrícola 2019 - 2022*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva_2022.aspx
- UPRA & ICA. (2022). *Evaluaciones agropecuarias municipales - Base pecuaria 2019-2022*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria e Instituto Colombiano Agropecuario. https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva_2022.aspx
- WFP. (2023). *Evaluación de seguridad alimentaria para población Colombiana*. World Food Program

7 Emisiones y planes de acción climática

Daniel Sebastián González Pedraza y Alexander Gómez Mejía

Colombia ha adoptado políticas y estrategias para abordar los desafíos que presenta el cambio climático. Este proceso se intensifica desde 2015, cuando el país adquirió una serie de compromisos por medio del Acuerdo de París, pactado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. A partir de ello, el país formuló y actualizó en 2020 su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) con el objetivo de limitar el aumento de la temperatura global a 2100 por debajo de los 1,5 °C respecto a los niveles preindustriales.

Junto con estos compromisos se han desarrollado varias políticas entre las que se encuentra la promoción de energías renovables (a través de la Ley 1715 de 2014 - Ley de Energías Renovables No Convencionales y la Ley 2099 de 2021), la promoción del uso de vehículos eléctricos (Ley 1964 de 2019), el Programa Nacional de Biocombustibles, y el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROURE).

7.1 Compromisos ambientales

A nivel global, el conjunto de medidas más representativas en términos de acción climática son las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC). En 2015, Colombia aprobó sus primeras contribuciones NDC, que tuvieron como foco central la reducción de las emisiones de GEI en 20 % al año 2030. Posteriormente, en el año 2020 se realizó la actualización de la NDC del país, incrementando la meta de reducción de emisiones de GEI, que pasó a ser de 51 % para 2030, (MADS, 2020). En la **figura 7-1** se representan las trayectorias de mitigación de emisiones por sectores, según las contribuciones determinadas nacionalmente, NDC, para Colombia. En la **tabla 7-1** se identifican las acciones de mitigación por sectores productivos. Adicionalmente, con el lanzamiento de la Estrategia Climática de Largo Plazo – E2050, el país enfatizó los compromisos de alcanzar la carbono-neutralidad en 2050, erradicar completamente la deforestación en 2030 y declarar como áreas protegidas el 30 % del territorio nacional en 2022.

7.2 Mitigación y adaptación al cambio climático

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático de Colombia, PNACC (MADS, 2016), es una estrategia integral que busca fortalecer la capacidad del país para enfrentar los impactos que son provocados a partir del cambio climático y con ello reducir la vulnerabilidad del país a este tipo de amenazas. En la **tabla 7-2** se sintetiza el contenido de este plan.

7.3 Emisiones

Para llevar a cabo el análisis de emisiones y absorciones se realiza una división por sectores. En general, los países establecen sus inventarios de emisiones siguiendo las orientaciones metodológicas desarrolladas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), por lo que en base al inventario nacional y departamental de gases de efecto invernadero se determinan cuatro grandes sectores para su contabilización: energía, residuos, procesos industriales y uso de productos (IPPU, por sus siglas en inglés) y agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU, por sus siglas en inglés).

Adicionalmente, a estos grupos propuestos por el IPCC, el inventario nacional de emisiones y absorciones separa y analiza los resultados en 8 diferentes sectores económicos para transporte, comercial, residencial, industrias manufactureras, minas y energía, agropecuario, forestal y saneamiento. Cada sector económico está relacionado con uno a varios grupos IPCC como se muestra en la **tabla 7-3**, en este capítulo se analizan estos sectores, dado el enfoque de mitigación que se espera.

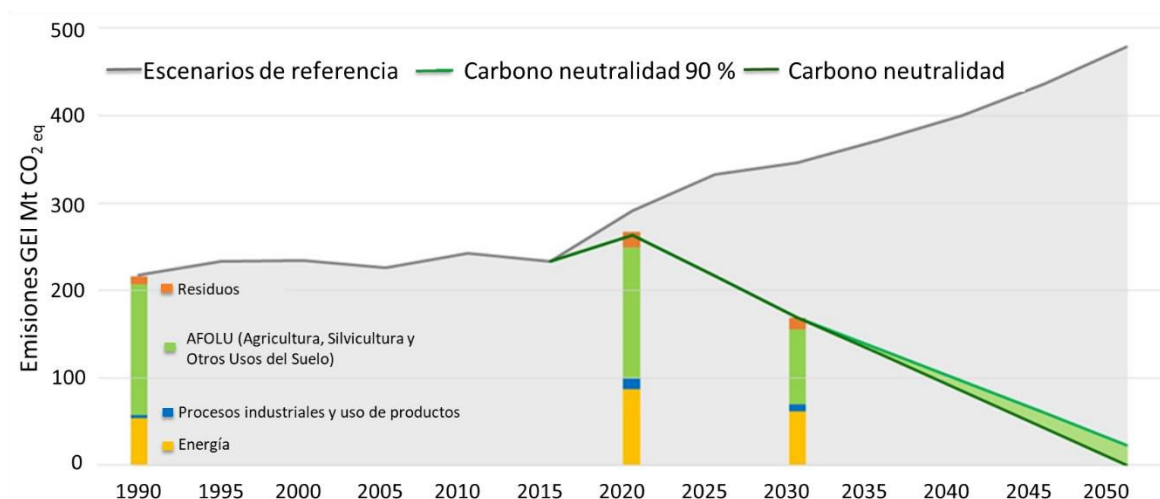


Figura 7-1. Representación de las trayectorias de mitigación de emisiones por sectores, según las Contribuciones determinadas nacionalmente (NDC) para Colombia. La información para 2020 corresponde a información determinada y las líneas a 2050 representan las trayectorias de mitigación lineales. Fuente: elaboración propia con información de IDEAM (2016) y MADS (2020).

Tabla 7-1 Acciones de mitigación por sectores productivos.

Sector	Acciones de mitigación de emisiones
Agrícola y forestal	- Reducción de la deforestación. - Fomento de plantaciones forestales y sistemas agroforestales. - Restauración, rehabilitación y recuperación ecológica. - Mejores prácticas de fertilización. - Ganadería sostenible (sistemas silvopastoriles intensivos, pastoreo racional). - Modelos más eficientes de uso del suelo; ordenamiento territorial.
Energía	- Campañas de eficiencia energética. - Sistemas de redes inteligentes. - Portafolio de energías renovables. - Esquemas de generación con fuentes no convencionales y sistemas híbridos. - Reducción de pérdidas de transporte de energía. - Flexibilización de demanda mediante esquemas de precios y de incentivos. - Captura y almacenamiento de carbono.
Industria	- Eficiencia energética de equipos - Sustitución de carbón por biomasa e introducción de combustibles de menor intensidad en carbono (p.ej. gas natural). - Desarrollos tecnológicos en los procesos productivos.

Sector	Acciones de mitigación de emisiones
Transporte	- Estándares de rendimiento y movilidad verde. - Renovación de la flota. - Vehículos eléctricos; uso de combustibles de menor intensidad en carbono. - Promoción del transporte público, sistemas públicos de bicicletas; desincentivos al uso del transporte privado; cobros por congestión. - Transporte multimodal (fluvial y férreo) - Optimización transporte carga.
Vivienda	- Eficiencia energética e introducción de energéticos más limpios (fomento de la energía solar). - Renovación de vivienda. - Materiales y mejores técnicas de diseño y construcción. - Ciudades sostenibles.
Gestión de residuos	- Aprovechamiento de residuos sólidos (compostaje). - Captura y quema de metano en rellenos sanitarios. - Captura y quema de metano en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.

Fuente: elaboración propia con información de la Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (MADS, 2020).

Tabla 7-2 Síntesis del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, PNACC.

Objetivo	Incorporar la adaptación al cambio climático en las políticas, planes y programas de desarrollo del país, esto con el fin de fomentar una gestión sostenible y resiliente frente a los efectos del cambio climático.
Enfoque sectorial	El plan se estructura en torno a los principales sectores, como agricultura, recursos hídricos, salud, infraestructura y ecosistemas. Se busca identificar y abordar los riesgos y vulnerabilidades específicos de cada sector y promover la implementación de medidas de adaptación apropiadas.
Evaluación de riesgos	El PNACC realiza una evaluación integral de los riesgos climáticos en el país, identificando las amenazas, vulnerabilidades y oportunidades que se encuentran asociadas al cambio climático en diferentes regiones y sectores.
Medidas de adaptación	El plan presenta una serie de medidas de adaptación que incorporan acciones como fortalecer la capacidad de respuesta a eventos climáticos extremos, implementar prácticas agrícolas sostenibles, promover la gestión integral del agua, proteger y restaurar los ecosistemas, entre otras.
Coordinación y participación	Se destaca la importancia de la coordinación entre diferentes entidades y sectores gubernamentales, del mismo modo la participación amplia de los actores, como las comunidades locales, pueblos indígenas y organizaciones de la sociedad civil. Se busca generar sinergias y fomentar la gobernanza participativa en la implementación de las acciones de adaptación.
Financiamiento	Se busca fortalecer los mecanismos de financiamiento tanto a nivel nacional como internacional, con énfasis en la movilización de recursos para apoyar a las comunidades más vulnerables.

Fuente: elaboración propia con información del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, (MADS, 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior, se procede a realizar un análisis de las emisiones netas en el país, para ello se relacionan las emisiones y absorciones separadamente por grupos IPCC, como se muestra en la **figura 7-2**, los resultados son expresados a manera de emisiones brutas (valores positivos), absorciones brutas (valores negativos) y

emisiones totales netas (emisiones brutas menos absorciones brutas), las cuales están representadas de manera total mediante el área de color gris en esa figura.

Tabla 7-3 Sectores económicos asociados según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC.

Grupos IPCC	Sectores económicos
Energía	Transporte
	Comercial
	Residencial
	Industrias Manufactureras
	Minas y Energía
Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU)	Transporte
	Comercial
	Residencial
	Industrias Manufactureras
	Minas y Energía
Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU)	Agropecuario
	Minas y Energía
	Forestal
Residuos	Industrias Manufactureras
	Saneamiento

Fuente: elaboración propia con información de Inventario Nacional y departamental de Gases de Efecto Invernadero – Colombia, (IDEAM, 2016).

A partir de la información utilizada para construir la **figura 7-2**, se establecen los porcentajes de participación de cada grupo IPCC en las emisiones netas del país. Se determina así que el grupo con menor participación para el período el año de corte en 2018 es el industrial con 3,8 % seguido del grupo de residuos con 7,3 % de participación. La fracción del total de emisiones emitidos por estos grupos es baja en comparación a los dos grupos con mayor participación, energía con un 33,3 % y el AFOLU con un 55,6 %. Esta última agrupación es la mayor causante en las emisiones netas, a pesar de ser el único grupo que genera absorciones debido a la regeneración del bosque natural y al crecimiento de las plantaciones forestales.

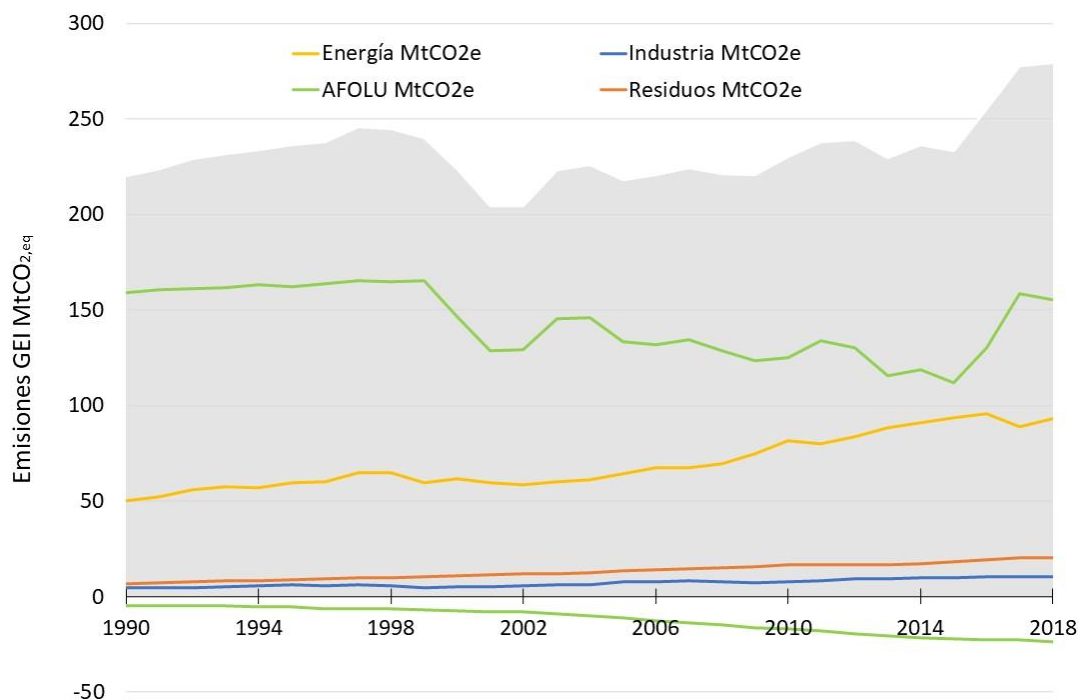


Figura 7-2. Emisiones y absorciones históricas en Colombia por grupos del IPCC. Fuente: elaboración propia con información del Tercer informe bienal de actualización del cambio climático de Colombia con corte 2018, (IDEAM et al., 2021).

7.4 Impactos por la deforestación en Colombia

El análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero en Colombia muestra que el sector energético no es el mayor causante de emisiones en el país. Aunque la energía representa una proporción importante de las emisiones nacionales, el agregado AFOLU, para agricultura, silvicultura y otros usos del suelo, continúa siendo el principal contribuyente en el perfil nacional, tanto en el inventario con corte 2018 como en las desagregaciones más recientes para 2021, (IDEAM, 2016; IDEAM et al., 2021). En este capítulo ya se señaló que, para 2018, AFOLU participó con el 55,6 % de las emisiones netas del país, por encima de energía (33,3 %), residuos (7,3 %) e industria (3,8 %), lo que confirma que la transformación de coberturas, el cambio de usos del suelo y la presión sobre los bosques siguen siendo determinantes estructurales del problema climático colombiano, (IDEAM, 2016; IDEAM et al., 2021).

La información complementaria para 2021 refuerza ese análisis. Según la desagregación sectorial para ese año, Colombia emitió 282,83 Mt CO₂,eq en 2021, de las cuales 98,6 Mt correspondieron a energía (34,8 %), 83,11 Mt a cambio en los usos del suelo y silvicultura (29,4 %), 69,17 Mt a agricultura (24,5 %), 18,02 Mt a residuos (6,3 %) y 13,93 Mt a procesos industriales y uso de productos (4,9 %), de acuerdo con los datos armonizados de *Climate Watch* y el inventario nacional, (Climate Watch, s. f.; IDEAM, 2016). Al agrupar agricultura y cambio en usos del suelo y silvicultura, AFOLU alcanza aproximadamente 152,3 Mt CO₂,eq, equivalentes al 53,8 % del total nacional, muy por encima de cualquier otro grupo sectorial, (Climate Watch, s. f.; IDEAM, 2016).

Dentro de AFOLU, la relevancia de la deforestación es especialmente crítica porque una parte muy significativa de las emisiones proviene de la pérdida de bosques y de la transformación del uso del suelo. Dentro del total del sector AFOLU de 158,3 Mt CO₂,eq, las tierras forestales aportan 38,69 Mt CO₂,eq (25,4 % del subtotal), mientras que los pastizales aportan 46,11 Mt CO₂,eq (30,3 %), el ganado 25,59 Mt CO₂,eq (16,8 %), los incendios y la gestión de los suelos agropecuarios 22,13 Mt CO₂,eq (14,5 %), las tierras de cultivo 17,72 Mt CO₂,eq (11,6 %) y humedales, asentamientos y otras tierras 2,08 Mt CO₂,eq (1,4 %), según la desagregación del inventario nacional y de FAO para

emisiones agrícolas (IDEAM, 2016; FAO, s. f.). Esta estructura sugiere que la presión sobre los bosques no actúa de manera aislada, sino estrechamente articulada con la expansión ganadera extensiva, el cambio en los usos del suelo y las prácticas que consolidan nuevas fronteras agropecuarias, (IDEAM, 2016, s. f.).

Por ello, aunque la presente sección no realiza una estimación directa de emisiones por deforestación, sí llama la atención sobre el hecho de que la pérdida de bosque es uno de los principales mecanismos a través de los cuales se configuran las emisiones del país, (IDEAM, 2016; IDEAM *et al.*, 2021). La deforestación no solo elimina sumideros naturales de carbono, sino que además desencadena cambios duraderos en el uso del suelo, favorece la ampliación de pastizales y otras coberturas transformadas y reduce la capacidad del territorio para sostener funciones ecosistémicas críticas, como la regulación hídrica, la conservación de biodiversidad y la estabilidad climática regional, (IDEAM, 2016, s. f.). En un país cuya matriz de emisiones difiere del patrón global por el peso relativo del uso del suelo, este punto resulta central para cualquier estrategia seria de mitigación, (Climate Watch, s. f.; IDEAM *et al.*, 2021).

La serie nacional reciente de deforestación confirma que el problema ha sido persistente y de gran escala. De acuerdo con la información compilada a partir de los indicadores de cambio en superficie boscosa del IDEAM, Colombia registró pérdidas anuales de bosque de 120.724 ha entre 2012 y 2013, hasta alcanzar un máximo de 219.718 ha entre 2016 y 2017, como se muestra en la **figura 7-3**, (IDEAM, 2016, 2024). Esta trayectoria muestra dos hechos relevantes. En primer lugar, la deforestación reciente en Colombia no es un fenómeno coyuntural, sino un problema estructural que alcanzó niveles particularmente altos a mediados de la década de 2010 y que, aunque ha disminuido desde esos máximos, se mantiene en magnitudes suficientemente altas como para seguir afectando de manera determinante el perfil de emisiones y la integridad ecológica del país, (IDEAM *et al.*, 2021; IDEAM, 2024). En segundo lugar, la reducción observada después de 2021 no puede interpretarse automáticamente como una solución consolidada, pues incluso cifras por encima o cercanas a 100 mil hectáreas anuales implican una transformación territorial exagerada, especialmente cuando se concentra en ecosistemas estratégicos y en zonas de alta sensibilidad socioambiental, (IDEAM, s. f, 2024).

La distribución departamental de la deforestación permite entender con mayor claridad dónde se localizan las mayores presiones. Para el periodo 2021–2022, se reporta un total nacional de 123.333 ha deforestadas, con una fuerte concentración territorial: Meta encabezó el país con 24.107 ha, seguido por Caquetá con 19.191 ha, Guaviare con 15.721 ha, Putumayo con 10.820 ha, Antioquia con 10.226 ha, Chocó con 8.569 ha y Norte de Santander con 7.179 ha, como se muestra en la **figura 7-4**, (IDEAM, 2024).

Esa concentración es especialmente importante porque el propio análisis gráfico señala que el 77,7 % de la deforestación del periodo 2021–2022 se ubicó en un grupo relativamente reducido de departamentos, encabezados por Meta, Caquetá, Guaviare y Putumayo, (IDEAM, 2024). En términos territoriales, esto indica que el problema se concentra principalmente en la articulación entre Amazonía y Orinoquía, aunque con extensiones relevantes hacia el Pacífico, el noroccidente andino y algunos corredores del Caribe y la frontera nororiental, (IDEAM, 2024, s. f.). Así, la deforestación es, además de un fenómeno forestal, un reflejo territorial de disputas por los usos del suelo, expansión de la frontera agropecuaria, economías ilegales, debilidad institucional y baja capacidad de control estatal en zonas periféricas o de difícil acceso, (IDEAM, 2016, s. f.).

Desde la perspectiva de la transición energética, este hallazgo tiene implicaciones directas. Si AFOLU es el principal grupo emisor del país y si dentro de él la pérdida de bosque constituye uno de los factores más críticos, entonces la mitigación en Colombia no puede limitarse a la descarbonización del transporte, la industria o la electricidad, (IDEAM *et al.*, 2021; MADS, 2020). La transición energética colombiana necesita articularse con una política mucho más robusta de control de la deforestación, protección de bosques, restauración ecológica y ordenamiento territorial, porque de lo contrario una parte fundamental de las emisiones del país seguirá originándose fuera del sector energético en sentido estricto, (IDEAM, s. f.; MADS, 2020).

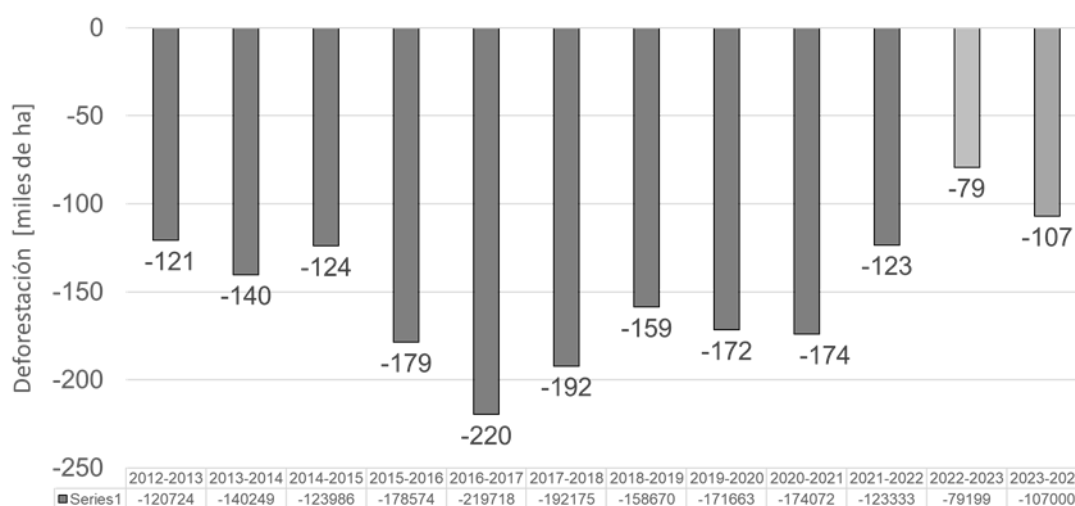


Figura 7-3. Deforestación nacional en Colombia en el período 2012-2024, con indicación de la cantidad anual de hectáreas deforestadas. Elaboración propia con información del IDEAM (IDEAM, 2016, 2024).

Esto también es consistente con los compromisos nacionales ya adoptados. Colombia actualizó su Contribución Determinada a Nivel Nacional planteando una meta de reducción del 51 % de las emisiones para 2030 y la Estrategia Climática de Largo Plazo E2050 destaca los objetivos de carbono-neutralidad a 2050 y la meta de cero deforestaciones al 2030, (MADS, 2020; IDEAM *et al.*, 2021). En ese marco, la deforestación aparece como un frente estratégico para la viabilidad misma de la política climática nacional, pues el cumplimiento de las metas de mitigación depende en gran medida de contener la transformación del bosque y fortalecer su papel como sumidero de carbono, (IDEAM, 2016; IDEAM *et al.*, 2021).

La información disponible permite afirmar que la deforestación es uno de los factores determinantes del problema climático colombiano. Su importancia no deriva únicamente del área anual de bosque perdido, sino de su capacidad para reconfigurar de manera duradera los usos del suelo, debilitar los sumideros naturales de carbono, ampliar coberturas de baja sostenibilidad y concentrar impactos ecológicos y sociales en territorios ya marcados por vulnerabilidad institucional y conflictividad, (IDEAM, s. f.). Por ello, cualquier estrategia de transición energética que aspire a ser integral en Colombia deberá incorporar la reducción de la deforestación como una condición estructural de la mitigación, y no como un componente periférico de la agenda ambiental, (MADS, 2020; IDEAM *et al.*, 2021).

Esta trayectoria muestra dos hechos relevantes. En primer lugar, la deforestación reciente en Colombia no es un fenómeno coyuntural, sino un problema estructural que alcanzó niveles particularmente altos a mediados de la década de 2010 y que, aunque ha disminuido desde esos máximos, se mantiene en magnitudes suficientemente altas como para seguir afectando de manera determinante el perfil de emisiones y la integridad ecológica del país. En segundo lugar, la reducción observada después de 2021 no puede interpretarse automáticamente como una solución consolidada, pues incluso cifras por encima o cercanas a 100 mil hectáreas anuales implican una transformación territorial muy alta, especialmente cuando se concentra en ecosistemas estratégicos y en zonas de alta sensibilidad socioambiental.



Figura 7-4. Deforestación por departamentos en Colombia en el período 2021-2022, con indicación de la cantidad anual de hectáreas deforestadas. Elaboración propia con información del IDEAM (IDEAM, 2024, s.f.).

7.5 Contexto regional

El contexto regional de las emisiones y de los planes de acción climática en Colombia refleja la superposición de patrones diferenciados de desarrollo socioeconómico, estructura productiva, conflictividad social, ordenamiento territorial y sistemas energéticos, de modo que la transición energética y la mitigación no pueden pensarse como procesos homogéneos a escala nacional, (DANE, 2021, 2023a; MADs, 2016). La regionalización del IGAC utilizada en este estudio permite articular estos elementos con el perfil sectorial de emisiones y con el peso del sector AFOLU en la matriz nacional, destacando cómo la deforestación, la expansión agropecuaria, la concentración urbana y la especialización productiva se expresan de manera distinta en cada región, (IGAC, 2023; IDEAM, 2016; IDEAM *et al.*, 2021).

7.5.1 Región Caribe

La región Caribe, incluyendo el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, combina una alta participación demográfica, alrededor de 11,2 millones de habitantes, con una contribución al PIB cercana al 13 %, lo que evidencia una estructura económica menos diversificada y con menor productividad promedio que la región Andina, (DANE, 2021, 2023a). Su economía se apoya en servicios, comercio, turismo, agroindustria, actividades portuarias y, en algunos departamentos, en minería y extracción de energéticos, como ocurre de forma particularmente marcada en Cesar y La Guajira, (DANE, 2023b, 2023c, 2023d).

Desde la perspectiva de emisiones, este patrón productivo se traduce en una combinación de aportes del sector energía particularmente transporte, generación térmica y actividades extractivas y del sector AFOLU, debido principalmente a la expansión agropecuaria y los cambios de uso del suelo en territorios rurales, (IDEAM, 2016; IDEAM *et al.*, 2021; Climate Watch, s. f.). En el Cesar se refuerza ese análisis: allí cerca del 60 % de las emisiones se vinculan al sector agropecuario y otro componente importante proviene de la minería de carbón y de las emisiones fugitivas

asociadas, lo que ilustra la coexistencia regional entre economías extractivas y agropecuarias intensivas en emisiones, (Gómez & Patarroyo, 2025d; IDEAM, 2016).

La pobreza multidimensional ponderada de la región Caribe, de 21,5 %, y un coeficiente de Gini regional de 0,512 implican que los impactos del cambio climático se superponen con fuertes brechas sociales, especialmente en territorios con alta presencia de comunidades indígenas y afrodescendientes y con rezagos en acceso a agua potable, saneamiento e infraestructura básica, (DANE, 2022; CEPAL, 2022). En términos de conflictividad, la región presenta disputas por el uso del suelo, tensiones por acceso al agua y conflictos ligados a la explotación de recursos naturales y a la debilidad histórica de la infraestructura social, lo que condiciona la viabilidad territorial de proyectos climáticos y energéticos de gran escala, (MADS, 2016; Weikert, 2021).

Este contexto hace que la acción climática regional deba combinar dos agendas. Por un lado, la reducción de emisiones en transporte, minería, uso de energía y cadenas agropecuarias; por otro, la adaptación frente a sequías, inseguridad hídrica, vulnerabilidad alimentaria y deterioro de ecosistemas estratégicos, aspectos presentes en los instrumentos de gestión climática territorial departamental y particularmente visibles en territorios insulares y semiáridos como San Andrés y La Guajira, (MADS, 2020; Gómez & Patarroyo, 2025e; 2025i).

7.5.2 Región Andina

La región Andina concentra más de la mitad de la población del país y cerca de dos tercios del PIB, con Bogotá D. C., Antioquia, Valle del Cauca, Santander y Cundinamarca como núcleos económicos fundamentales, (DANE, 2021, 2023a). Su estructura productiva es la más diversificada del país, combinando industria manufacturera, servicios avanzados, comercio, agroindustria y actividades logísticas, lo que la posiciona como principal responsable de las emisiones del sector energía y de procesos industriales, debido a la concentración de transporte, consumo eléctrico, calor industrial y uso de productos, (Banco Mundial, 2023; Rodrik, 2015; IDEAM, 2016).

Los análisis para Bogotá, Medellín y Valle del Cauca permiten precisar este patrón regional. En Bogotá predominan las emisiones asociadas al transporte terrestre, la aviación, los residuos y la actividad manufacturera, mientras Medellín presenta una estructura similar, con transporte, energía estacionaria y residuos como principales fuentes, lo que ilustra la centralidad del metabolismo urbano en la matriz regional de emisiones, (Gómez & Patarroyo, 2025c, 2025f). En el Valle del Cauca, además, el peso de la industria manufacturera y del transporte se combina con una base agroindustrial relevante y con un sector forestal que aporta absorciones significativas, lo que muestra la heterogeneidad interna de la región Andina, (Gómez & Patarroyo, 2025h; IDEAM, 2016).

En términos sociales, la región Andina presenta el índice de pobreza multidimensional ponderado más bajo del país, con 8,8 %, pero mantiene coeficientes de Gini cercanos a 0,506, lo que refleja una distribución del ingreso aún desigual y fuertes contrastes entre grandes áreas metropolitanas y corredores rurales de montaña, (DANE, 2022; CEPAL, 2022). La conflictividad social incluye disputas por el uso del suelo, tensiones urbanas por acceso a servicios, conflictos asociados a minería e infraestructura y crecientes presiones sobre ecosistemas estratégicos como páramos y cuencas abastecedoras, en un contexto de expansión urbana y metropolitana, (IGAC, 2023; MADS, 2016).

Desde la perspectiva energética, la región Andina concentra buena parte de la demanda nacional de electricidad y combustibles, aunque depende de corredores de transmisión y abastecimiento desde otras regiones, (IDEAM *et al.*, 2021). Por ello, la acción climática regional debe priorizar la descarbonización del transporte, la eficiencia energética en industria y edificaciones, la modernización de la gestión de residuos y la protección de ecosistemas estratégicos; en esa dirección avanzan instrumentos como el Plan Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático de Bogotá y el PAC Medellín 2020–2050, que apuntan a trayectorias de carbono-neutralidad y resiliencia urbana, (Gómez & Patarroyo, 2025c, 2025f; MADS, 2020).

7.5.3 Región Pacífica

La región Pacífica aporta alrededor del 13,2 % del PIB nacional, pero su estructura productiva está fuertemente concentrada en el Valle del Cauca, cuya base manufacturera, agroindustrial y logística asociada al puerto de Buenaventura explica buena parte del dinamismo económico regional, (DANE, 2023a, 2023b). Cauca y Nariño aportan desde la agricultura y algunas actividades agroindustriales, mientras Chocó mantiene una economía de menor escala, más dependiente de actividades extractivas, forestales y de servicios, en un contexto de alta pobreza, dispersión rural y débil conectividad física, (DANE, 2023e; IGAC, 2023).

Las emisiones regionales reflejan esta estructura combinada. En el Valle del Cauca predominan la industria manufacturera y el transporte, mientras que en departamentos como Nariño el análisis climático se relaciona más estrechamente con vulnerabilidad territorial, actividades agropecuarias, sistemas alimentarios y condiciones de conectividad, lo que evidencia que la región integra simultáneamente lógicas industriales, portuarias, rurales y forestales, (Gómez & Patarroyo, 2025g, 2025h; IDEAM, 2016). En conjunto, esto sugiere una combinación de emisiones del sector energía, especialmente transporte de carga, movilidad urbana y operación portuaria, con emisiones del sector AFOLU asociadas a cambios de usos del suelo, actividades agropecuarias y presión sobre bosques húmedos tropicales, (IDEAM, 2016; IDEAM *et al.*, 2021; Climate Watch, s. f.).

La región Pacífica tiene un IPM ponderado de 14,5 % y el coeficiente de Gini más alto entre las regiones con datos completos, con 0,529, mientras Chocó presenta uno de los niveles más altos de pobreza multidimensional del país, (DANE, 2022; CEPAL, 2022). Esta combinación de pobreza, desigualdad y fragilidad institucional se articula con conflictos por territorio, extracción de recursos, presencia de actores armados, infraestructura insuficiente y baja cobertura de servicios, lo que aumenta la exposición de las comunidades a los efectos del cambio climático y dificulta la implementación de medidas de mitigación y adaptación, (MADS, 2016).

Desde el punto de vista energético, el Pacífico alberga áreas conectadas al SIN y también zonas con soluciones locales o precarias, de modo que la transición energética regional exige tanto modernizar la base industrial y logística como ampliar el acceso a energía limpia y confiable para poblaciones rurales y dispersas, (MADS, 2020; IDEAM *et al.*, 2021). Por ello, la acción climática regional requiere una combinación de reconversión productiva, restauración ecológica, fortalecimiento institucional, mejora de la conectividad territorial y soluciones energéticas descentralizadas con enfoque de equidad territorial.

7.5.4 Región Orinoquía

La región Orinoquía, integrada por Arauca, Casanare, Meta y Vichada, presenta baja densidad poblacional y una estructura económica centrada en actividades agropecuarias, hidrocarburos y otras explotaciones extractivas, (DANE, 2021, 2023a). Esta combinación la posiciona como uno de los principales focos de expansión de la frontera agropecuaria y como territorio clave en la producción de petróleo y gas, lo que incide tanto en las emisiones del sector energía (incluidas emisiones fugitivas y combustión en actividades de hidrocarburos) como en las del sector AFOLU por cambios de uso del suelo, ampliación de pastizales y transformación de coberturas naturales, (IDEAM, 2016; IDEAM *et al.*, 2021; Climate Watch, s. f.).

El diagnóstico de Arauca confirma esta lógica regional (Gómez & Patarroyo, 2025b), al mostrar una articulación estrecha entre actividad extractiva, vulnerabilidad social, ruralidad dispersa y retos de adaptación climática, en un territorio donde la prestación de servicios, la cobertura institucional y la integración territorial siguen siendo limitadas, (Gómez & Patarroyo, 2025b). En términos de bienestar, la Orinoquía registra un IPM ponderado de 17,0 %, con niveles muy altos en departamentos como Vichada y Arauca, lo que revela carencias estructurales en trabajo formal, educación, servicios básicos y protección social, (DANE, 2022).

La conflictividad social regional se relaciona con disputas por tierras, presión sobre territorios rurales, economías ilegales y persistencia de dinámicas armadas, en un contexto donde la expansión de actividades agropecuarias y extractivas se superpone con debilidades del ordenamiento territorial, (MADS, 2016; IGAC, 2023). Por ello, la acción climática regional no puede limitarse a metas de reducción de emisiones, sino que debe integrar restauración de coberturas, gobernanza territorial, adaptación rural, seguridad hídrica y fortalecimiento institucional.

Desde el sistema energético, la región cumple una doble función: proveedora de hidrocarburos y, al mismo tiempo, territorio con amplias áreas rurales que requieren soluciones de electrificación y energías renovables distribuidas, (MADS, 2020; IDEAM *et al.*, 2021). Esto implica que la transición energética en la Orinoquía debe combinar la reducción progresiva de emisiones asociadas a hidrocarburos, la disminución de fugas y quemas, la modernización de usos energéticos rurales y la contención de la expansión agropecuaria sobre coberturas naturales.

7.5.5 Región Amazonía

La región Amazonía reúne alrededor de 1,1 millones de habitantes en un territorio predominantemente selvático, con fuerte presencia de pueblos indígenas y muy baja densidad poblacional, distribuida entre Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Putumayo y Vaupés, (DANE, 2021; IGAC, 2023). Su estructura productiva se basa en actividades agropecuarias, extractivas de pequeña y mediana escala y servicios, pero está atravesada por la función ecológica estratégica de sus bosques como sumideros de carbono y soporte de biodiversidad y regulación climática a escala nacional e internacional, (IDEAM, 2016; IDEAM *et al.*, 2021).

Desde el punto de vista de emisiones, la Amazonía ocupa un lugar central en el análisis de AFOLU y deforestación, dado que una proporción significativa de la pérdida reciente de bosque se concentra en departamentos del corredor amazónico y de transición con la Orinoquía, especialmente Caquetá, Guaviare y Putumayo, (IDEAM, 2024, s. f.; IDEAM *et al.*, 2021). El diagnóstico de Amazonas ayuda a precisar esta lógica, (Gómez & Patarroyo, 2025a): aunque el departamento tiene bajas emisiones netas en términos comparativos, el sector forestal domina su perfil de emisiones y la deforestación representa la principal fuente, mientras el uso de diésel en Zonas No Interconectadas y el consumo de leña en el sector residencial muestran cómo la dimensión energética sigue siendo relevante incluso en territorios de baja densidad, (Gómez & Patarroyo, 2025a; IDEAM, 2016).

La región presenta el IPM ponderado más alto del país, con 23,9 %, y valores extremos en departamentos como Vaupés, Guainía y Amazonas, lo que refleja múltiples privaciones en educación, salud, vivienda y trabajo, en territorios de difícil acceso donde la presencia institucional es limitada y la provisión de servicios básicos resulta costosa, (DANE, 2022; CEPAL, 2022). La conflictividad social integra disputas por tierras, expansión de la frontera agropecuaria, presencia de economías ilegales, presión sobre territorios indígenas y tensiones entre conservación y explotación económica, en un contexto de alta sensibilidad ecológica y cultural, (MADS, 2016; IDEAM, 2024; Gómez & Patarroyo, 2025a).

En términos energéticos, la Amazonía está marcada por la presencia de amplias Zonas No Interconectadas que dependen de generación local basada en diésel y, crecientemente, de iniciativas renovables descentralizadas, aunque con limitaciones de operación, mantenimiento y adecuación territorial, (Gómez & Patarroyo, 2025a; MADS, 2020). Por ello, la acción climática regional debe articular la política de cero-deforestación con soluciones de acceso energético sostenible, fortalecimiento de capacidades locales, participación efectiva de comunidades indígenas y protección de bosques como condición estructural de cualquier transición energética en la región, (IDEAM *et al.*, 2021; MADS, 2020; Gómez & Patarroyo, 2025a).

7.6 Síntesis

Colombia ha adoptado medidas relevantes para abordar el cambio climático, destacando su compromiso con las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC). Inicialmente, se propuso una reducción del 51 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para 2030. La Estrategia Climática E2050 enfatiza estos compromisos, buscando la carbono-neutralidad para 2050, cero deforestaciones al 2030 y protección del 30 % del territorio en 2022.

La transición energética en Colombia se configura como un proceso territorialmente diferenciado, condicionado por las profundas asimetrías regionales en estructuras productivas, sistemas energéticos, perfiles de emisiones y capacidades institucionales. La región Andina concentra las mayores emisiones asociadas al sector energía y al transporte, en un contexto de alta urbanización y demanda energética, mientras Amazonía y Orinoquía se caracterizan por un peso dominante de las emisiones del sector AFOLU y por dinámicas de deforestación y expansión de la frontera agropecuaria. En el Caribe y el Pacífico, las lógicas extractivas, portuarias, agroindustriales y rurales se combinan con altos niveles de pobreza y desigualdad, de manera que la transición energética no puede plantearse como un modelo homogéneo a escala nacional, sino como un conjunto de trayectorias regionales articuladas.

Estas diferencias se entrelazan con sistemas energéticos y niveles de acceso muy desiguales: mientras las principales áreas urbanas se integran a un sistema interconectado relativamente robusto, amplias zonas rurales en Amazonía, Orinoquía, Caribe y Pacífico dependen de soluciones locales basadas en diésel o en infraestructuras precarias, lo que obliga a que la transición combine descarbonización de la oferta existente con expansión del acceso a energía limpia mediante soluciones descentralizadas adaptadas al territorio. A ello se suman contextos de conflictividad social, presencia de economías ilegales, disputas por tierra y agua y debilidades en el ordenamiento territorial, que afectan de manera diferenciada la viabilidad y los costos de implementación de proyectos energéticos y climáticos, y que exigen fortalecer la gobernanza regional, la planificación multinivel y la participación de comunidades y autoridades locales. En este marco, los principales hallazgos de este capítulo señalan que la transición energética justa en Colombia requiere integrar mitigación, adaptación, reconversión productiva y justicia social, priorizando intervenciones según los perfiles regionales de emisiones y vulnerabilidad, y asegurando que los beneficios y cargas del proceso se distribuyan de forma más equitativa en el territorio nacional.

Referencias

- Banco Mundial. (2023). *Industria, valor agregado (% del PIB)*. Banco Mundial.
- CEPAL. (2022). *Panorama social de América Latina y el Caribe 2022*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Climate Watch. (s. f.). *Historical greenhouse gas emissions: Colombia and global data*. World Resources Institute. <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>
- DANE. (2021). *Proyecciones de población nacional y departamental, 2018-2050*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2022). *Pobreza monetaria y multidimensional en Colombia*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2023a). *Producto interno bruto por departamentos*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2023b). *Balanza comercial*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2023c). *Exportaciones*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2023d). *Importaciones*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

- DANE. (2023e). *Gran Encuesta Integrada de Hogares*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- FAO. (s. f.). FAOSTAT Emissions Totals. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT>
- Gómez, A., & Patarroyo León, K. J. (Eds.). (2025a). *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Amazonas*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Gómez, A., & Patarroyo León, K. J. (Eds.). (2025b). *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Arauca*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Gómez, A., & Patarroyo León, K. J. (Eds.). (2025c). *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Bogotá*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Gómez, A., & Patarroyo León, K. J. (Eds.). (2025d). *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Cesar*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Gómez, A., & Patarroyo León, K. J. (Eds.). (2025e). *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de La Guajira*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Gómez, A., & Patarroyo León, K. J. (Eds.). (2025f). *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Medellín*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Gómez, A., & Patarroyo León, K. J. (Eds.). (2025g). *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Nariño*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Gómez, A., & Patarroyo León, K. J. (Eds.). (2025h). *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Valle del Cauca*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- Gómez, A., & Patarroyo León, K. J. (Eds.). (2025i). *Transiciones hacia el desarrollo sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. Proyecto Nexos - Universidad Nacional de Colombia.
- IDEAM. (2016). *Inventario Nacional y Departamental de Gases de Efecto Invernadero - Colombia (INGEI)*. PuntoAparte Bookvertising.
- IDEAM. (2024). *Informe anual del monitoreo de bosque y la deforestación*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (s. f.). *Bosques y recurso forestal: Indicadores de superficie cubierta por bosque y tasa anual de deforestación*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM, Fundación Natura, PNUD, MADS, DNP, & Cancillería. (2021). *Tercer Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)*. Bogotá D. C., Colombia.
- IGAC. (2023). *Regionalización de Colombia*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Ley 1715. (2014). *Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>
- Ley 1964. (2019). *Por medio de la cual se promueve el uso de vehículos electrónicos en Colombia y se dictan otras disposiciones*. *Congreso de Colombia*. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30036636>
- Ley 2099. (2021). *Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=166326>

MADS. (2016). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

MADS. (2020). *Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC)*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Rodrik, D. (2015). *Premature deindustrialization*. National Bureau of Economic Research.

Weikert, F. (2021). *Infraestructura resiliente: Un imperativo para el desarrollo sostenible*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

8 Sistema energético

Santiago Fonseca Castro, Juan Pablo Wilches Cristiano, Kelly Johanna Patarroyo León y Alexander Gómez Mejía

En este capítulo se aborda integralmente el sistema energético nacional. Inicialmente, se describen los recursos energéticos primarios disponibles en Colombia, tanto renovables como fósiles, resaltando su potencial y la necesidad de una planificación estratégica que permita su aprovechamiento técnico sostenible. A continuación, se analiza la energía secundaria, con énfasis en la estructura eléctrica del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y las particularidades de las Zonas No Interconectadas (ZNI). Finalmente, se presentan otros elementos del sistema eléctrico, incluyendo el mercado minorista, la demanda y las tarifas, así como las estrategias de eficiencia energética y sostenibilidad.

8.1 Balance energético nacional

En esta sección se describe el Balance Energético Colombiano (BECO), representado en el diagrama de Sankey de la **figura 8-1**, elaborado a partir de información de la Unidad de Planeación Minero-Energética, (UPME, 2022). En esta figura se identifica la extracción, importación y exportación de energía primaria; los energéticos secundarios producidos en centros de transformación ubicados en el país, junto con las importaciones; y finalmente, el consumo final de energía por sectores del país.

8.1.1 Energía primaria

La extracción de energéticos primarios en 2021 se registró en 4341,8 PJ, con la participación de 37,7 % para el petróleo, 36,6 % el carbón, 15,5 % el gas natural, 5 % hidroenergía; y las fuentes renovables de energía, como la leña con 2,3 %, bagazo 2 % y otras 0,8 %. Adicionalmente, se importaron 15,4 PJ de energía, principalmente mediante petróleo 89 % y gas natural.

La exportación de energía primaria en 2021 se registró en 2624,3 PJ, que correspondió al 60,4 % del total de extracción de los energéticos primarios. De esta energía exportada, el 60,7 % correspondió a carbón y el restante a petróleo. El consumo interno de energía primaria en el país utilizó 1368 PJ en los centros de transformación de energéticos secundarios y 462,2 PJ fueron consumidos directamente en los sectores de uso final.

■ Carbón

La producción de carbón se realiza principalmente en los Departamentos de Cesar y La Guajira, representando cerca del 90 % de la producción nacional. En los últimos años la producción de carbón ha tenido una tendencia decreciente: 91,5 Mt producidas en 2017; 86,9 Mt en 2018; 54,4 Mt en 2020; 59,2 Mt en 2021 y 57,5 Mt en 2022. De igual forma, Colombia es un gran exportador de carbón, exportando en el año 2022 una magnitud de 60,9 Mt (teniendo en cuenta la variación de inventarios) con destino a países de la Unión Europea y el Reino Unido (26 %), Turquía (20 %), Brasil, Chile e Israel (7%, cada uno), entre otros (SIMCO, 2023).

■ Petróleo y gas natural

La producción de petróleo en el país ha disminuido desde el año 2017, con 312 MMbbl (millones de barriles de petróleo), 316 MMbbl en 2018, 323 MMbbl en 2019, 286 MMbbl en 2020, 269 MMbbl en 2021 y 275 MMbbl en 2022, (ANH, 2023). La relación de reservas sobre la producción (R/P) ha aumentado desde el 2017 desde 6,2 años, hasta 7,6 años en 2021 y 7,5 años en 2022, debido a la incorporación de nuevas reservas probadas, ya sea por descubrimientos, recobro mejorado, factores económicos, reclasificaciones o revisiones técnicas de reservas, (ANH, 2023).

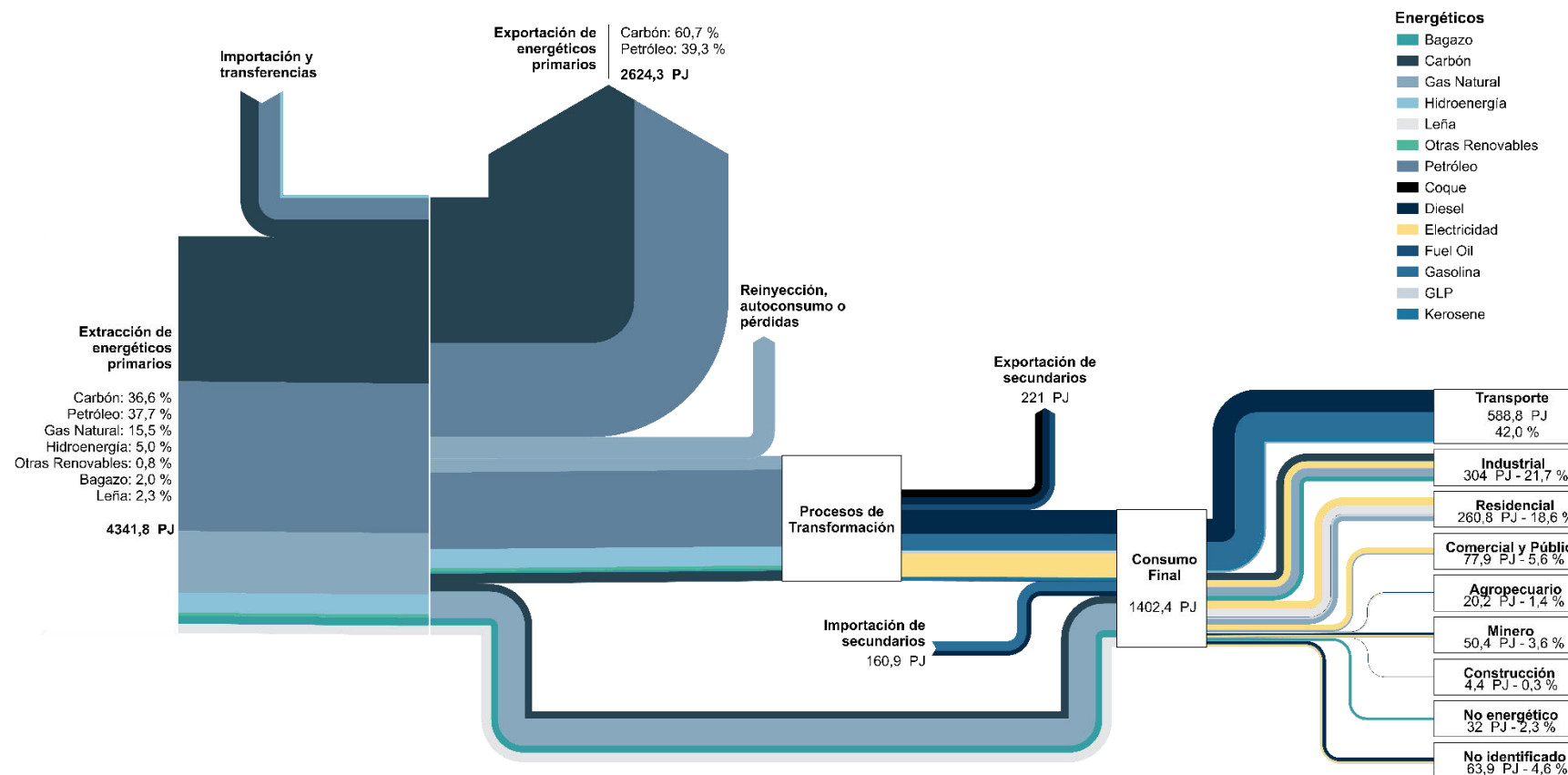


Figura 8-1: Diagrama de Sankey del Balance Energético Colombiano del año 2021. Fuente: elaboración propia con información de UPME (2022).

La producción de gas natural desde 2017 mostró una tendencia estable, con una producción de 10,17 Gm³ en 2017; 10,93 Gm³ en 2018; 11,07 Gm³ en 2019; 10,79 Gm³ en 2020; 11,19 Gm³ en 2021 y 11,10 Gm³ en 2022. Esta tendencia implica que en 2017 la relación R/P fuera de 10 años, en 2018 de 8 años y en 2022 de 7,2 años, (ANH, 2023).

- Leña y bagazo

El plan nacional de sustitución de leña reporta un consumo residencial de 5.818 kt de leña en 2019 y de 5.647 kt en 2021, (UPME, 2022). En la industria azucarera se reporta una producción de alrededor de 6 Mt de bagazo, el cual es destinado a la producción de papel y de generación de energía eléctrica, energía térmica y mecánica, (UPME, 2022).

8.1.2 Energía secundaria

La capacidad de refinación del país se concentra en las refinерías de Cartagena y de Barrancabermeja, con 206 kBD (miles de barriles diarios) y 213 kBD, respectivamente. A partir de ello, se cuenta con una capacidad de producción de alrededor de 87,3 kBD de gasolina; 151,5 kBD de diésel; 37,6 kBD de combustible de aviación (*jet fuel*) y 5,2 kBD de gas licuado de petróleo.

En cuanto a la producción de biocombustibles, en el país se produjo 680 kt de biodiésel y 285 kt de alcohol carburante en 2022; en el año 2021 fue de 644 kt de biodiesel y 299 kt de alcohol carburante, (SICOM, 2023).

8.1.3 Consumo final de energía

- Sector transporte

El sector transporte tiene el mayor consumo de energía final en el país. Según las estadísticas del RUNT para mayo de 2023, en el país se encontraban registrados 11,2 millones de motocicletas, 7,03 millones de vehículos (en todos los tipos) y 201,5 mil vehículos de maquinaria, remolques o semirremolques, (MinTransporte, 2023). De este parque automotor, se registraba el 30 % con un rango de edad entre 0 y 5 años, el 27 % entre 6 a 10 años, el 18 % entre 11 a 15 años y el 25 % con más de 16 años (RUNT, 2021). Adicionalmente, se reportó que de la totalidad de este parque automotor, el 93,5 % operaba con gasolina, el 4,3 % con diésel, 1,7 % eran híbridos, 0,4 % eléctricos y el 0,1 % restante usaba gas natural, (MinTransporte, 2021).

Según la información sectorial del balance energético colombiano para 2021 (ver **figura 8-2**), la mayor participación en la energía consumida en el sector se realiza por vehículos tipo camión con el 19 %, operando el 72 % con diésel, 26 % con gasolina y 2 % con gas natural. Luego se tiene el consumo de las motos con el 16 %, operando principalmente con gasolina. El consumo de los tractocamiones alcanza una participación del 13 % (en su mayor parte por diésel y una fracción por gas natural). El consumo de los automóviles tiene una participación del 12 % (principalmente a gasolina). Igualmente, el consumo de los buses es del 12 % (de los cuales el 70 % es diésel, el 27 % a gasolina y el 3 % a gas natural); y de los taxis con el 12 % (conformado el 66 % por gasolina, el 18 % por diésel y el 16 % por gas natural). La participación en el consumo de las camionetas alcanza el 6 % (siendo el 77 % a gasolina, el 21 % a diésel y el 2 % a gas natural). Los microbuses también tienen un consumo del 6 % del total (con 71 % diésel, 25 % gasolina y 3 % gas natural). Finalmente, con un 4 % de participación se encuentran las busetas, las cuales operan en un 72 % con diésel, 27 % con gasolina y 2 % con gas natural.

- Sector de energía térmica (calor para procesos)

El consumo final de energía térmica se concentra en usos de cocción, calentamiento directo e indirecto y en sistemas de refrigeración y aire acondicionado, que representan el 45 % de un consumo de 638 PJ en 2021 de los sectores residencial, industrial y comercial y público (UPME, 2021). Según información suministrada por el balance energético colombiano, se tiene la distribución de los servicios brindados por la energía térmica por sector:

Consumo de energía por tipo de vehículo
Total: 550,5 PJ

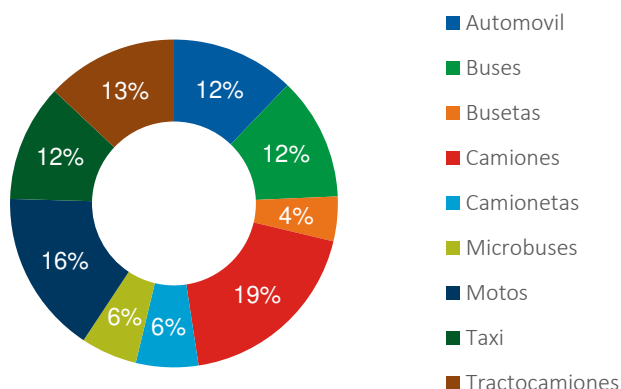


Figura 8-2. Consumo de energía por tipo de vehículo en 2021. Fuente: elaboración propia con información de UPME (2021).

Sector residencial: en este sector, el 67 % del consumo final de energía se realiza para la cocción de alimentos, el cual se realiza principalmente con leña (53 %), y en menor proporción con gas natural (33 %), gas licuado de petróleo (13 %) y electricidad (1 %). El calentamiento de agua del sector residencial representa 1 % del consumo y se realiza principalmente con electricidad (93 %) y gas natural (7 %).

Sector comercial y de servicios públicos: El 60 % del consumo final de energía se realiza para suplir servicios de calentamiento directo, indirecto y de refrigeración. El calentamiento indirecto se realiza usando únicamente gas natural, mientras que el calentamiento directo realiza un consumo energético equivalente entre el gas natural y el gas licuado de petróleo.

Sector industrial: los principales sectores industriales que representan el mayor consumo de energía ocurren en la producción de alimentos (30 %), coquización y refinerías (17 %) y en menor proporción, las industrias de fabricación de papel y cartón (9 %), junto con la producción de químicos (6 %), que requieren servicios de alta temperatura para sus procesos de producción. Así, dentro de la totalidad del sector industrial, los servicios de calentamiento directo e indirecto representan aproximadamente el 85 % de la energía requerida. El calentamiento indirecto (principalmente con vapor) representa el 41 % del consumo de energía, y se realiza de forma diversificada principalmente con bagazo (37 %), carbón (30 %), gas natural (21 %) y electricidad (9 %). Por otro lado, el calentamiento directo se realiza en su mayoría con gas natural (51 %), carbón (31 %) y en menor medida mediante electricidad (12 %) y bagazo (3 %).

8.1.4 Energía útil, ineficiencias y pérdidas

Los análisis de la eficiencia energética ofrecen un diagnóstico importante sobre el uso de la energía a nivel nacional. De acuerdo con el Balance Energético Colombiano, BECO, (UPME, 2021), se utiliza una fracción del 21 % como energía útil final en el sistema, entendida como la fracción de energía útil respecto al total de energía primaria producida (ver figura 8-3). Por otra parte, al analizar el aprovechamiento de la energía útil con respecto a la energía final disponible para el consumo (1.189 PJ), se obtiene una eficiencia del 34 %.

Al analizar el consumo de energía final por sectores mostrado en la figura 8-3, se identifica que los sectores de transporte y residencial son los que realizan un menor aprovechamiento de la energía, y se destaca la oportunidad de mejoramiento en reducción de pérdidas e ineficiencias, como se ilustra en la figura 8-4.

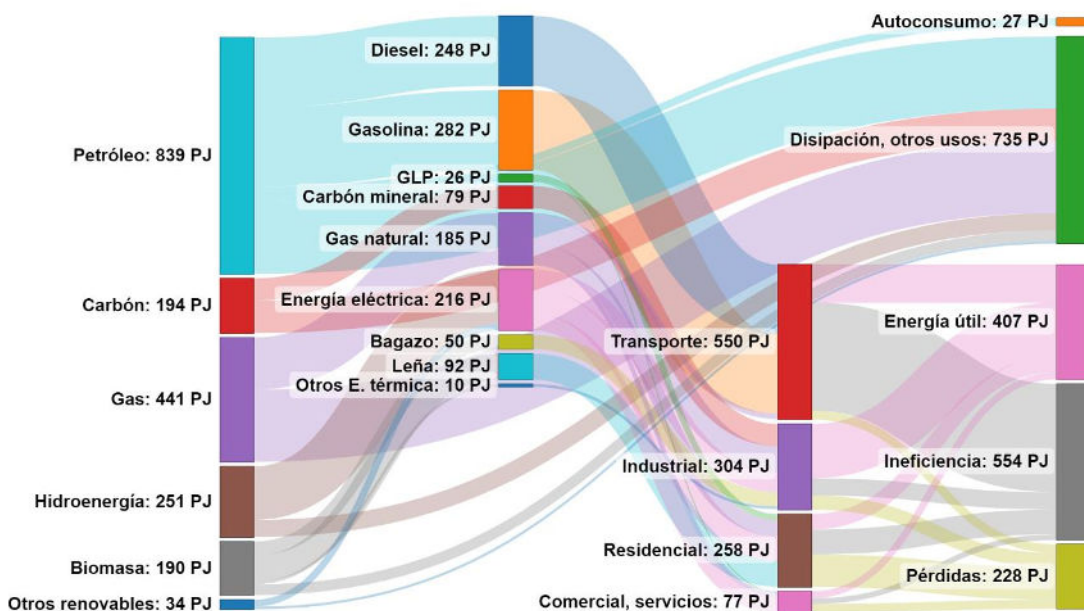


Figura 8-3. Diagrama de Sankey para el sistema energético colombiano en el año 2021. Fuente: elaboración propia con información de UPME (2021).

Energía útil por sectores de consumo

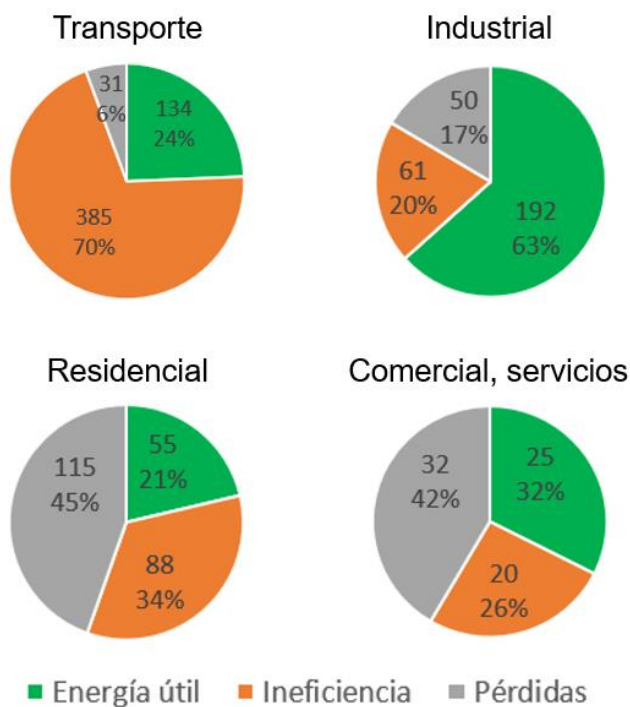


Figura 8-4. Aprovechamiento de la energía final por sectores de consumo. Fuente: elaboración propia con información de UPME (2021).

8.2 Generación de energía eléctrica

La capacidad instalada de energía eléctrica se compone de plantas de generación a partir de recursos solar, eólico, térmico, hidráulico y mediante cogeneración. El total de capacidad efectiva neta es de 19.024,2 MW en 2023 (ver **figura 8-5**). La energía hidráulica es el principal contribuidor con 12.584,08 MW instalados correspondiendo al 66 % de la matriz de generación. Le siguen las plantas térmicas con 5.816,33 MW instalados y una participación de 31 %. La matriz incluye generación basada en recurso solar con una capacidad instalada de 412,86 MW y una participación del 2 %, adicionalmente cogeneración con un 1 % de participación y 192.5 MW instalados y finalmente, energía eólica con una participación menor al 1 % y una planta de 18,42 MW, (XM, 2023). La generación de energía solar y eólica corresponde principalmente a plantas menores no despachadas centralmente.

La capacidad instalada en plantas menores para el 2023 fue de 1.418,8 MW de los cuales un 66 % es energía hidráulica con 929,56 MW instalados, seguido del total de capacidad de plantas solares instaladas con 368,63 MW representando el 26 % de capacidad del total de las plantas menores. Sigue la energía térmica con 102,2 MW y una participación del 7 % en la generación de plantas menores y 18,42 MW de energía eólica, representando el 1 % de la capacidad, (XM, 2023). Estas plantas no se despachan centralmente.

En el sector de generación se encuentran 7 agentes representativos que operan las hidroeléctricas de más de 20 MW. Cada agente posee un grupo de unidades que va desde 5 hasta 41 unidades. Estas unidades pueden estar asociadas geográficamente a diferentes plantas generadoras. El principal operador de generación es Empresas Públicas de Medellín, EPM, con un total de 41 unidades y 3.050,7 MW instalados. Le sigue ENEL Colombia con 20 unidades instaladas con capacidad total de aproximadamente 2.900 MW e ISAGEN con 2.755 MW instalados y 20 unidades de generación.

En la oferta de generación de electricidad con plantas térmicas se encuentran 17 agentes operadores de los cuales se resalta Termobarranquilla con 9 unidades y una capacidad bruta de más de 900 MW, Prime Termoflores con 5 unidades y aproximadamente 600 MW de capacidad bruta, Empresas Públicas de Medellín con aproximadamente 500 MW de capacidad bruta y 4 unidades, Generadora y Comercializadora del Caribe con 800 MW de capacidad bruta y 4 unidades y Celsia con 11 unidades y aproximadamente 350 MW de capacidad bruta.

Las plantas de generación con energía solar que existen en el SIN son plantas menores a 20 MW, que funcionan con tecnologías de inversores, en general con capacidad nominal menor a 0,5 MW. Dependiendo de la dimensión de la granja solar se usa un número significativo de inversores que puede ir desde 10 hasta 120 unidades. Algunas plantas cuentan con inversores de capacidad mayor a 1,5 MW, en estos casos el número de inversores disminuye significativamente, (ver la **figura 8-6**). Las plantas solares de capacidad menor no se despachan centralmente. Son operadas directamente por comercializadores o autogeneradores.

La **figura 8-7** presenta la distribución de frecuencia de la capacidad instalada para las plantas solares en Colombia. El 80 % de las plantas operando se encuentra en el rango entre [0 - 6] MW, [9 - 12 MW] y [21 - 24] MW siendo estas las más grandes. Actualmente en el sistema no se encuentran plantas con capacidad instalada por encima de los 30 MW.

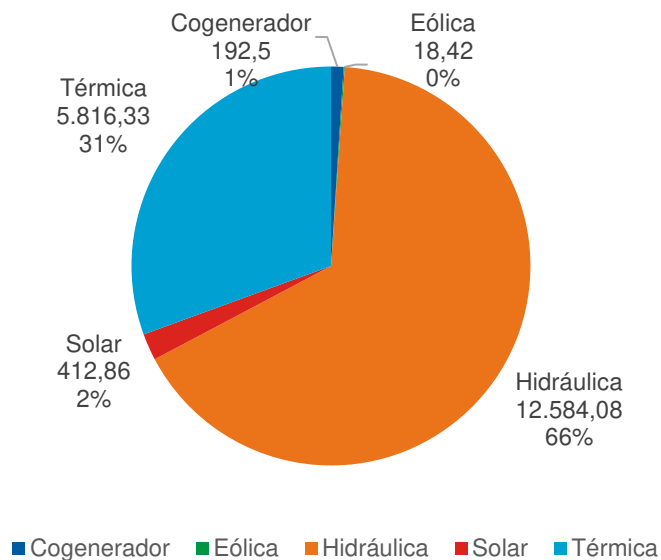


Figura 8-5. Capacidad instalada de generación eléctrica (en MW y participación %) en 2023. Fuente: elaboración propia con información de XM (2023).

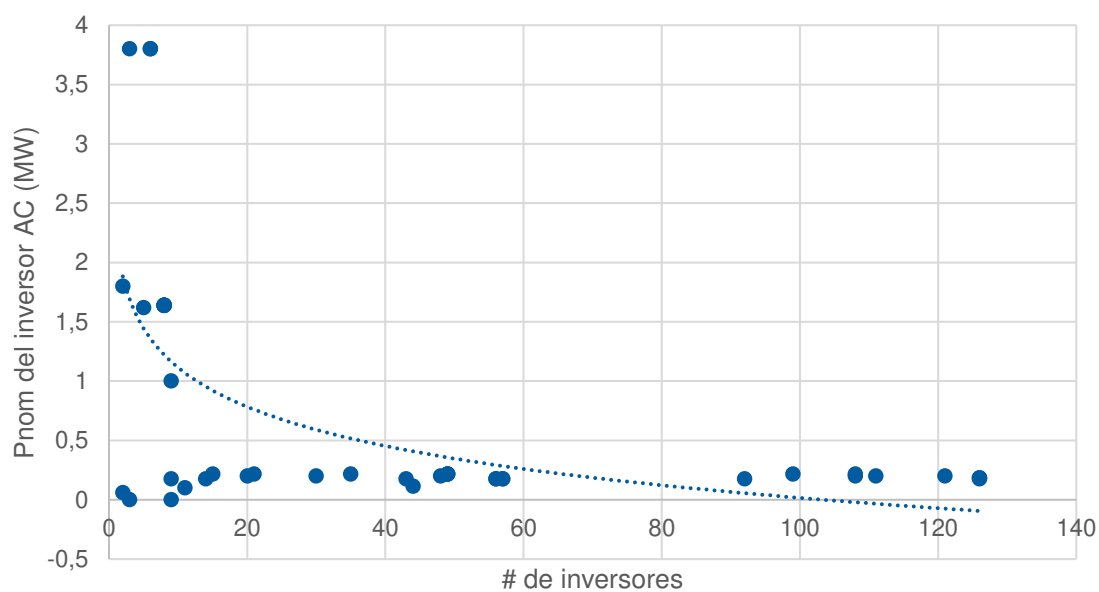


Figura 8-6. Potencia nominal de inversores en plantas solares por número de inversores utilizados por planta, año 2023. Fuente: elaboración propia con información de XM (2023).

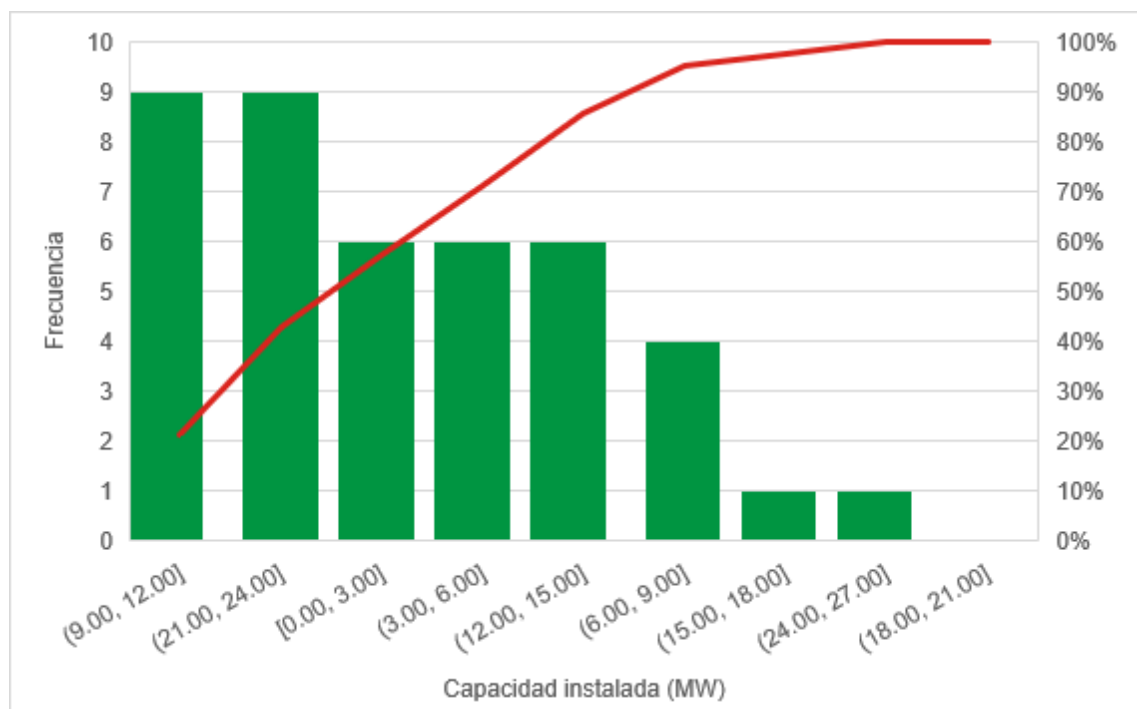


Figura 8-7. Diagrama de Pareto de la distribución frecuencial de capacidad instalada de las plantas solares por rango de capacidad. Fuente: Elaboración propia con información de XM (2023).

8.2.1 Proyectos de generación de electricidad

Los proyectos de generación de electricidad en el país sin importar su capacidad pueden registrarse voluntariamente en el aplicativo de registro de proyectos de la UPME para facilitar la identificación de opciones de abastecimiento de energía a costo mínimo y se utiliza como insumo fundamental para el plan de expansión de generación nacional. Los proyectos se pueden registrar de acuerdo con su etapa de desarrollo mediante tres fases. En la fase 1 se registran los proyectos en fase de prefactibilidad, donde se tiene un análisis técnico-económico de las alternativas de inversión, se identifican las restricciones al desarrollo del proyecto y las principales fuentes de financiación. En la fase 2, los proyectos de factibilidad, donde se selecciona la mejor alternativa de inversión, se analizan en detalle las condiciones del proyecto, se incluyen estimaciones de costos, dimensiones básicas, estudios de económicos, financieros y ambientales. En esta fase se decide si es viable o no realizar la inversión de ejecución del proyecto. En la fase 3, se registran proyectos con ingeniería de detalle. En esta fase, ya se tiene definido el diseño y actividades para la ejecución y operación, planos de detalle, especificaciones técnicas, montaje y puesta en marcha, cronograma de ejecución y presupuestos, (UPME, 2018b). La **figura 8-8** Presenta el consolidado del número de proyectos por tecnología entre 2007 y 2022.

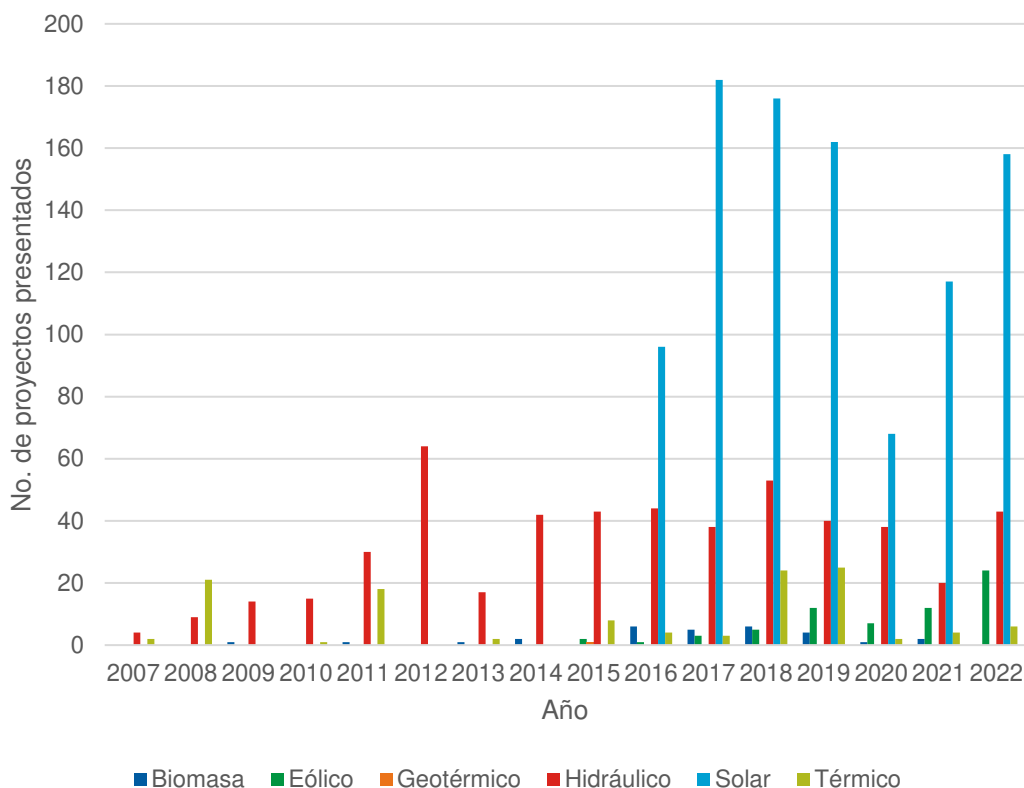


Figura 8-8. Cantidad de proyectos presentados por año por tecnología a corte de diciembre 30, 2022. Fuente: elaboración propia con información de UPME (2022).

Del total de proyectos presentados durante los últimos 15 años, el 57 % son de energía solar, con un total de 959 a partir de 2016. El promedio de proyectos presentados anualmente en energía solar está alrededor de 137. El porcentaje de proyectos de energía hidráulica presentado es del 30 % con 514 proyectos, iniciando en 2007. A partir de 2012, el promedio de proyectos anual es de 40. Los proyectos de energía térmica representan un 7 % del total de proyectos en el intervalo de tiempo. El total de proyectos de energía térmica es de 120, con proyectos iniciando en 2007. Los años con más proyectos de energía térmica son 2018 y 2019 con un promedio de 24 proyectos. El 4 % de proyectos presentados en este rango corresponde a proyectos de energía eólica por un total de 66 proyectos. En energía eólica se registran proyectos a partir de 2015, con la mayor cantidad de proyectos registrados (en promedio de 10 anuales) y en 2022 se presenta el mayor número, con 24 proyectos. Para biomasa se registra un total de 29 proyectos representando el 2 % de total de proyectos (en promedio se tiene 3 proyectos anuales). Los proyectos listados incluyen proyectos de gran capacidad y proyectos menores para todas las tecnologías. La tecnología de generación de energía a partir del recurso solar presenta un incremento significativo en comparación con otras tecnologías.

En la **figura 8-9** se presenta el registro de proyectos por departamento y tecnología con corte en la semana 27 de 2023. Los proyectos detallados se encuentran en fases 1 y 2 de desarrollo. Los proyectos registrados en fase 3 con fechas de entrada en operación 2023-2026 se encuentran en los departamentos de Caldas, Putumayo, Vaupés, Boyacá y Cundinamarca. En Caldas se presenta un proyecto de capacidad menor con 19,9 MW de capacidad y un proyecto de energía solar fotovoltaica con capacidad de 102 MW. En Boyacá y Cundinamarca se presentan 3 proyectos menores con capacidad de 9,9 MW cada uno. En Vaupés y Putumayo se presentan proyectos menores de energía solar fotovoltaica con capacidades de 7,6 y 9,9 MW, respectivamente. El proyecto más grande para entrar en ejecución está en caldas, con 102 MW de energía solar fotovoltaica.

En fase 2 se encuentran proyectos de eólica en tierra firme en La Guajira, Bolívar y Antioquia con una capacidad sumada de 1.427 MW. Adicionalmente, se encuentran en fase 2 proyectos de energía fotovoltaica con un total de 6350,9 MW. En gas natural se registran proyectos en Magdalena, Atlántico y Bolívar con un total de 822,22 MW. Las tecnologías incluyen ciclo abierto y ciclo combinado. También se presenta en fase 2 una planta de 25 MW de biomasa en ciclo abierto en Casanare. Para generación eléctrica con agua, en particular con la tecnología a filo de agua, se registran un total de 258 MW en los departamentos de Antioquia, Santander, Risaralda, Cauca y Tolima.

Los proyectos en fase 1 están principalmente enfocados en energía eólica en tierra firme y costa afuera por un total de 6413 MW en los departamentos de La Guajira, Magdalena, Atlántico y Bolívar. En biomasa se presentan dos proyectos menores de 4,9 MW cada uno, en Valle del Cauca y Atlántico, respectivamente. La tecnología es termoquímica (combustión) con recurso de residuos sólidos urbanos.

En generación hidráulica se presentan 4 proyectos de embalse en Caldas, Tolima y Antioquia con capacidades de más de 20 MW hasta 800 MW. Para la tecnología de filo de agua se presentan proyectos en Caldas, Antioquia, Santander, Valle del Cauca, Cauca, Quindío y Risaralda, con un total de 445 MW. La mayoría son proyectos menores exceptuando dos proyectos en Güepsa Santander, menor a 40 MW, y un proyecto en Antioquia, de 90 MW. En energía solar se presenta un total de 4051 MW de capacidad por proyectos. Existe una diferencia significativa en las fechas de ingreso de los proyectos de energía solar con respecto a los proyectos de energía eólica. Los grandes proyectos solares tienen fechas máximas de entrada en operación en 2027, entrando la mayoría en 2025, mientras que las fechas de entrada de los proyectos de eólica costa afuera son a partir de 2032 y las fechas de entrada más lejanas de proyectos eólicos en tierra firme son en 2027.

De forma integral por departamentos, en la **figura 8-9** se identifica que La Guajira tiene el mayor valor de capacidad a instalar, con más de 100 MW de energía solar y 4.000 MW de energía eólica. Es el principal departamento para la energía eólica, junto con Magdalena, Atlántico y Bolívar. Córdoba, Cesar y Tolima son los departamentos con mayor capacidad a instalar de generación solar fotovoltaica. Cauca es el departamento con mayor capacidad a instalar en energía hidráulica. Los proyectos de plantas térmicas de gas natural se encuentran principalmente en Atlántico, Valle del Cauca y Cesar. En total en las fases 1, 2 y 3 están registrados proyectos por un total de 21.399,5 MW, que para ese momento era superior a la capacidad de generación eléctrica instalada del país.

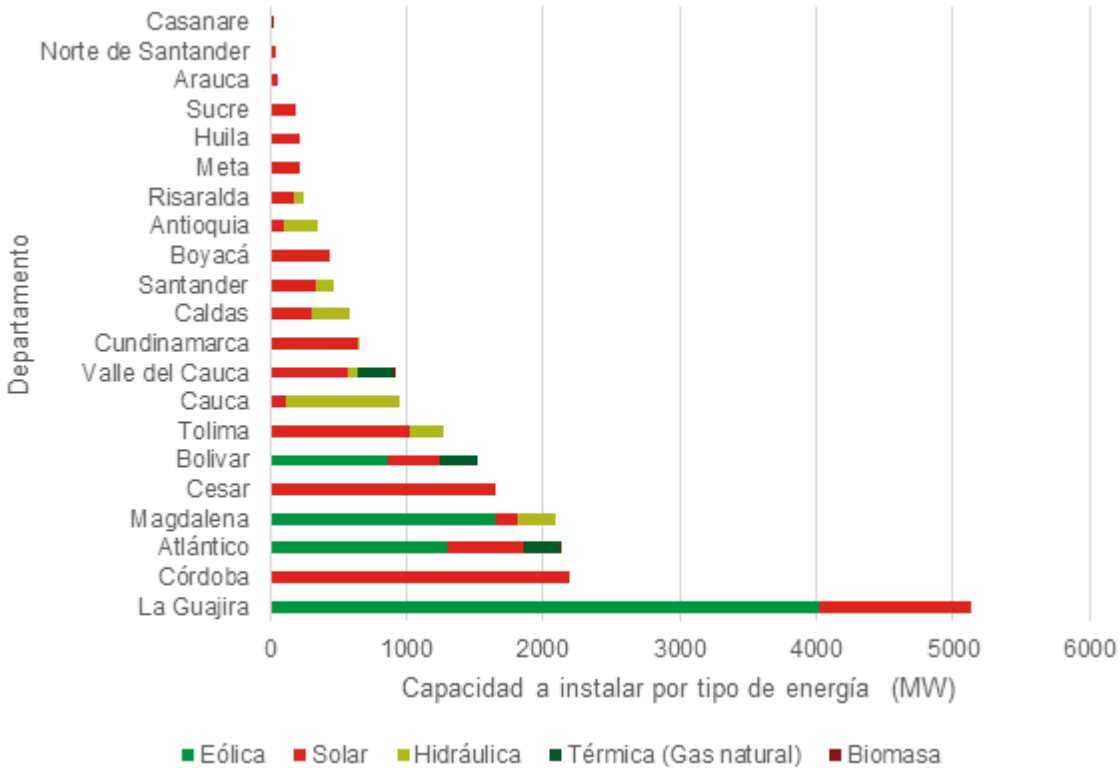


Figura 8-9. Capacidad por instalar en proyectos de generación para cada Departamento, categorizada por tecnología. Incluye todos los proyectos vigentes en fase 1, 2, y 3 con corte de la semana 27 de 2023. Fuente: elaboración propia con información de UPME (2023a).

8.3 Mercado de energía mayorista (MEM)

El mercado de energía mayorista es el mercado entre generadores y comercializadores colombianos de libre competencia, que involucra a los agentes de generación y comercialización de energía. El precio se determina de acuerdo con el equilibrio entre oferta y demanda. La participación en el mercado está sujeta al reglamento de operación de la Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG. La transmisión y distribución de la red se maneja por monopolios. Los generadores se dividen en generación mayor a 20 MW, plantas menores con capacidad de potencia < 20 MW y cogeneradores. Los generadores ofrecen la energía en el mercado y los comercializadores compran energía a los generadores de acuerdo con la demanda de electricidad que se requiere suplir. A nivel de comercialización se pueden tener generadores comercializadores, distribuidores comercializadores u comercializadores puros, que no participan en la distribución de la energía mediante la red eléctrica, como se presenta esquemáticamente en la figura 8-10.

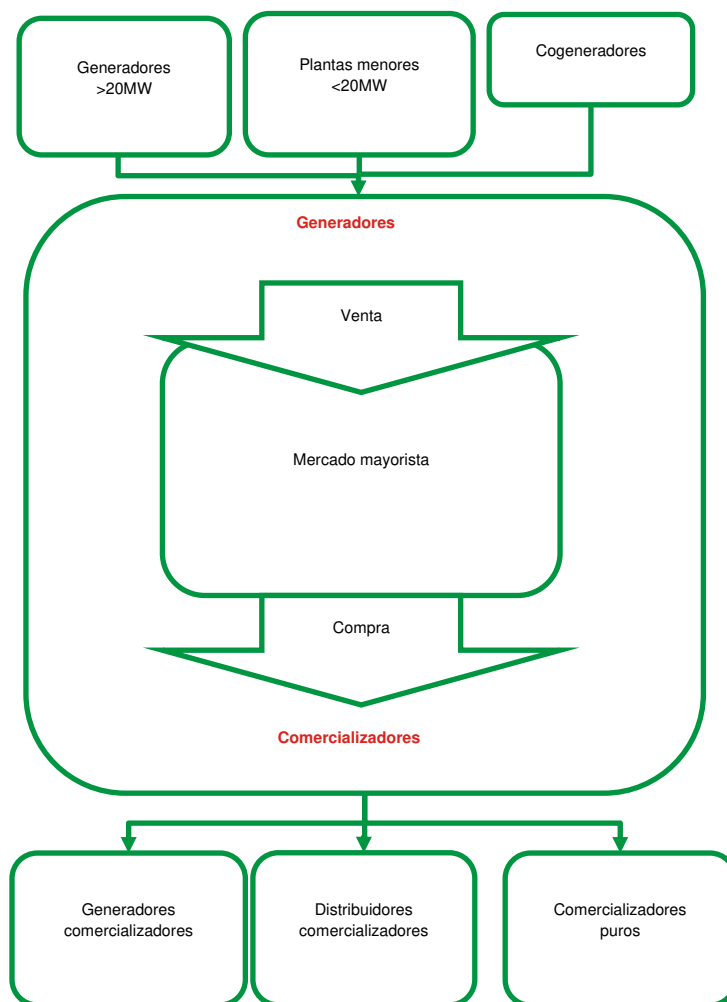


Figura 8-10. Esquema del mercado de energía mayorista (MEM) colombiano. Fuente: elaboración propia con información de CREG (2002).

El reglamento de operaciones del Sistema Interconectado Nacional, SIN, tiene la reglamentación de las actividades de operación medida, conexión y planeamiento de expansión del sistema. En la operación se tienen como actividades reglamentadas el planeamiento operativo, la programación del despacho y el despacho eléctrico. Las actividades de medida reglamentadas incluyen las fronteras comerciales, los sistemas de medición, las responsabilidades y reportes al operador. En conexión, las actividades reglamentadas son: libre acceso, requisitos técnicos, procedimientos, garantías y remuneración. En planeamiento de la operación se reglamentan los criterios de seguridad, criterios de confiabilidad, procedimientos y convocatorias.

En las transacciones del mercado mayorista se incluyen las ventas en la bolsa de energía, los contratos de largo plazo, las transacciones internacionales de energía (TIE) y el cargo por confiabilidad. En la bolsa de energía se trabaja con un mercado al contado (*spot*), con horario de transacciones autónomas que se realizan a través del Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales (ASIC). El despacho se realiza por méritos de precios y toda la energía del SIN se despacha en bolsa. El precio de bolsa es el precio marginal. Por otra parte, se tienen los contratos de largo plazo, que son contratos financieros más no físicos, que se puede realizar según el tipo de usuario (regulado o no regulado). Con usuarios no regulados la celebración del contrato es libre, mientras que con usuarios regulados se desarrolla una subasta de sobre cerrado. La negociación es bilateral. El registro y despacho se realiza a través de la ASIC. Las transacciones internacionales se rigen por el marco general decisión (CAN 536). El despacho se coordina con Ecuador

y se realizan transacciones entre mercados. Se trabaja con un único precio de bolsa y un precio de oferta en nodo de entrega. Finalmente se tienen las transacciones de cargo por confiabilidad donde se asignan obligaciones de energía firme con un plazo de un año para plantas existentes y hasta 20 años para plantas nuevas. La transacción se remunera con el precio de cierre de la subasta. Las obligaciones de energía firme corresponden a la entrega de energía en condiciones de escasez. Sirve como incentivo para la expansión del sistema de generación. Implica la construcción y operación de nuevos activos de generación. Es un cargo por confiabilidad con obligaciones de hasta 20 años con un pago constante de (\$/GWH) de energía firme. El cálculo de la energía firme depende del recurso y la unidad. En la **figura 8-11** se presentan las transacciones en el mercado de energía mayorista en abril de 2023. El precio en bolsa del kWh osciló entre \$150 y \$250 entre el año 2022 y 2023. Los contratos bilaterales presentan un valor mucho mayor para las transacciones con respecto a las realizadas en bolsa. Las transacciones en bolsa tienen una variabilidad alta comparada con los contratos bilaterales.

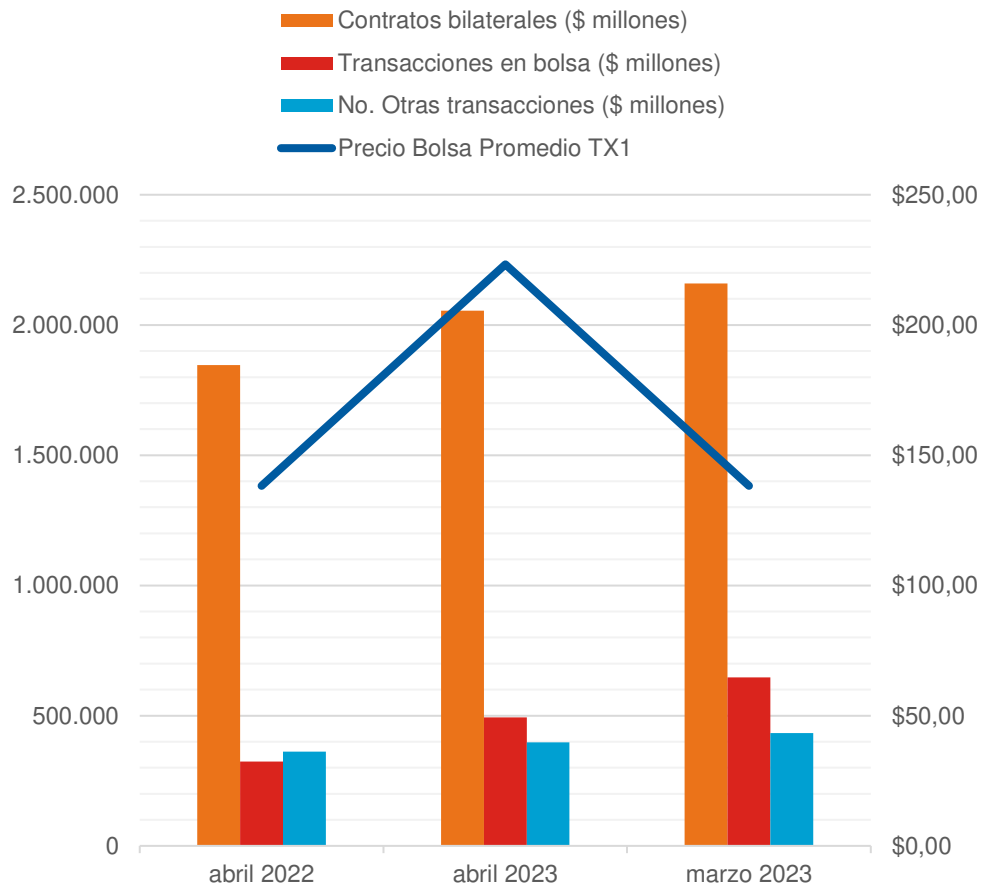


Figura 8-11. Transacciones del mercado de energía mayorista, abril 2023. Fuente: elaboración propia con información de Mercados de derivados de commodities energéticos, (Derivex, 2023).

8.4 Mercado de energía minorista

El mercado de energía minorista incluye a los usuarios finales. El mercado se divide en dos partes dependiendo de si los usuarios son regulados o no regulados. Los usuarios no regulados, de acuerdo con la resolución CREG 131 de 1998, son aquellos que tienen una demanda promedio mensual mayor a 0,1 MW durante 6 meses o una energía equivalente a 55 MWh/mes. Los usuarios deben tener un equipo de medición con telemedida y estar representados por un comercializador. Si decide hacer cambio al mercado regulado, debe permanecer allí por tres años. El mercado de

usuarios regulados es el mercado que se rige por la fórmula tarifaria que tiene componentes que definen el costo unitario del servicio. La fórmula tarifaria permite garantizar al usuario costos eficientes relacionados con toda la cadena productiva de electricidad, incluyendo costos de generación, transmisión, distribución, comercialización, pérdidas y restricciones.

La ecuación de la fórmula tarifaria se presenta a continuación,

$$cu_{v,n,m} = g_m + t_m + d_{n,m} + cv_m + pr_{n,m} + r_m,$$

$$cu_{fm} = cf_m,$$

donde $cu_{v,n,m}$ es el componente variable de la fórmula para el nivel de tensión n en el mes m ; cu_{fm} es el componente fijo de la tarifa, que usualmente es cero; n es el nivel de tensión de conexión del usuario; m es el mes para el cual se calcula el costo; g_m es el costo de compra de energía del comercializador, que es independiente del sitio donde se genera. Esta energía puede comprarse tanto en el mercado al contado (*spot*), como en contratos bilaterales. La variable t_m corresponde al costo del transporte de energía desde las plantas de generación hasta las redes de interconexión regionales. El costo no depende de la ubicación del usuario. La metodología para el cobro está definida en la Resolución 011 de 2009 de la CREG. XM liquida y factura al comercializador los cargos representados por esta variable. La variable $d_{n,m}$ corresponde al costo de transportar la energía desde el sistema de transmisión nacional hasta el usuario final; depende del nivel de tensión y del operador de red que atienda al usuario y su ubicación geográfico. Los cargos son definidos por la red y la metodología de cálculo se rige por la resolución CREG 097 de 2008. El distribuidor liquida y factura los cargos al comercializador y el comercializador transfiere todo el costo al usuario. La variable cv_m incluye los costos de las variables de comercialización como son facturación, lectura, atención y reclamos. La variable $pr_{n,m}$ representa los costos de pérdidas de energía y pérdidas de transporte, se liquidan desde el comercializador de acuerdo con los factores de pérdidas aceptados por la CREG. Finalmente r_m , corresponde a los costos por restricciones de generación. Por otra parte, el mercado de usuarios no regulados es donde los usuarios pueden elegir un comercializador y negociar con este directamente los precios de generación y comercialización de la energía. Los demás costos se transfieren directamente al usuario.

El mercado incluye subsidios al costo de prestación del servicio para los usuarios en estratos uno, dos y tres. Con porcentajes de subsidios del 60 %, 50 % y 15 %, respectivamente. Los usuarios de estrato cuatro no reciben subsidios ni pagan contribuciones; igualmente no lo hacen los sectores de salud, educación y asistenciales. Los usuarios de estratos cinco y seis y los usuarios del sector comercial contribuyen con un sobre costo del 20 % en la prestación del servicio. Los subsidios se aplican al consumo de subsistencia que se define dependiendo de la altitud de la ubicación geográfica del usuario; así, para usuarios ubicados en zonas con una altitud menor a 1000 metros sobre el nivel del mar el consumo de subsistencia es de 173 KWh/mes y para usuarios cuya ubicación geográfica está a una altitud mayor o igual a 1000 metros sobre el nivel del mar, el consumo de subsistencia es de 130 kWh/mes (OLADE, 2013).

La demanda de energía de usuarios regulados del SIN para los años 2015-2021 se presenta en la **figura 8-12**. La demanda de energía eléctrica por sectores presenta variaciones anuales aproximadamente constantes en proporción. La variación promedio anual en el sector residencial es de 2.8 % con un incremento alto del 11.2 % en 2020, que correspondió a la pandemia. Adicionalmente, la demanda de electricidad creció en el sector comercial y de servicios públicos este mismo año en 13.5 %. Correspondientemente, el sector industrial y el consumo clasificado como ‘otros’ disminuyó en -9,5 % y 21,4 %, respectivamente. Para el año 2021 La demanda de electricidad en el sector industrial aumento en un 7.1 %. Esto pudo deberse a la salida del aislamiento de la pandemia.

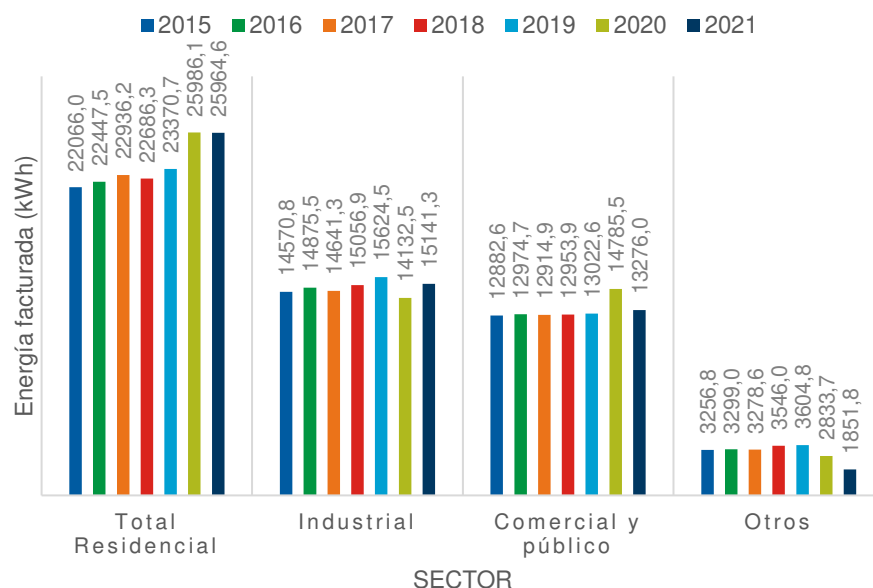


Figura 8-12. Comportamiento de la demanda de electricidad de los usuarios regulados entre 2015-2021. Fuente: elaboración propia con información de SSPD (2023).

La demanda en el sector comercial disminuyó significativamente ese año en un porcentaje de -10,2 %. El sector ‘otros’ continuó disminuyendo. Los sectores industrial, residencial, comercial y oficial aumentaron en promedio durante el periodo de tiempo estudiado, pero no ocurrió así en el sector denominado ‘otros’, (ver la **tabla 8-1**).

Tabla 8-1. Variación anual de la demanda de electricidad por sectores.

Año	Variación anual sector residencial (%)	Variación anual sector industrial (%)	Variación anual sector comercial y público (%)	Variación anual sector otros (%)
2016	1.7	2.1	0.7	1.3
2017	2.2	-1.6	-0.5	-0.6
2018	-1.1	2.8	0.3	8.2
2019	3.0	3.8	0.5	1.7
2020	11.2	-9.5	13.5	-21.4
2021	-0.1	7.1	-10.2	-34.7
Promedio	2.8	0.8	0.7	-7.6

Fuente: elaboración propia con información de SSPD (2023).

La tarifa media anual por sectores se presenta en la **tabla 8-2**. La tarifa media está en el rango entre \$ 516.72 y \$ 539.3 por kWh para los sectores residencial, comercial, oficial y otros durante los últimos 5 años. En el sector industrial la tarifa promedio es más baja (cerca de \$ 100 menor), siendo \$ 459.5 en promedio el valor del kWh en el periodo 2018-2021. El mayor incremento en la tarifa se presentó en 2020, con un incremento del 17,5 % para el sector oficial, disminuyendo de nuevo en 2021. Las tarifas han aumentado en promedio por sector alrededor de \$ 30 /kWh. La tarifa tiene un carácter integral e incluye condiciones de calidad y grado de cobertura del servicio. De existir cambios en la calidad de la electricidad o la cobertura del servicio que garantice la CREG, las tarifas deberán modificarse, (OLADE, 2013).

Tabla 8-2. Tarifa media de electricidad por sectores por año y porcentaje de variación anual por sector.

Año	Residencial		Industrial		Comercial		Oficial		Otros	
	Variación anual (%)	Tarifa media (\$/kWh)	Variación anual (%)	Tarifa media (\$/kWh)	Variación anual (%)	Tarifa media (\$/kWh)	Variación anual (%)	Tarifa media (\$/kWh)	Variación anual (%)	Tarifa media (\$/kWh)
2018	6,0	523,3	8,0	426,0	13,8	516,3	16,6	541,5	2,7	521,0
2019	5,4	551,4	5,0	447,9	-4,3	493,9	-5,7	510,9	6,9	556,7
2020	-4,4	527,2	11,0	496,1	9,4	540,4	17,5	600,3	2,2	569,0
2021	3,7	546,8	-6,0	467,9	-4,5	516,3	-11,6	530,9	-10,3	510,4
Promedio	2,7	537,2	4,4	459,5	3,6	516,72	4,2	545,9	0,4	539,3

Fuente: elaboración propia con información de SSPD (2023)

El índice de cobertura de energía eléctrica, ICEE, es un índice que indica el porcentaje de cobertura de electricidad por municipio por sector urbano y sector rural. El índice se puede agrupar por departamento y describir la cobertura total del servicio de electricidad en el departamento. Los departamentos con menor índice de cobertura son La Guajira, Vaupés y Vichada con coberturas menores al 60 %. Los departamentos con mayor índice de cobertura son Bogotá D.E., Risaralda, Quindío, Caldas y San Andrés con Índices de cobertura aproximados a 100 %. Los departamentos de Chocó, Amazonas, Putumayo, Guaviare y Guainía tienen coberturas entre el 60 a 80 %. Los demás departamentos cuentan con coberturas entre el 80 - 100 %.

El ICEE puede desagregarse en los sectores rural y urbano, como se muestra en la **figura 8-13**. El índice de cobertura urbano está en la gran mayoría de municipios por encima del 80 %; el ICEE rural presenta una mayor dispersión encontrándose municipios con índices elevados de cobertura urbana, pero nula cobertura rural. Y finalmente se encuentran municipios con índices de cobertura rural y urbana muy bajos. Los municipios con los ICEE más bajos son Pedraza y Pueblo Viejo, en Magdalena, y Norosí, en Bolívar.

8.5 Sistema Interconectado Nacional (SIN)

El Sistema Interconectado Nacional, SIN, está conformado por todas las líneas de transmisión de electricidad y sus subestaciones a nivel nacional. Mediante este sistema se transporta la energía eléctrica desde los grandes centros de generación hasta los puntos de consumo. El SIN integra todos los agentes de la cadena productiva (incluyendo generadores, transmisores, distribuidores y comercializadores) buscando garantizar que se brinde el servicio de electricidad en todas las regiones del país las 24 horas del día, durante todo el año. El sistema lo componen 293 agentes, distribuidos aproximadamente en el 35 % de generadores, el 5 % de transportadores, el 13 % de distribuidores y el 47 % de comercializadores. Los agentes generadores son los encargados de operar las plantas de generación eléctrica proveniente de diferentes fuentes de energía como hidráulica, térmica, solar, eólica y cogeneración. El SIN se compone de 25.792 km de redes de energía. La red de interconexión se divide en el Sistema de Transmisión Nacional (STN), donde las redes operan a tensiones superiores a 220 kV y el Sistema de Transmisión Regional (STR), donde las redes operan a tensiones entre 110 kV y 220 kV. En el STN se cuenta con 3.654 km de redes a nivel de tensión de 500 kV y 10.958 km a tensión de 230 kV. La capacidad de transporte de las líneas de transmisión del SIN esta en el rango entre 305 A y 1.880 A para líneas de 230 kV. Para las líneas de 500 kV está entre 878 y 2.476 A, como se muestra globalmente para lo aquí descrito en la **figura 8-14**.

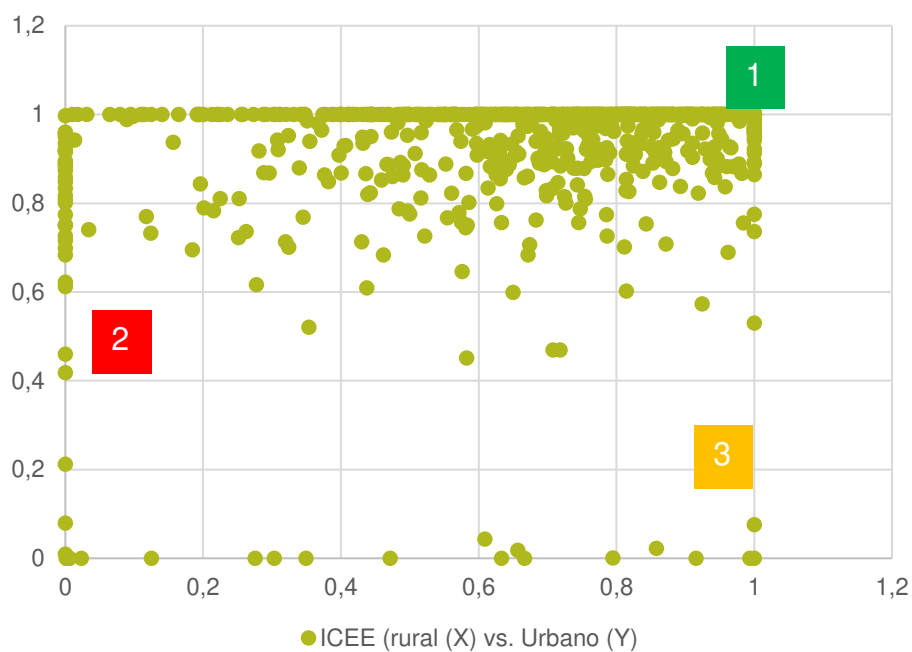


Figura 8-13. Índice de cobertura de energía eléctrica, ICCE, por municipio, comparando el índice rural vs. urbano. Los municipios se dividen en 3 grupos: municipios con cobertura urbana y rural aceptable; municipios con cobertura urbana aceptable, pero cobertura rural deficiente y municipios con cobertura rural y urbana deficiente. Fuente: elaboración propia con información de UPME (2018a).

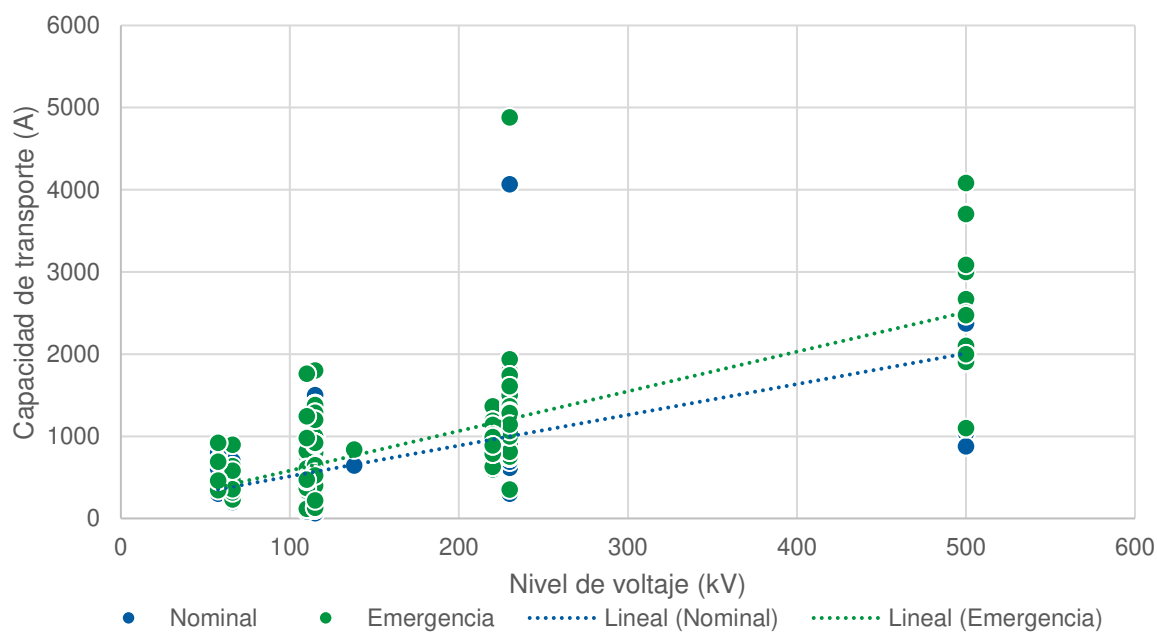


Figura 8-14. Capacidad de transporte líneas de transmisión del SIN para 2023. Niveles de voltaje 500 kV, 220 kV, 230 kV, 138 kV, 115 kV, 110 kV, 66 kV, 57.5 kV. Fuente: elaboración propia con información de XM (2023).

En el STR se cuenta con 2.668 km de redes a tensión de 220 kV, 8.335 km a tensión de 115 kV y 3.814 km a tensión de 110 kV, (XM,2023). El SIN cuenta con estaciones de transformación a tensiones de 500 kV, 230 kV y 220 kV. Para 550 kV se cuenta con 9 subestaciones con capacidad de corriente nominal en cada una de 1.125 amperios. Al nivel de tensión de 230 kV se cuenta con 38 subestaciones, con capacidades de corriente entre alrededor de 2.000 A y, en algunos casos, hasta 4000 A, como se presenta en la **figura 8-15**. Adicionalmente, el SIN incluye interconexiones internacionales con Ecuador y Venezuela. La interconexión con Ecuador se realiza en el departamento de Nariño y de 230 kV y capacidades de 360 MW de importaciones y 500 MW de exportaciones. Por otra parte, se tiene la interconexión a 138 kV con importaciones y exportaciones de 35 MW. La interconexión de red eléctrica con Venezuela se da en dos regiones: entre la estación de Cuestecita de 220 kV en La Guajira y la estación Cuatricentenario, en Zulia, Venezuela, y entre la estación San Mateo en Colombia y la estación Coroza, en Venezuela. Las líneas de interconexión eléctrica con Venezuela se encuentran en estado no operativo. El SIN es operado y administrado por XM desde el Centro Nacional de Despacho (CND), que se encarga de planear, programar, coordinar supervisar y controlar la operación diaria integrada de la generación y transmisión del SIN.

Junto con XM, diferentes entidades del Gobierno nacional participan en la gestión del SIN. Entre estas se encuentra la dirección de este, a cargo del Gobierno Nacional a través del Ministerio de Minas y Energía. En la planeación se encuentra como encargado la Unidad de Planeación Minero-Energética, UPME, y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas, IPSE. La regulación del sistema la realiza la comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG. El control y vigilancia del sistema lo realiza la Superservicios y la Superintendencia de Industria y Comercio. La verificación técnica de las operaciones se hace por parte del Consejo Nacional de Operación. La coordinación sectorial y seguimiento lo realiza la Comisión Asesora para el Seguimiento de la Situación Energética, CACSSE, (Celsia, 2021).

Las redes y equipos que operan a tensiones menores a 220 kV hacen parte de la actividad de distribución de energía eléctrica, cuya función principal es transportar la energía eléctrica hasta los puntos de uso final. La red de distribución se compone de los Sistemas de Transmisión Regional y los Sistemas de Distribución Local (SDL). Los sistemas de distribución operan a niveles de tensión más bajos que el STN, siendo en particular de valores de 11,4 kV; 13,2 kV; 34,5 kV; y 208 kV, clasificados en cuatro grupos de tensión: el nivel de tensión 1 es menor a 1 kV, el nivel de tensión 2, en el rango entre (1 - 30) kV; el nivel de tensión 3 en el rango (30 - 57,5) kV; y el nivel de tensión 4, en el rango entre (57,5 - 220) kV. Los grupos de los niveles 1, 2 y 3 corresponden al SDL y el nivel de tensión 4 a los STR. En el nivel de tensión 1 están conectados la mayoría de los usuarios residenciales y es el nivel en el cual se operan equipos e instalaciones. Los SDL recorren distancias cortas entre municipios dentro de las regiones y las viviendas e instalaciones ubicados dentro de los municipios. El STR cubre mayores distancias, requiere transportar la electricidad a tensiones más altas que los SDL e interconectan internamente las regiones. La interconexión entre los diferentes sistemas y diferentes niveles de tensión se hace mediante el uso de transformadores que cambian los niveles de tensión de un valor a otro. Adicionalmente se utilizan otros equipos para protección del sistema, como los equipos de desconexión que interrumpen el flujo de energía si fuera necesario, equipos de compensación para mejorar la estabilidad del sistema, equipos de protección que desconectan equipos de requerirse y equipos de control que monitorean el estado del sistema, por sus variables y ubicación de equipos. Dentro de las actividades a realizar por parte de los agentes distribuidores se encuentra la supervisión de la operación, ejecución de maniobras de mantenimiento, cumplimiento de órdenes del operador del sistema, realización de estudios, coordinación con otros agentes para la operación del sistema, ejecución de mantenimientos preventivos y acciones para reestablecer servicio en caso de falla, (CREG, 2017).

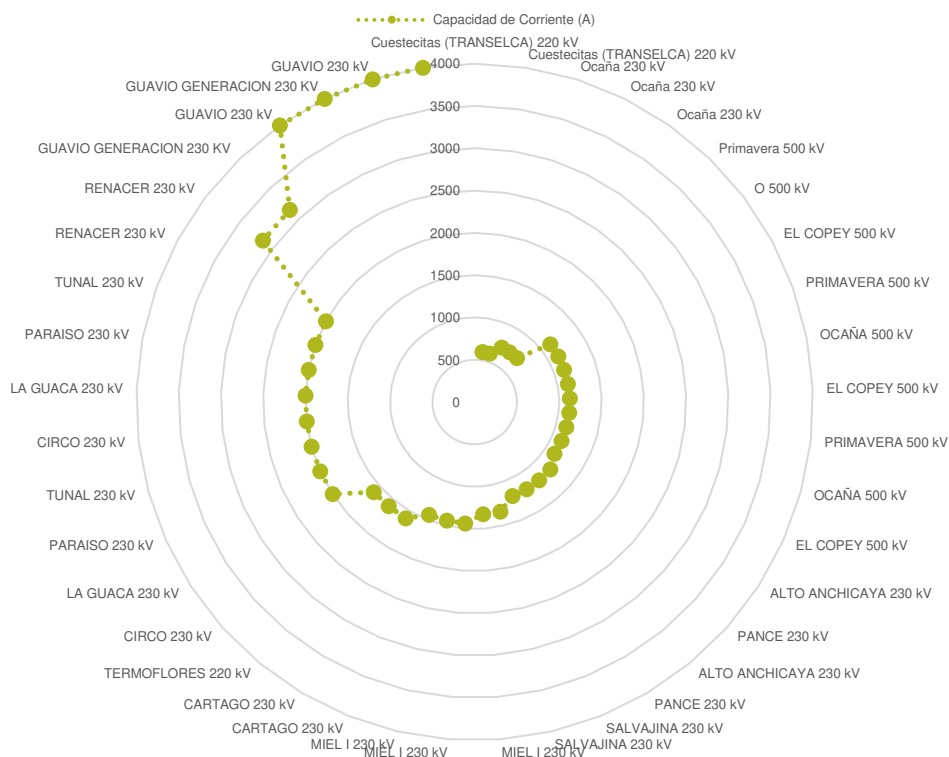


Figura 8-15. Capacidad de corriente de bahías de acople de subestación del SIN en 2023. Niveles de voltaje 500 kV, 230 kV, 220 kV. Fuente: elaboración propia con información de XM (2023).

8.6 Zonas no interconectadas

Las Zonas No Interconectadas (ZNI) corresponden a los municipios o localidades en los cuales no se tiene una interconexión eléctrica con el SIN. Las ZNI del país abarcan un 52 % del territorio. Para el año 2020, 16 departamentos contaban con ZNI, así: Amazonas, Bolívar, Chocó, La Guajira, Putumayo, Vichada, Antioquia, Caquetá, Guainía, Meta, Valle del Cauca, Archipiélago de San Andrés, Cauca, Guaviare, Nariño, Vaupés. Estas zonas se encuentran desconectadas debido a sus bajas tasas de densidad demográfica y a dificultades técnicas, ambientales o sociales para su articulación al SIN. La densidad poblacional en estas zonas puede ser del orden de 1 habitante/km², que contrasta con una densidad demográfica de 44 habitantes/km² en los territorios conectados al SIN. Debido a estas condiciones, la viabilidad técnica y económica de proyectos de interconexión en estas zonas es limitado y ello se intenta priorizar las soluciones individuales basadas en combustibles o fuentes no convencionales de energía renovable, FNCER, que son favorables ante condiciones restrictivas de tipo ambiental y social. Adicionalmente, estas zonas tienen índices de necesidades básicas insatisfechas altos, donde los usuarios no cuentan con los recursos económicos suficientes para sostener el servicio. En las ZNI, el servicio de electricidad se ha prestado principalmente con la generación de energía mediante plantas diésel y, más recientemente, mediante paneles solares y pequeñas centrales hidroeléctricas a filo de agua, (SSPD, 2021). Las empresas prestadoras de servicio en estas zonas tienen una metodología tarifaria especial y pueden desarrollar en forma integrada los servicios de generación, distribución y comercialización, (CREG, 2013).

El número de usuarios comerciales y oficiales se mantiene aproximadamente constante en las ZNI, como se muestra en la **figura 8-16**, con una cantidad de usuarios significativamente inferior que los correspondientes al SIN.

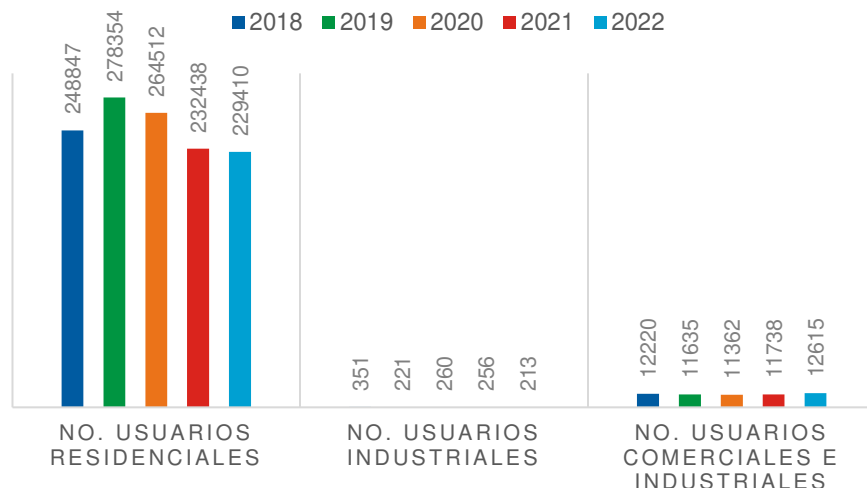


Figura 8-16. Número de usuarios total nacional del servicio de electricidad en ZNI por sectores para los años 2018-2022- Fuente: elaboración propia con información de SSPD (2023).

El total de usuarios del servicio de electricidad en las ZNI para 2022 fue de 242.238, con un 94,7 % pertenecientes al del sector residencial, 5,2 % al sector comercial y oficial y 0,1 % al sector industrial. La variación de usuarios en el sector residencial fue 11,8 % en 2019, -4,9 % en 2020, y -12 % en 2021.

La demanda de electricidad ha venido disminuyendo considerablemente desde 2020, año en que ocurrió la pandemia del COVID. Esta demanda es significativamente menor a la demanda de electricidad que se tiene en el SIN. Para 2022, la demanda de electricidad residencial fue de aproximadamente 212 GWh-año. Desde 2018, las variaciones en la energía facturada en el sector residencial se mantienen en un rango entre 212 y 225 GWh. Los valores de energía facturada anualmente para el sector comercial y oficial presentan variaciones importantes para 2020. Aunque el sector comercial y oficial es significativamente menor en número de usuarios respecto al sector residencial, la energía facturada por el sector es bastante alta. Para el 2022, el total de la energía facturada en las ZNI a nivel nacional fue aproximadamente de 398,27 GWh-año. De este total, el 53,2 % fue energía facturada al sector residencial, el 45,6 % al sector comercial y oficial, y el 1,14 % al sector industrial. En la **figura 8-17** se presenta la evolución de la energía facturada en zonas no interconectadas para los años 2018 a 2022. El sector industrial presenta un valor de facturación muy bajo en las ZNI, que no cambia en el tiempo.

La electricidad disponible en todas las ZNI se genera principalmente mediante plantas diésel. El costo de generación por zona no se encuentra bien correlacionado con el precio del galón de gasolina en los centros de acopio, como se muestra en la **figura 8-18**. El costo del kWh en las ZNI oscila en el rango entre \$ 800 y \$ 1825 en 2022. También se tiene un intervalo amplio de variación para los precios de la gasolina para estas zonas en 2022, como también lo indica la **figura 8-18**. Los principales centros de acopio para la compra de combustible se encuentran en los municipios de Buenaventura, Buga, Aguacalara, Pereira, Jumbo, Tocancipá y La María (Medellín), como se presenta en la **figura 8-19**. Buenaventura es el centro de acopio de compra de combustibles para aproximadamente 1000 plantas de generación correspondientes a las ZNI de la región Pacífico. Junto con Aguacalara, Buga y Jumbo suplen más de 1800 puntos de generación de las ZNI. En la región cafetera se encuentran Pereira y Medellín, supliendo más de 190 puntos de generación con plantas diésel y en la región central se encuentra Tocancipá, que suple 9 puntos de generación de electricidad registrados en ZNI. A partir de la información del suministro de combustibles y su ubicación geográfica se confirma el alto porcentaje de áreas de las ZNI ubicado en la región del Pacífico.

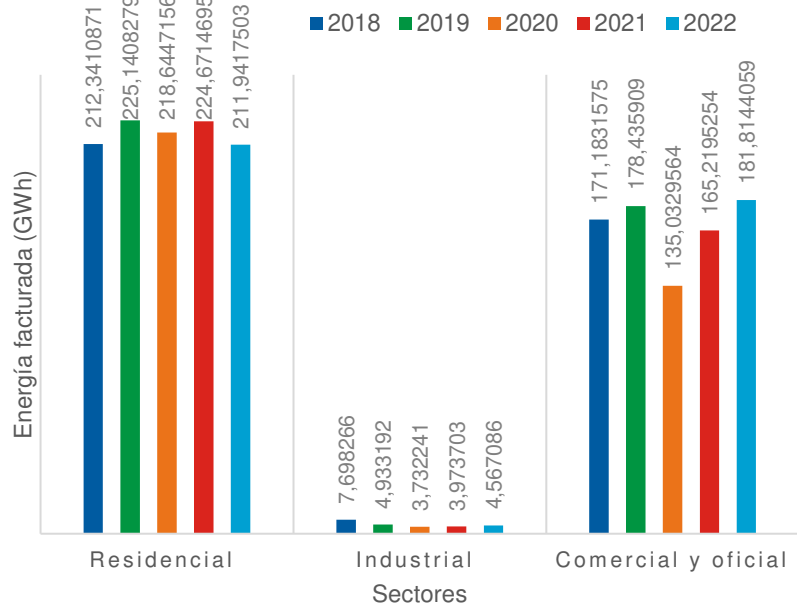


Figura 8-17. Consumo total de electricidad por sectores en las ZNI para los años 2018 a 2022. Fuente: elaboración propia con información de SSPD (2023).

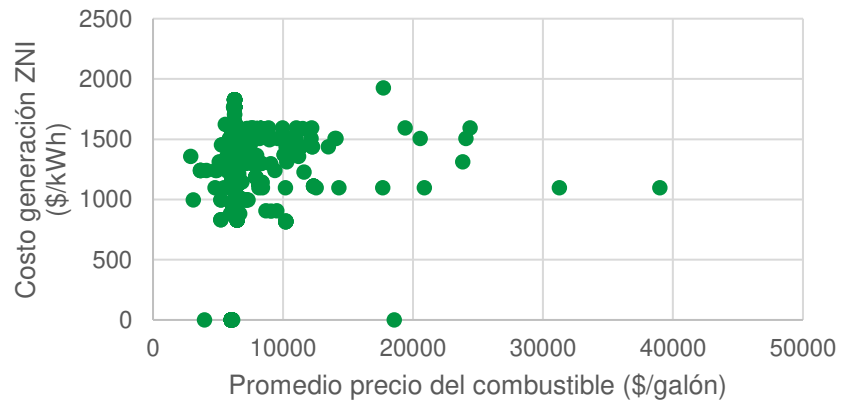


Figura 8-18. Comparación del promedio de los precios promedio del combustible con el costo de generación en ZNI a nivel nacional para 2022. Fuente: elaboración propia con información de SSPD (2023).

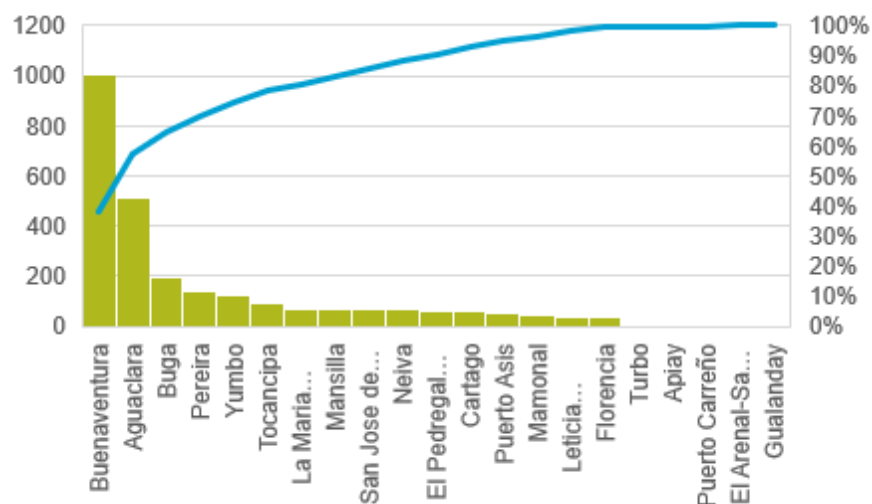


Figura 8-19. Diagrama de Pareto para la frecuencia de localización de centros de acopio de combustible para generación de electricidad en las ZNI a nivel nacional. Fuente: elaboración propia con información de SSPD (2023).

8.7 Reservas de combustibles fósiles

Las reservas de hidrocarburos en Colombia son estimadas por la Agencia Nacional de Hidrocarburos, (ANH, 2023), la cual reportó las reservas probadas de 2.074 Mbl de petróleo y de 79,8 Gm³ (2.817 Gpc) de gas natural en 2022. Las reservas probadas de petróleo se encuentran principalmente en Meta con el 54 %, seguido por Casanare con el 16 %, Santander con el 7 %, Arauca y Boyacá con el 4 %, los departamentos de Huila, Cesar y Bolívar con el 3 %, Putumayo y Antioquia con el 2 %, Tolima con 1 % y el restante 1 % en los demás departamentos. En cuanto al gas natural, las reservas se concentran en un 49 % en el Casanare, 20 % en La Guajira, 9 % en Córdoba, 6 % en Boyacá, 5 % en Sucre, 4 % en Santander, 3 % en Atlántico, 2 % en Magdalena, 1 % en Arauca y Norte de Santander y el restante en los demás departamentos.

Por otra parte, el Servicio Geológico Colombiano ha reportado que el país cuenta con un potencial de alrededor de 15.500 Mt carbón térmico y metalúrgico. De este potencial carbonífero, el 51 % se ubica en las zonas carboníferas de La Guajira y Cesar, seguidos por Boyacá con 20 % y Cundinamarca con 12 %, (Servicio Geológico Colombiano, 2023)

En la **figura 8-20** se muestra el mapa de las áreas hidrocarburíferas de Colombia, en el cual se identifican las áreas de exploración, producción, de evaluación técnica y de contratos especiales de proyectos de investigación; junto con las zonas carboníferas del país.

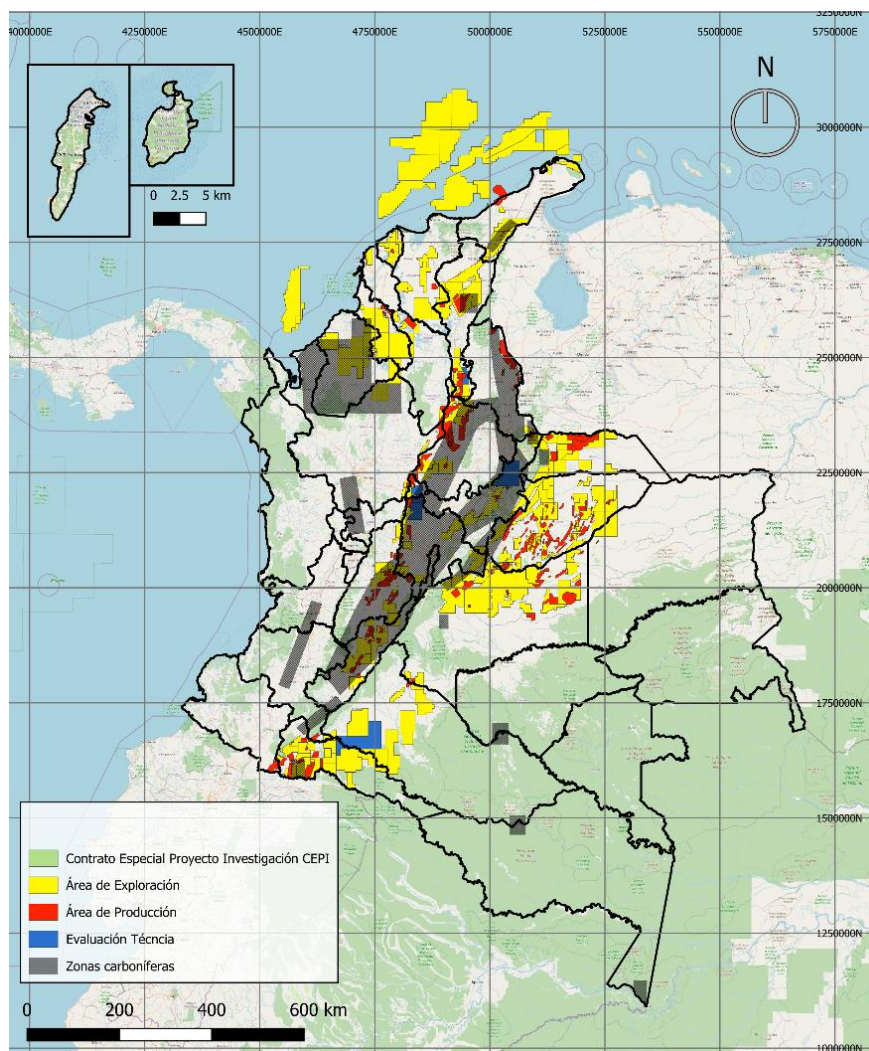


Figura 8-20. Mapa de áreas hidrocarburíferas y zonas carboníferas de Colombia. Fuente: elaboración propia con información de ANH (2023) y Servicio Geológico Colombiano (2023).

8.8 Potenciales de fuentes renovables de energía

8.8.1 Energía solar fotovoltaica

Colombia cuenta con un potencial de energía solar diverso a lo largo de sus territorios. En la **figura 8-21**, se presenta el mapa de la irradiancia global horizontal promedio anual de Colombia, que tiene un máximo en el norte de la región Caribe entre 5,5 y 6 kWh/m² por día y valores mínimos, entre 3 y 3,5 kWh/m² por día, en la región Pacífica. El país dispone de esta manera con alto potencial para el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica, en el departamento de La Guajira, en la región de la costa Caribe, en la región de la Orinoquía y en región Andina (en los territorios asociados a los valles del río Cauca y del río Magdalena).

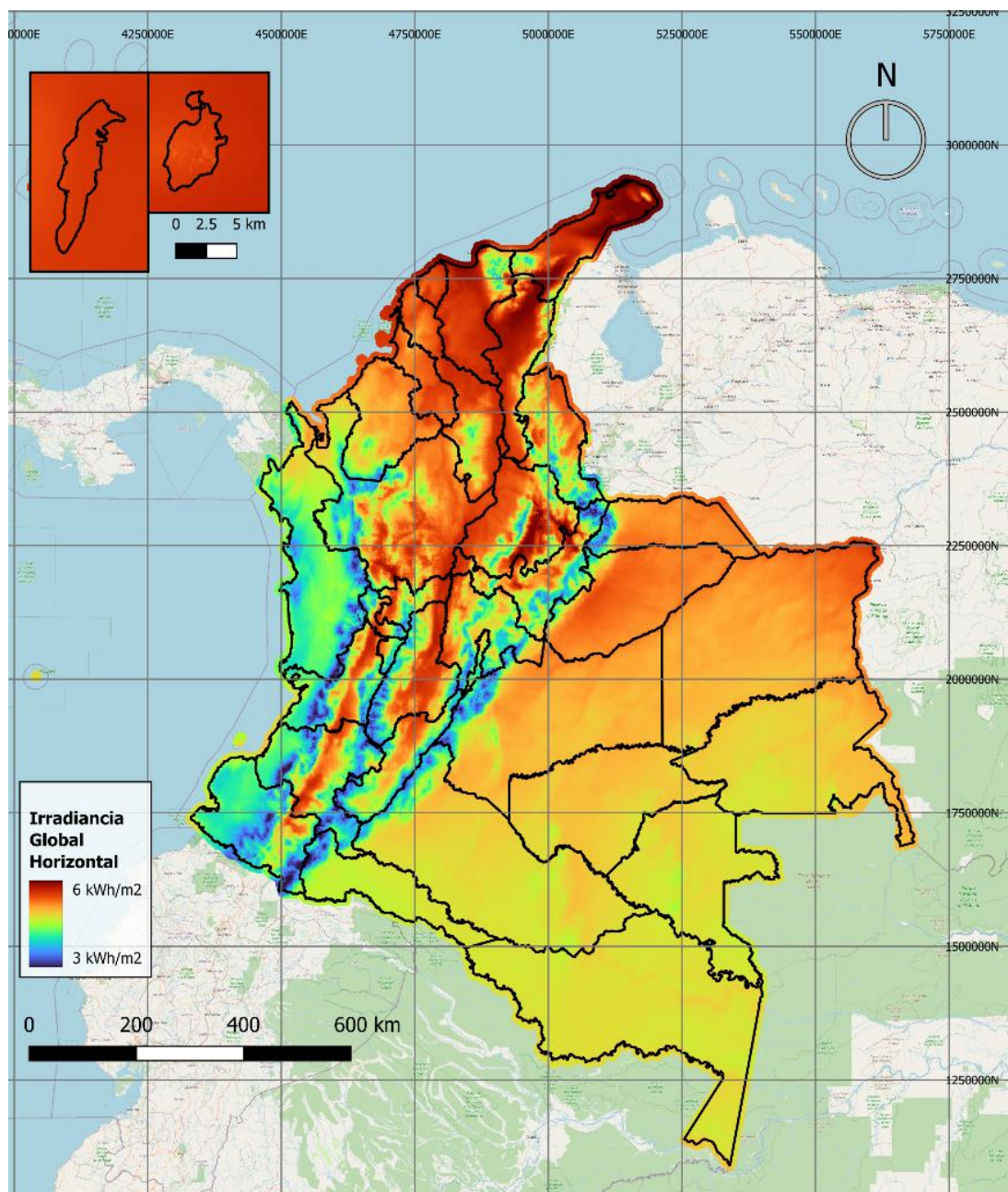


Figura 8-21. Mapa de la irradiancia global horizontal promedio anual de Colombia (consultado en 2023). Fuente: elaboración propia con información del Global Solar Atlas (The World Bank Group, ESMAP & Solargis, 2023).

8.8.2 Energía eólica

Colombia cuenta con un potencial eólico alto, en tierra firme, en la península de La Guajira, y costa a fuera, en la parte media y alta de la costa del mar Caribe, como se muestra en el mapa de la densidad de potencia promedio del viento en la **figura 8-22**. También se destaca que dentro del 10 % de las áreas con mayor presencia de corrientes de vientos en el territorio, se cuenta con un promedio de velocidad de estos de 5,85 m/s, con una densidad de potencia promedio de 259 W/m². Adicionalmente, se identifican potenciales altos para la energía eólica en la región insular de San Andrés y Providencia, en el mar Caribe colombiano, y en ubicaciones específicas de alta montaña, en el interior del país en la región andina.

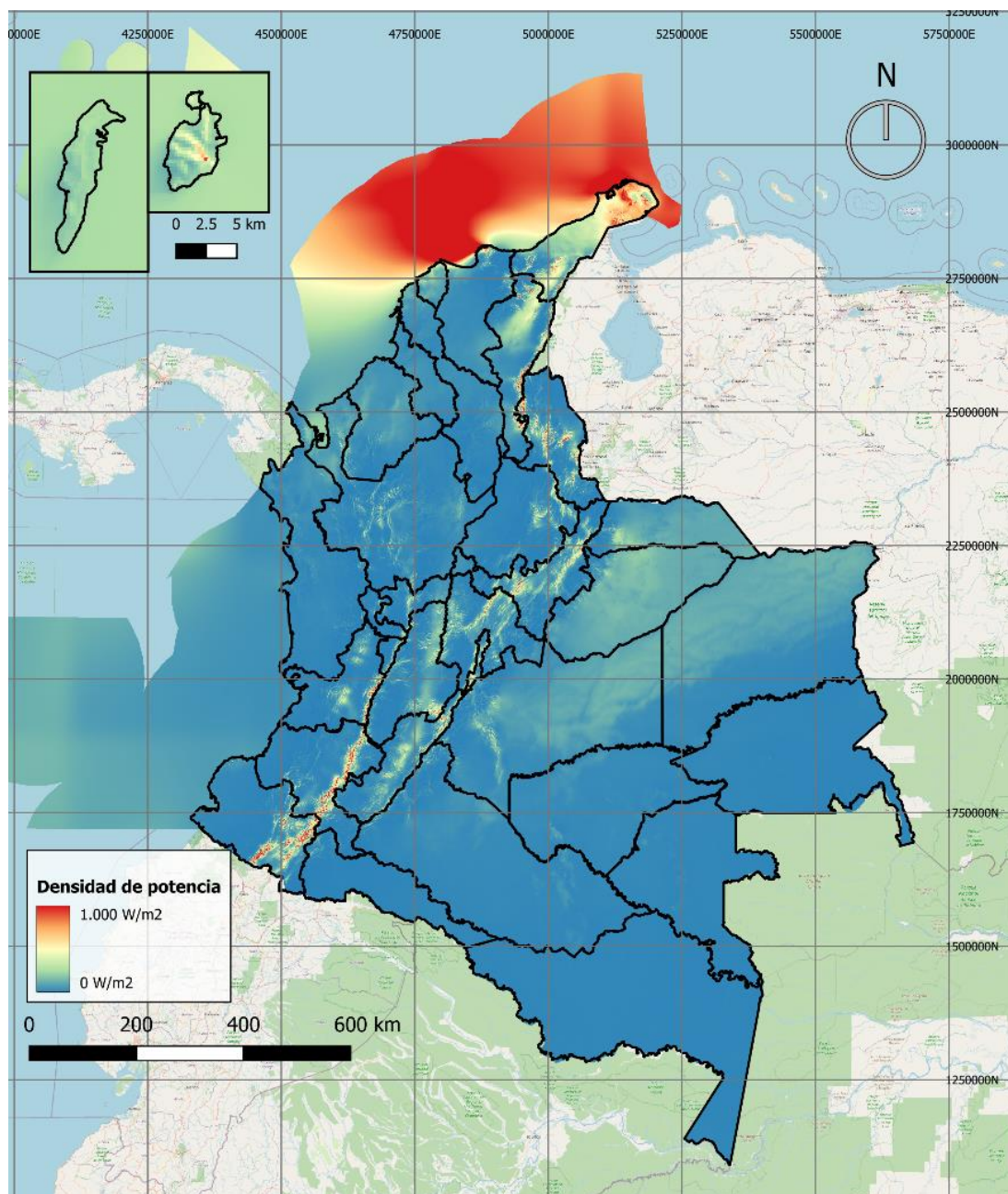


Figura 8-22. Mapa de densidad de potencia anual promedio de Colombia a 100 m de altura (consultado en 2023). Fuente: elaboración propia con información de (The World Bank Group, ESMAP & Vortex, 2023).

8.8.3 Hidroenergía

Colombia presenta condiciones óptimas para la generación hidroeléctrica en gran parte del territorio nacional por su relieve y condiciones climatológicas, especialmente en la región andina. En la **figura 8-23** se muestra el mapa del potencial hidroenergético teórico del país a través de la red hidrográfica, que se encuentra distribuida en todo el territorio. Históricamente, el país ha aprovechado la energía potencial hidráulica asociada a los gradientes de altura; sin embargo, también dispone de un significativo potencial de energía cinética, derivado del caudal y la velocidad de las corrientes hídricas.



Figura 8-23. Mapa del potencial hidroenergético de Colombia. Fuente: elaboración propia con información de UPME & PUJ (2015).

De forma complementaria, en la **tabla 8-3** se identifica el potencial hidroenergético por tipo de central, según su capacidad de potencia, en: pico (entre 0,5 y 5 kW), micro (entre 5 y 50 kW), mini (entre 50 y 500 kW), pequeña (entre 500 kW y 20 MW) y grandes (mayores a 20 MW), que representan un potencial acumulado de 56,19 GW para el país.

Tabla 8-3. Potencial hidroenergético acumulado por tipo de central y áreas hidrográficas.

Área hidrográfica	Potencial por tipo de central (kW)					
	Pico	Micro	Mini	Pequeñas	Grandes	
					(20 – 40) MW	40 MW <
Amazonas	285	2.799	26.948	903.311	1.518.300	9.522.541
Caribe	210	1.935	16.843	436.476	749.309	2.922.066
Magdalena-Cauca	514	5.229	47.567	1.646.204	2.808.652	17.713.622
Orinoco	360	3.599	35.789	1.230.958	2.205.013	10.227.236
Pacífico	165	1.647	15.984	568.657	831.949	2.743.598
Total	1.533	15.209	143.132	4.785.606	8.113.222	43.129.063

Fuente: elaboración propia con información de UPME & PUJ (2015).

8.8.4 Geotérmica

La energía geotérmica es la energía térmica proveniente del flujo continuo de calor desde el interior de la tierra hacia la superficie, generada por procesos naturales de acumulación y calentamiento del subsuelo. El potencial por territorio para la energía geotérmica se puede determinar mediante el gradiente geotérmico que es el aumento de temperatura terrestre en relación con la profundidad, en unidades de K/km (Kelvin por cada km). Las anomalías geotérmicas también describen el potencial, indicando el conjunto de valores de flujo de calor en una región o zona que están por encima, en las anomalías positivas, o por debajo, en las anomalías negativas, del flujo de calor normal o medio en la tierra. Esto significa que en una región el gradiente geotérmico esperado es el promedio local; una zona que presente temperaturas mucho mayores a la misma profundidad, es una anomalía positiva; si ocurre lo contrario, se habla de anomalía negativa. En la **figura 8-24** se presenta un mapa que representa las estimaciones actuales del potencial de la energía geotérmica para el país a través de los gradientes térmicos (en K/km, equivalente a °C/km), (Servicio Geológico Colombiano, 2020). Se destacan en este potencial territorios en zonas volcánicas, en la región andina, especialmente en Nariño y Caldas. En general, Colombia presenta varias anomalías positivas localizadas en las cuencas de Caguán-Putumayo, Cordillera Oriental, Catatumbo y los Llanos orientales. Anomalías negativas se presentan en las cuencas sedimentarias de La Guajira, Sinú – San Jacinto, valle inferior del Magdalena, Urabá, Chocó y Tumaco.

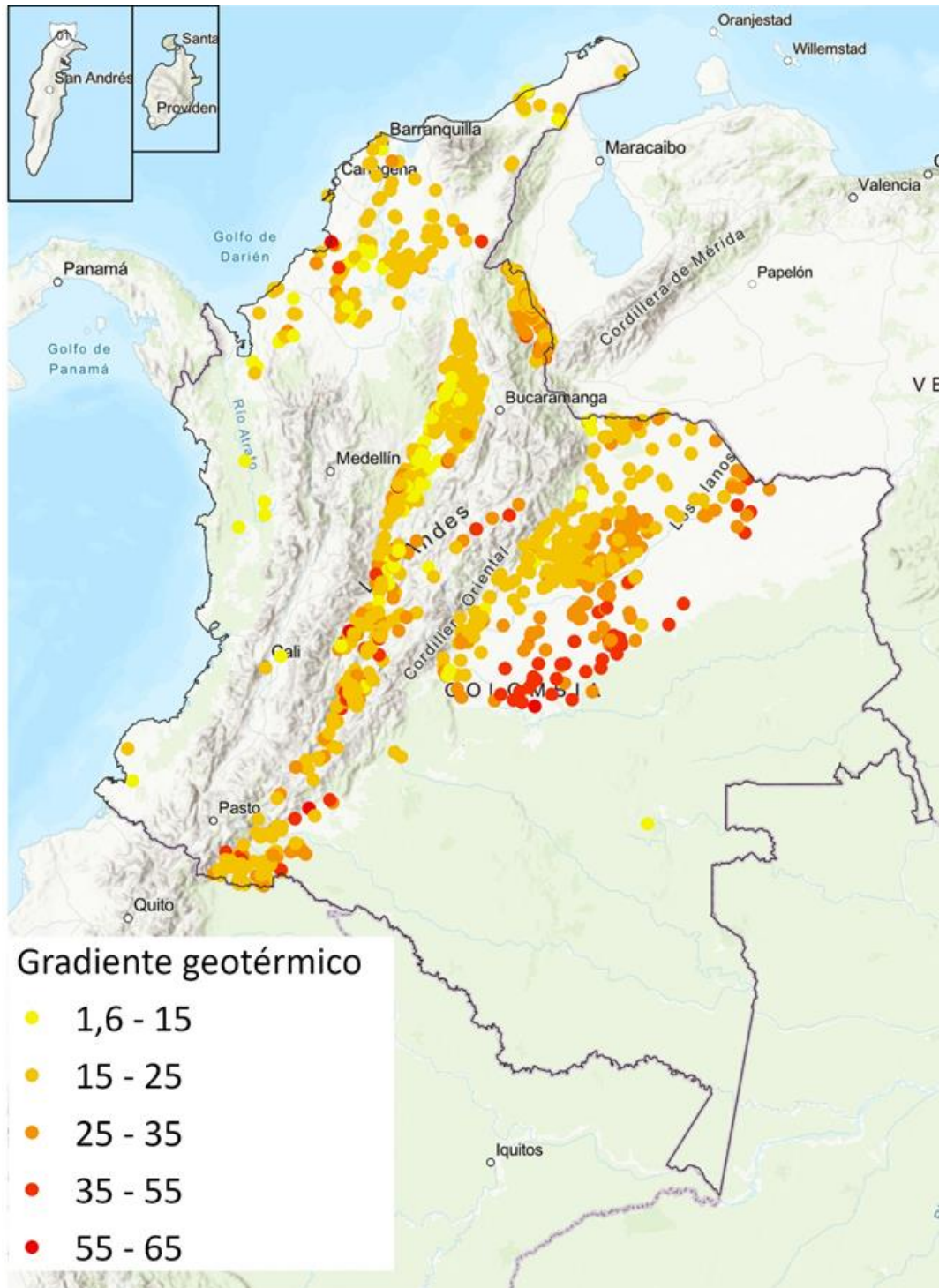


Figura 8-24. Mapa de estimación del potencial geotérmico de Colombia a través de los gradientes térmicos (leyenda en K/km, equivalente a °C/km). Fuente: elaboración propia con información del Servicio Geológico Colombiano (2020).

8.8.5 Biomasa residual

La biomasa residual del país posee características que la convierten en una fuente de energía sostenible con potencial técnico de aprovechamiento. Los residuos procedentes de diversas actividades, como la agricultura, la ganadería, la silvicultura y los residuos sólidos urbanos, tienen potencial para ser transformados y aprovechados energéticamente mediante la producción de calor, electricidad y biocombustibles. El potencial energético de estos recursos se estima teniendo en cuenta las restricciones para su aprovechamiento. Se distingue entre el potencial teórico, que se refiere a la energía física teóricamente utilizable, y el potencial técnico, que forma parte del potencial teórico, pero considera las restricciones de uso y acceso a la biomasa, (Batidzirai *et al.*, 2012; Buriticá *et al.*, 2020). En este estudio se emplearon dos parámetros para la estimación de la cantidad de residuos y del potencial energético teórico y técnico de los residuos agropecuarios y forestales: el factor de residuos y el factor de disponibilidad. El factor de residuos representa la fracción de los residuos agrícolas generada en relación con el producto principal; es decir, este factor indica la cantidad de biomasa residual producida como subproducto por unidad de masa del producto agrícola, (Buriticá *et al.*, 2020). Por su parte, el factor de disponibilidad corresponde a la proporción del residuo que puede ser efectivamente aprovechada para la generación de bioenergía, teniendo en cuenta sus usos actuales y las limitaciones logísticas para su recolección o acceso, (Buriticá *et al.*, 2020). Los valores de estos parámetros a nivel nacional se presentan en el anexo C en la **tabla C - 1** para los residuos agrícolas, en la **tabla C - 2** para los residuos pecuarios y en la **tabla C - 3** para los residuos forestales.

En el sector de la producción agrícola, los potenciales se calculan teniendo en cuenta los principales cultivos del país, que generan alrededor de 99 Mt/año, incluyendo los residuos del cultivo y de la industria de alimentos como cascarillas, hojas, bagazo, entre otros. Este volumen representa un potencial energético teórico de 536,5 PJ/año. No obstante, si se tiene en cuenta factores como la recolección efectiva de los residuos, el potencial energético técnico se reduce a 54,4 PJ/año. La **tabla 8-4** proporciona detalles sobre el potencial energético de los residuos de los principales cultivos agrícolas en el país, donde se destaca el cultivo de caña de azúcar como el de mayor potencial energético con valores de 150,3 PJ/año para el potencial teórico y de 15,3 PJ/año para el potencial técnico.

En el ámbito de la producción pecuaria, se consideran las principales especies criadas en el país, que producen alrededor de 255 Mt/año de estiércol. Esta cantidad representa un potencial energético teórico de 980,1 PJ/año y un potencial técnico de 462,4 PJ/año, al tomar en cuenta la disponibilidad real. Los detalles sobre el potencial energético de los residuos pecuarios se presentan en la **tabla 8-5**. En este caso, el ganado bovino destaca como la principal fuente de potencial energético, representando el 81 % del potencial teórico y el 84 % del potencial técnico.

Considerando adicionalmente las principales especies forestales sembradas en el territorio, que producen aproximadamente 3,0 Mt/año de residuos, incluyendo pulpa, aserrín y residuos de bosque, se estima un potencial energético teórico de 57,7 PJ/año y mediante un factor global de disponibilidad de 0,5, se estima un potencial energético técnico de 28,8 PJ/año.

Adicionalmente, teniendo en cuenta los residuos producidos por la industria láctea, sacrificios de animales y la producción cervecera, se estima un potencial teórico de 5,8 PJ/año y un potencial técnico de 5,7 PJ/año.

Finalmente, de acuerdo con la población estimada del país de 52,2 millones para 2023, según el DANE, y una producción promedio de residuos sólidos de 0,68 kg diarios por persona, (Buriticá *et al.*, 2020), se estima que la producción total de residuos sólidos en el país alcanza 12 Mt/año. Este volumen de residuos genera un potencial energético teórico de aproximadamente 80,6 PJ/año y un potencial energético técnico de 66,1 PJ/año.

Integralmente, el análisis del potencial energético muestra que la biomasa residual del país tiene un potencial teórico de 1.661,3 PJ/año, que incluye todos los sectores de producción evaluados para la producción agrícola, pecuaria, los residuos sólidos urbanos y los residuos forestales. Sin embargo, al considerar la disponibilidad real de los recursos y la recolección efectiva, el potencial energético técnico se reduce a 617,1 PJ/año. La **figura 8-25** muestra la

contribución de cada sector a la generación de residuos, al potencial energético teórico total y al potencial técnico total. El área pecuaria es el sector con el mayor potencial energético, seguido por los residuos sólidos urbanos; les siguen los residuos agrícolas y, por último, los residuos forestales.

A pesar del potencial energético de la biomasa residual en el país, su aprovechamiento técnico sigue siendo limitado. Se han puesto en marcha algunos proyectos, como la producción de biodiesel a partir del procesamiento de la palma de aceite y la obtención de bioetanol a partir de la caña de azúcar (Revista Nacional de Agricultura, 2022), así como la implementación de plantas de cogeneración y de aprovechamiento de residuos, como es el caso de la planta de Alpina en Sopó. Esta última, es capaz de producir biogás mediante el tratamiento de aguas residuales para cubrir parte de sus necesidades energéticas (Alpina, 2022). De manera similar, la planta Refoenergy Bitá en Puerto Carreño produce 4,5 MWh utilizando biomasa forestal, (Valorem, 2022). Estos son ejemplos que pueden impulsar su adopción por parte de otras empresas de producción de alimentos, bebidas y tabaco como parte de los nuevos esquemas de la economía circular.

De esta manera, resulta fundamental impulsar el desarrollo de tecnologías y métodos más eficientes para la recolección, procesamiento y uso de otros tipos de residuos para maximizar su contribución a la generación de energía limpia y sostenible. Esto podría reducir la cantidad de residuos que terminan en vertederos o se eliminan de manera inadecuada. Además, una gestión adecuada de los flujos de residuos contribuye a evitar procesos de deforestación y de cambio en los usos del suelo para obtener materias primas para la producción de biocombustibles (OECD, 2022).

Tabla 8-4. Potencial energético de la biomasa residual agrícola de los principales cultivos del país.

Producto	Total residuos [kt/año]	Potencial energético teórico [PJ/año]	Potencial energético técnico [PJ/año]
Café	4694,3	63,0	0,5
Arroz	7534,7	29,6	4,4
Palma de aceite	1297,3	12,0	7,0
Maíz	4579,0	57,7	0,0
Plátano	30376,5	28,3	0,0
Caña azucarera	16543,6	150,3	15,3
Cacao	219,8	0,5	0,3
Caña panelera	10449,8	96,3	0,0
Yuca	291,0	0,7	0,1
Papa	1554,0	19,9	0,0
Aguacate	335,2	2,7	0,8
Banano	16008,4	14,9	0,0
Frijol	193,7	2,5	1,0
Soya	637,8	9,2	7,3
Naranja	388,2	6,3	1,9

Fuente: elaboración propia con información de Brieva Avilez et al., 2020; FAO, 2014; Forster-Carneiro et al., 2013; Gabisa & Gheewala, 2018; Guio-Pérez et al., 2016; Montenegro Orozco et al., 2016; Muñoz et al., 2013; Rojas González, 2019; Sagastume Gutiérrez et al., 2020; Villavicencio et al., 2018 y UPRA, 2022

Tabla 8-5. Potencial energético teórico y técnico de la biomasa residual de la producción pecuaria del país.

Especie	Cantidad de cabezas [millones de animales]	Total residuos [kt/año]	Potencial teórico [PJ/año]	Potencial técnico [PJ/año]
Aves	222,1	3.243,1	35,9	10,8
Bovinos	29,3	234.113,7	883,8	419,8
Porcinos	9,0	4180,4	8,0	6,4
Ovinos	1,8	1.647,9	6,3	2,3
Equinos	1,6	7.301,9	25,6	12,8
Caprinos	1,1	198,2	2,2	0,8
Búfalos	0,4	4.853,0	18,9	9,5

Fuente: elaboración propia con información de Altan et al., 2022; Amante-Orozco et al., 2019; Bernal Calderón & Orozco Aguirre, 2019; Da Lio et al., 2021; Daojun et al., 2014; Dede & Ozer, 2018; FAO, 2014; Gabisa & Gheewala, 2018; Guio-Pérez et al., 2016; Khan et al., 2021; Shamsul et al., 2017; Ramírez, 2017; Ramos-Suárez et al., 2019; Tsai & Liu, 2016; UPRA & ICA, 2022.

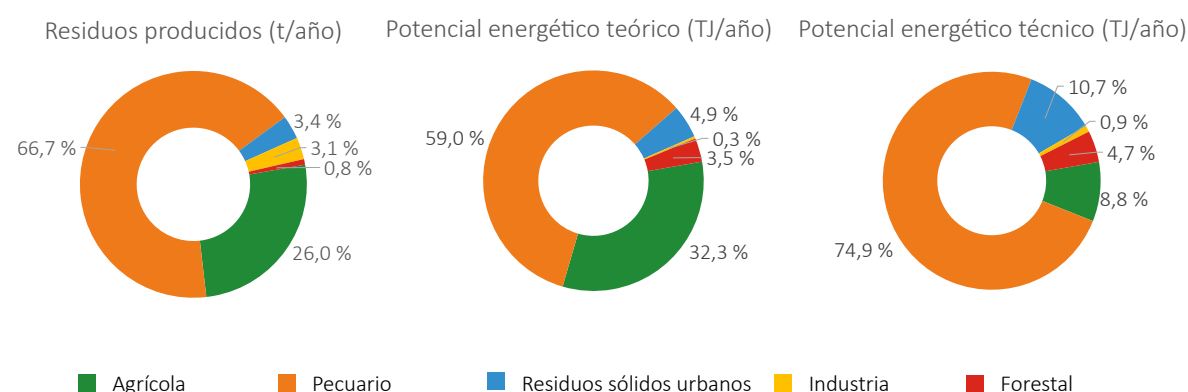


Figura 8-25. Aporte sectorial al potencial técnico de la biomasa residual. Fuente: elaboración propia con información de Altan et al., 2022; Amante-Orozco et al., 2019; Bernal Calderón & Orozco Aguirre, 2019; Brieva Avilez et al., 2020; Da Lio et al., 2021; Daojun et al., 2014; Dede & Ozer, 2018; FAO, 2014; Forster-Carneiro et al., 2013; Gabisa & Gheewala, 2018; Guio-Pérez et al., 2016; Khan et al., 2021; Montenegro Orozco et al., 2016; Muñoz et al., 2013; Ramírez, 2017; Ramos-Suárez et al., 2019; Rojas González, 2019; Sagastume Gutiérrez et al., 2020; Shamsul et al., 2017; Tsai & Liu, 2016; UPRA & ICA, 2022; UPRA, 2022; Villavicencio et al., 2018.

El conflicto entre el uso del suelo para la producción de alimentos y biomasa puede verse amplificado por los cambios en la productividad del suelo debidos al cambio climático (erosión, estrés hídrico, salinidad, entre otros), (Popp et al., 2014). Por ello, es necesario promover prácticas agropecuarias que logren un equilibrio adecuado entre la producción agropecuaria y la generación de energía renovable. De este modo, se optimiza el aprovechamiento de la biomasa residual sin comprometer la producción de alimentos y otros recursos agrícolas.

La bioconversión de la biomasa residual mediante el proceso de digestión anaeróbica permite un manejo adecuado de los residuos orgánicos y a su vez, la producción de biogás y biofertilizantes para los productores (Rocha-Meneses et al., 2023). Aunque el aprovechamiento de los residuos agropecuarios puede proveer electricidad a comunidades aisladas, existen barreras a considerar, como la falta de coordinación entre el sector público y privado, los altos costos tecnológicos, la carencia de planes territoriales para la promoción de las energías no convencionales y la inseguridad causada por grupos armados en áreas rurales, que disuade la inversión, (Sagastume Gutiérrez et al., 2020).

Igualmente, la mayoría de los productores colombianos no emplea técnicas avanzadas de manejo de residuos: alrededor del 67 % de los residuos agrícolas son compostados. Aunque carecen de los conocimientos técnicos necesarios para producir biogás a partir de biomasa agropecuaria, los productores están dispuestos a aprender sobre

tecnologías y maximizar la reutilización de residuos. Sin embargo, el interés por adoptar prácticas de manejo de residuos no es suficiente; se necesita formación especializada y un marco normativo propicio para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las tecnologías de transformación de residuos (Rocha-Meneses *et al.*, 2023).

8.9 Contexto regional

8.9.1 Región Caribe

La región Caribe combina algunos de los mayores activos energéticos estratégicos del país con profundas brechas de acceso en sus territorios rurales, insulares e indígenas, (Fonseca *et al.*, 2025e; 2025f; 2025j). El sistema energético de La Guajira muestra que el departamento extrae carbón térmico y gas natural mayoritariamente para exportación o para consumo en otras regiones del país, mientras que solo una fracción menor de la energía producida se destina al abastecimiento interno, (Fonseca *et al.*, 2025f; Minenergía, 2022). El consumo residencial conserva un peso considerable de leña para cocción, en particular en hogares rurales e indígenas, en tanto que el transporte depende casi por completo de gasolina y diésel importados de otros departamentos, (Fonseca *et al.*, 2025f; UPME, 2023b). En Cesar, la actividad minero-energética también condiciona de forma estructural el perfil de consumo, con un patrón similarmente intensivo en combustibles fósiles asociado a la explotación carbonífera, (Fonseca *et al.*, 2025e). En contraste, San Andrés, Providencia y Santa Catalina dependen casi enteramente de combustibles líquidos importados para generación eléctrica y movilidad, lo que eleva los costos operativos y expone al archipiélago a riesgos logísticos particulares, (Fonseca *et al.*, 2025j).

En infraestructura, la región articula oleoductos, gasoductos, puertos carboníferos, centrales termoeléctricas y una red de transmisión de alcance nacional, aunque con fuertes contrastes internos entre corredores estratégicos y zonas rezagadas, (Fonseca *et al.*, 2025e; Fonseca *et al.*, 2025f). La Guajira cuenta con la central térmica Termoguajira y con la mayor capacidad de conexión de generación aprobada en el país, además de amplias Zonas No Interconectadas donde la generación depende de plantas solares individuales y de diésel (Fonseca *et al.*, 2025f; IPSE, 2022). El parque eólico Jepírachi, primer proyecto de este tipo desarrollado en Colombia, evidenció tempranamente el potencial eólico del territorio, mediante una capacidad modesta frente al potencial real en estos territorios, (Fonseca *et al.*, 2025f; EPM, 2024). En San Andrés, las condiciones e infraestructura insular imponen límites de escala y de uso del potencial eólico costa afuera, que favorecen esquemas de generación distribuida, almacenamiento y microrredes antes que grandes proyectos centralizados (Fonseca *et al.*, 2025j).

En cuanto a potenciales renovables, la región Caribe reúne una de las combinaciones más robusta del país: La Guajira presenta un potencial solar fotovoltaico alto y uniforme, con irradiancia global horizontal en un rango estimado entre 4,56 y 6,19 kWh/m²/día, y un potencial eólico excepcional tanto en tierra como costa afuera, este último estimado en cerca de 110 GW técnicos, (Fonseca *et al.*, 2025f; The World Bank Group, ESMAP, Solargis, 2023; The Renewable Consulting Group & ERM, 2022). Cesar aporta, adicionalmente, potenciales relevantes en energía solar y de biomasa residual agropecuaria que pueden complementar la matriz regional, (Fonseca *et al.*, 2025e; Buriticá *et al.*, 2020). Para San Andrés, la limitada base territorial concentra las oportunidades en solar distribuida, eficiencia energética y sustitución progresiva de diésel, (Fonseca *et al.*, 2025j). En conjunto, la transición energética caribeña exige articular estos potenciales con acceso equitativo, consulta previa y beneficios territoriales directos para las comunidades que históricamente han enfrentado condiciones de pobreza energética, (Fonseca *et al.*, 2025e; Fonseca *et al.*, 2025f; Fonseca *et al.*, 2025j).

8.9.2 Región Andina

La región Andina concentra el sistema energético más denso y diversificado del país, asociado a la mayor densidad poblacional, urbana e industrial, lo que se traduce en una demanda elevada de electricidad, gas natural y

combustibles, especialmente líquidos, (Fonseca *et al.*, 2025c, 2025d, 2025g). En Bogotá y Medellín, el sector transporte concentra la mayor parte del consumo final de energía, sostenido en su gran mayoría en gasolina y diésel, mientras los sectores residencial, comercial e industrial dependen principalmente de electricidad y gas natural, (Fonseca *et al.*, 2025c, 2025g). Medellín, como gran centro urbano, presenta un consumo en el sector del transporte alrededor del 55 % del consumo final energético de la ciudad, lo cual resalta los grandes retos para avanzar en la electrificación de la movilidad, (Fonseca *et al.*, 2025g). En Caldas, el consumo energético combina patrones urbanos con usos rurales y agroindustriales, unas condiciones adecuadas de conexión al SIN y oportunidades de generación distribuida renovable de pequeña y mediana escala, (Fonseca *et al.*, 2025d).

Desde la infraestructura, la región Andina se beneficia de redes eléctricas robustas, gasoductos, poliductos y proximidad funcional a gran parte de la capacidad hidroeléctrica nacional, lo que establece sus retos principales hacia la modernización de la demanda, (Fonseca *et al.*, 2025c, 2025g; XM, 2024). Bogotá y Medellín no producen energía primaria de origen fósil ni cuentan con generación eléctrica significativa dentro de sus límites, lo que implica una alta dependencia de fuentes externas y refuerza la relevancia de la generación distribuida mediante áreas disponibles, como las cubiertas urbanas, (Fonseca *et al.*, 2025c, 2025g). El potencial solar fotovoltaico urbano resulta consistente en ambas ciudades, con más de la mitad del territorio de Medellín registrando potenciales superiores a 5 kWh/m²/día, mientras el potencial eólico es marginal y poco competitivo dentro de los perímetros metropolitanos de estas ciudades, (Fonseca *et al.*, 2025g; The World Bank Group, ESMAP, Solargis, 2024).

El aprovechamiento de biomasa residual constituye otra vía relevante para la transición energética en la región: en Medellín, los residuos sólidos urbanos y el sector pecuario representan conjuntamente cerca del 99 % del potencial técnico estimado, lo que resalta su papel prioritario frente a los residuos agrícolas, (Fonseca *et al.*, 2025g; Buriticá *et al.*, 2020; Guio-Pérez *et al.*, 2016). En Caldas, la hidroenergía de pequeña escala y la biomasa de origen agroindustrial y pecuario ofrecen complementariedad adicional a la matriz regional, en un contexto donde la reconversión productiva y el ordenamiento territorial resultan determinantes, (Fonseca *et al.*, 2025d). En conjunto, la transición energética en esta región andina depende menos de la expansión de nuevos recursos primarios directamente en sus territorios y más de la electrificación del transporte, la eficiencia energética y el aprovechamiento sistemático de residuos urbanos y agroindustriales, (Fonseca *et al.*, 2025c, 2025d, 2025g), lo que simultáneamente representa grandes requerimientos de ampliación y reforzamiento de la infraestructura energética.

8.9.3 Región Pacífica

La región Pacífica muestra un sistema energético atravesado por contrastes entre corredores industriales bien conectados y extensas áreas rurales y costeras con limitaciones de acceso, (Fonseca *et al.*, 2025h, 2025i). El Valle del Cauca concentra la mayor densidad económica y energética regional, con un consumo dominado por el transporte, en el orden de 55.676 TJ anuales suministrados principalmente por gasolina y diésel, seguido del sector residencial, donde la electricidad cubre alrededor del 57 % de la demanda, (Fonseca *et al.*, 2025i). Nariño, por su parte, evidencia con mayor claridad las tensiones entre la integración al sistema interconectado nacional y los rezagos de acceso en zonas de topografía compleja, conflictividad social y alta dispersión poblacional, (Fonseca *et al.*, 2025h).

En infraestructura, el Valle del Cauca destaca por una matriz eléctrica en la que la hidroenergía representa cerca del 49,5 % de la capacidad instalada de generación, liderada por la planta Alto Anchicayá (ALBAN), complementada por esquemas de cogeneración a partir de residuos de la industria azucarera que alcanzan actualmente más de 350 MW, siendo el mayor desarrollo de este tipo en el país, (Fonseca *et al.*, 2025i; Cenicaña, 2020). El potencial hidroeléctrico se distribuye de forma amplia en el territorio departamental, permitiendo tanto pequeñas y medianas centrales como aprovechamientos de mayor escala en zonas específicas, (Fonseca *et al.*, 2025i; UPME & PUJ, 2015). El potencial eólico es limitado y se concentra en sectores puntuales de la cordillera central, sin viabilidad comercial actualmente,

(Fonseca *et al.*, 2025i). En Nariño, la infraestructura energética presenta mayor fragmentación, lo que refuerza el papel de soluciones distribuidas para zonas rurales y de difícil acceso, (Fonseca *et al.*, 2025h).

El potencial de biomasa residual es particularmente significativo en el Valle del Cauca, donde los residuos de caña de azúcar (hojas, cogollo y bagazo) junto con el sector pecuario bovino concentran la mayor parte del potencial técnico, estimado en 34,0 PJ/año, (Fonseca *et al.*, 2025i; Buriticá *et al.*, 2020). El potencial solar fotovoltaico a gran escala también resulta relevante en zonas de alta irradiancia del departamento, mientras que las limitaciones en hidrocarburos y los altos costos de gas natural asociados a su ubicación geográfica refuerzan la conveniencia de diversificar la matriz, incluyendo fuentes renovables, (Fonseca *et al.*, 2025i). Nariño aporta oportunidades complementarias en energía solar, hidroenergía en pequeña escala y biomasa, especialmente pertinentes para comunidades rurales que dependen de soluciones energéticas descentralizadas, (Fonseca *et al.*, 2025h). En conjunto, la transición energética en esta región del Pacífico se apoya en consolidar activos renovables ya existentes, ampliar el despliegue de soluciones distribuidas para territorios aislados, extender y ampliar la infraestructura energética para su intercambio con otras regiones y profundizar la articulación entre agroindustria, gestión de residuos y electrificación productiva, (Fonseca *et al.*, 2025h, 2025i).

8.9.4 Región Orinoquía

La región Orinoquía presenta un sistema energético fuertemente condicionado por la extracción de hidrocarburos y por una ocupación territorial dispersa, lo que genera simultáneamente abundancia de recursos primarios y brechas de acceso en zonas rurales. Arauca ejemplifica esta configuración: aproximadamente el 99 % de la energía primaria extraída en el departamento se exporta fuera de sus límites, principalmente como petróleo crudo, mientras el consumo interno depende en gran medida de combustibles líquidos importados y de electricidad, parcialmente proveniente del Sistema Interconectado Nacional, (Fonseca *et al.*, 2025b; ANH, 2022). En el sector residencial, la leña conserva un peso relevante en la cocción de alimentos con cerca del 29 % del consumo del sector, mientras GLP, electricidad y, en menor medida, gas natural completan la demanda, (Fonseca *et al.*, 2025b).

La infraestructura energética del departamento incluye tramos estratégicos de oleoductos, como el que conecta Caño Limón con la estación Banadía y el oleoducto Bicentenario, así como las dos plantas termoeléctricas a gas Termocapachos y Termotame, con una capacidad conjunta cercana a 14,9 MW, (Fonseca *et al.*, 2025b; ANH, 2022). La red eléctrica de subtransmisión y distribución en Arauca permite un índice de cobertura del 93,71 %, aunque persisten zonas rurales de los municipios de Arauca, Arauquita, Puerto Rondón y Tame, que operan en condición mixta entre el sistema interconectado y las zonas no interconectadas, (Fonseca *et al.*, 2025b; IPSE, 2022).

En términos de potenciales renovables, Arauca presenta un alto potencial solar fotovoltaico distribuido de forma uniforme, con el 84 % de su territorio registrando valores superiores a 5 kWh/m²/día, así como posibilidades hidroenergéticas de pequeña escala asociadas al área hidrográfica del Orinoco, que concentra alrededor del 24 % del potencial hidroenergético nacional, (Fonseca *et al.*, 2025b; The World Bank Group, ESMAP, Solargis, 2023; UPME, 2015). El potencial eólico es comparativamente bajo y solo resulta aprovechable en ubicaciones puntuales de mayor altitud, (Fonseca *et al.*, 2025b; The World Bank Group, ESMAP, Vortex, 2023). La biomasa residual, con un potencial técnico total estimado en 19,5 PJ/año, proviene principalmente del sector pecuario bovino, lo que abre oportunidades de bioenergía complementarias a la matriz regional, (Fonseca *et al.*, 2025b; Buriticá *et al.*, 2020). En conjunto, la transición energética en la Orinoquía requiere reconvertir una economía territorial históricamente ligada a la renta petrolera, que incluya estrategias de diversificación energética, incluyendo esquemas solares, híbridos y de bioenergía adaptados a la dispersión rural y baja densidad poblacional de esta región, (Fonseca *et al.*, 2025b).

8.9.5 Región Amazonía

La región Amazonía enfrenta condiciones complejas para implementar los procesos asociados a la transición energética, derivadas del aislamiento geográfico, la dispersión y baja densidad demográfica, la dependencia logística y la alta sensibilidad ecosistémica de su territorio, (Fonseca *et al.*, 2025a). El sistema energético del departamento de Amazonas depende en un 57 % de combustibles líquidos fósiles transportados desde otras regiones, mientras el 43 % restante corresponde a usos tradicionales e ineficientes de biomasa, principalmente leña para cocción, (Fonseca *et al.*, 2025a). Al encontrarse dentro de las Zonas No Interconectadas del país, la generación eléctrica departamental depende casi exclusivamente de plantas diésel, con una capacidad instalada cercana a 27 MW, y se concentra en los sectores residencial y comercial y de servicios, (Fonseca *et al.*, 2025a).

La infraestructura energética amazónica es limitada y costosa de expandir mediante esquemas convencionales, lo que ha llevado a que iniciativas de generación distribuida renovable enfrenten dificultades de implementación práctica, asociados a los altos costos de logística, disponibilidad de personal, capacidades técnicas propias de soporte, entre otros, (Fonseca *et al.*, 2025a; Portafolio, 2023). Esta evidencia refuerza la necesidad de fortalecer capacidades técnicas, mantenimiento y gobernanza local para sostener soluciones renovables descentralizadas en el territorio, (Fonseca *et al.*, 2025a).

En cuanto a potenciales renovables, Amazonas se ubica en la zona hidrográfica del Amazonas, que concentra el 21 % del potencial hidroenergético nacional, lo que representa una oportunidad para centrales hidroeléctricas de baja escala bajo criterios estrictos de sostenibilidad y conservación, (Fonseca *et al.*, 2025a; UPME, 2015). El potencial solar es aprovechable en buena parte del territorio, mientras el potencial eólico resulta muy bajo, con densidades de potencia entre 14 y 18,8 W/m², insuficientes para instalaciones a gran escala, (Fonseca *et al.*, 2025a; The World Bank Group, ESMAP, & Solargis, 2023; The World Bank Group, ESMAP, & Vortex, 2023). El potencial técnico de biomasa residual, estimado en 64,3 TJ/año, proviene principalmente de residuos sólidos urbanos y del sector pecuario, y aunque modesto en términos absolutos frente a otras regiones, puede resultar significativo para sistemas energéticos locales si se articula con estrategias comunitarias de gestión de residuos, especialmente para el despliegue de soluciones de biogás, (Fonseca *et al.*, 2025a; Buriticá *et al.*, 2020). En conjunto, la Amazonía representa un caso ejemplar para Colombia en que la transición energética debe concebirse desde la autonomía energética de pequeña escala, priorizando microrredes solares, esquemas híbridos con almacenamiento y tecnologías compatibles con la conservación ecosistémica, (Fonseca *et al.*, 2025a), en contraste con el tipo de soluciones necesarias para las zonas de alta concentración demográfica y alta demanda energética del país.

8.10 Síntesis

El sistema energético colombiano, analizado a nivel nacional y regional en este capítulo, revela una geografía energética profundamente heterogénea, en la que la disponibilidad de recursos primarios, la infraestructura existente y los potenciales renovables no se distribuyen de manera homogénea entre las cinco regiones estudiadas, lo que exige trayectorias diferenciadas para el despliegue de la transición energética. La región Caribe se distingue por concentrar simultáneamente los mayores activos estratégicos de extracción y exportación energética del país, carbón y gas natural en La Guajira y Cesar, y algunos de los potenciales renovables más altos a escala nacional, tanto solar como eólico terrestre y costa afuera, en un contexto donde persisten brechas críticas de acceso y calidad del servicio en zonas rurales, indígenas e insulares. Esta coexistencia entre abundancia de recursos y pobreza energética estructural implica que, para esta región, la transición energética no puede limitarse a instalar capacidad renovable adicional, sino que debe resolver de manera simultánea el cierre de brechas de cobertura, la reconversión de una economía históricamente extractiva y la gestión de la conflictividad social asociada a los grandes proyectos, como lo muestran La Guajira y el caso de San Andrés, cuya dependencia casi total de combustibles importados exige soluciones de escala insular basadas en generación distribuida y almacenamiento.

La región Andina, por su parte, concentra la mayor densidad de demanda energética del país, asociada a la alta urbanización, y alta concentración en ciudades como Bogotá y Medellín, y a la actividad económica intermedia de departamentos como Caldas, con un patrón de consumo dominado por el transporte y una dependencia estructural de fuentes externas de energía primaria. A diferencia del Caribe, el reto principal de esta región no es la expansión de la oferta primaria directa en sus territorios, sino la modernización de la demanda: electrificación del transporte, eficiencia energética, generación solar distribuida en entornos urbanos y aprovechamiento sistemático de residuos sólidos urbanos y pecuarios, que en ciudades como Medellín concentran la casi totalidad del potencial técnico de biomasa disponible. Esa modernización implica una expansión considerable de la infraestructura eléctrica para garantizar el suministro energético bajo las condiciones de variabilidad en el suministro del futuro sistema energético operando con fuentes renovables de energía solar y eólica. Esto indica que la transición energética andina depende, en gran medida, de decisiones de política urbana, movilidad, infraestructura y ordenamiento territorial, más que de nuevas inversiones extractivas.

En la región Pacífica, el Valle del Cauca se configura como un caso singular de transición ya en marcha, apoyada en una matriz hidroeléctrica consolidada y en esquemas de cogeneración agroindustrial que aprovechan los residuos de la caña de azúcar, mientras Nariño evidencia las tensiones típicas de los territorios rurales y de topografía compleja, donde la integración al sistema interconectado nacional coexiste con rezagos significativos de acceso. Esta región muestra que la transición energética puede construirse sobre activos productivos y renovables ya existentes, siempre que se complementa con soluciones distribuidas para las zonas más aisladas y con una articulación más estrecha entre agroindustria, gestión de residuos y electrificación de usos productivos.

Las regiones de la Orinoquía y la Amazonía comparten un patrón de alta dependencia de combustibles líquidos importados y baja integración a la infraestructura energética convencional, aunque con matices relevantes: mientras Arauca combina una economía extractiva petrolera con potenciales solares e hidroenergéticos significativos que podrían diversificar su matriz, Amazonas enfrenta condiciones adversas en términos de aislamiento logístico, dependencia de generación diésel en Zonas No Interconectadas y persistencia de usos tradicionales de leña, con potenciales renovables aprovechables pero de menor escala absoluta y con antecedentes de dificultades prácticas de implementación y de soporte y logística local. Estas dos regiones evidencian que la transición energética en los territorios más apartados del país no puede replicar los modelos centralizados de las regiones Andina o Caribe, sino que debe apoyarse en microrredes, soluciones híbridas con almacenamiento y fortalecimiento de capacidades locales de gestión y mantenimiento.

En conjunto, los hallazgos de este capítulo permiten concluir que el despliegue de la transición energética en Colombia requiere un enfoque regionalmente diferenciado de tres dimensiones interdependientes: la estructura del consumo energético, que varía desde la alta dependencia del transporte fósil en zonas urbanas hasta el uso tradicional de biomasa en territorios rurales y apartados; la infraestructura disponible, que oscila entre redes robustas de transmisión y distribución en el interior andino y esquemas mixtos o no interconectados en el Caribe rural, la Orinoquía y la Amazonía; y los potenciales de energías renovables, que aunque presentes en todas las regiones con distinta intensidad, solar de manera prácticamente generalizada, eólico concentrado en el Caribe, hidroenergía relevante en el Pacífico y la Amazonía, y biomasa residual significativa en zonas agroindustriales y pecuarias, exigen modelos de implementación adaptados a las condiciones geográficas, sociales e institucionales de cada territorio. Este análisis regional confirma que la transición energética colombiana requiere concebirse como un proceso heterogéneo, que incluya un conjunto de trayectorias articuladas que deben combinar descarbonización de la oferta, electrificación de la demanda, expansión del acceso y fortalecimiento de la infraestructura eléctrica y de la gobernanza territorial, en función de las capacidades y vulnerabilidades específicas de cada una de las cinco regiones analizadas.

Referencias

- Alpina. (2022). *En Colombia, Alpina le apuesta a que 50 % de su energía sea renovable a partir de este año*. Semana. <https://www.semana.com/economia/empresas/articulo/alpina-le-apuesta-a-que-50-de-su-energia-sea-renovable-a-partir-de-este-ano/202240/>
- Altan, H. S., Orhon, D., & Sözen, S. (2022). Energy Recovery Potential of Livestock Waste with Thermal and Biological Technologies: Analysis on Cattle, Sheep, Goat and Chicken Manure. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(2), 39–52. <https://doi.org/10.32479/ijee.12733>
- Amante-Orozco, A., Martínez-Esquivel, R. Rössel-Kipping, E. D., Pimentel-López, J., García-Herrera, E. J., & Gómez-González, A. (2019). Anaerobia digestion of sheep manure to produce biogas and biofertilizer. *Agroproductividad*, 12(4), 39–43. <https://doi.org/https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1201>
- ANH. (2022). *Mapa de tierras*. Agencia Nacional de Hidrocarburos. <https://www.anh.gov.co/es/hidrocarburos/mapa-de-tierras>
- ANH. (2023). *Informe de recursos y reservas con corte diciembre de 2022, insumo para la Transición Energética Justa en Colombia*. Agencia Nacional de Hidrocarburos. https://www.anh.gov.co/documents/21617/Informe_de_Reservas_y_Recursos_Contingentes_de_Hidrocarburos_2022_pfMyhzQ.pdf
- Batidzirai, B., Smeets, E. M. W., & Faaij, A. P. C. (2012). Harmonising bioenergy resource potentials - Methodological lessons from review of state-of-the-art bioenergy potential assessments. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 16, Issue 9, pp. 6598–6630). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.09.002>
- Bernal Calderón, J. P., & Orozco Aguirre, J. P. (2019). *Comparación del estiércol bufalino y bovino como potenciales inóculos en el proceso de digestión anaerobia*. In Universidad Pontificia Bolivariana.
- Brieva Avilez, X. P., Serpa Fajardo, J. G., & Henández Ramos, E. (2020). *Aprovechamiento del bagazo de yuca en la elaboración de biomateriales*. SENA, 24–26. <https://doi.org/10.1590/fst.32117>
- Buriticá, C., Ramírez, C., López, G., Moreno, R., Martínez, F., & Aldana, F. (2020). *Los recursos distribuidos de bioenergía en Colombia*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas
- CAN 536. (2002). *Marco General para la interconexión subregional de sistemas eléctricos e intercambio intracomunitario de electricidad*. Comisión de la Comunidad Andina.
- Celsia. (2021). *Documento Sistema Interconectado Nacional*. <https://www.celsia.com/wp-content/uploads/2021/02/Documento-de-trabajo-sobre-el-Sistema-Interconectado-Nacional.pdf>
- Cenicaña. (2020). *Información sectorial sobre aprovechamiento energético del bagazo y residuos de caña de azúcar*.
- CREG. (2002). *RESOLUCIÓN No. 068 de 2002*. Comisión de regulación de Energía y Gas. <https://gestornormativo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/f75b6d4c998ebd5c0525785a007a652e.html>
- CREG. (2013). *Zonas No Interconectadas*. Comisión de regulación de Energía y Gas. <https://creg.gov.co/publicaciones/7821/zonas-no-interconectadas/>
- CREG. (2017). *Cartilla Distribución de Energía Eléctrica*. Comisión de regulación de Energía y Gas. https://www.ariae.org/sites/default/files/2017-05/distribucion_energ_electrica.pdf
- Da Lio, L., Castello, P., Gianfelice, G., Cavalli, R., & Canu, P. (2021). Effective energy exploitation from horse manure combustion. *Waste Management*, 128, 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.035>

- Daojun, X., Lixin, W., & Liqun, X. (2014). Analysis of direct combustion characteristics of pig manure based on thermogravimetry[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 30(5), 162–168.
- Dede, O. H., & Ozer, H. (2018). Enrichment of poultry manure with biomass ash to produce organomineral fertiliser. *Environmental Engineering Research*, 23(4), 449–455. <https://doi.org/https://doi.org/10.4491/eer.2018.081>
- Derivex. (2023). *Informe ejecutivo mensual mercado eléctrico colombiano mayo 2023*. Mercados de derivados de commodities energéticos. <https://www.derivex.com.co/resources/documentos/666.pdf>
- EPM. (2024). *Información sobre operación del parque eólico Jepirachi*.
- FAO. (2014). *Natural Resources Module - Agricultural Residues Component*. <https://www.fao.org/energy/bioenergy/bioenergy-and-food-security/assessment/befs-ra/natural-resources/en/>
- Fonseca, S., Wilches Cristiano, J. P., Patarroyo León, K. J., & Gómez Mejía, A. (2025a). Sistema energético. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez Mejía (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Amazonas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Fonseca, S., Wilches Cristiano, J. P., Patarroyo León, K. J., & Gómez Mejía, A. (2025b). Sistema energético. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez Mejía (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Arauca*. Universidad Nacional de Colombia.
- Fonseca, S., Wilches Cristiano, J. P., Patarroyo León, K. J., & Gómez Mejía, A. (2025c). Sistema energético. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez Mejía (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Bogotá*. Universidad Nacional de Colombia.
- Fonseca, S., Wilches Cristiano, J. P., Patarroyo León, K. J., & Gómez Mejía, A. (2025d). Sistema energético. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez Mejía (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Caldas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Fonseca, S., Wilches Cristiano, J. P., Patarroyo León, K. J., & Gómez Mejía, A. (2025e). Sistema energético. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez Mejía (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Cesar*. Universidad Nacional de Colombia.
- Fonseca, S., Wilches Cristiano, J. P., Patarroyo León, K. J., & Gómez Mejía, A. (2025f). Sistema energético. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez Mejía (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de La Guajira*. Universidad Nacional de Colombia.
- Fonseca, S., Wilches Cristiano, J. P., Patarroyo León, K. J., & Gómez Mejía, A. (2025g). Sistema energético. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez Mejía (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Medellín*. Universidad Nacional de Colombia.
- Fonseca, S., Wilches Cristiano, J. P., Patarroyo León, K. J., & Gómez Mejía, A. (2025h). Sistema energético. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez Mejía (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Nariño*. Universidad Nacional de Colombia.
- Fonseca, S., Wilches Cristiano, J. P., Patarroyo León, K. J., & Gómez Mejía, A. (2025i). Sistema energético. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez Mejía (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Valle del Cauca*. Universidad Nacional de Colombia.

- Fonseca, S., Wilches Cristiano, J. P., Patarroyo León, K. J., & Gómez Mejía, A. (2025j). Sistema energético. En K. J. Patarroyo León & A. Gómez Mejía (Eds.), *Transiciones hacia el desarrollo sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. Universidad Nacional de Colombia.
- Forster-Carneiro, T., Berni, M. D., Dorileo, I. L., & Rostagno, M. A. (2013). Biorefinery study of availability of agriculture residues and wastes for integrated biorefineries in Brazil. *Resources, Conservation and Recycling*, 77, 78–88. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.05.007>
- Gabisa, E. W., & Gheewala, S. H. (2018). Potential of bio-energy production in Ethiopia based on available biomass residues. *Biomass and Bioenergy*, 111(February), 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.02.009>
- Guio-Pérez, D. C., Rincón Prat, S. L., Cáceres Martínez, L. E., & Tibocha Guzmán, D. A. (2016). Suitability analysis of residual biomass in Colombia for Gasification un fluidized bed. *24th European Biomass Conference and Exhibition*, 1(June), 870–879.
- IPSE. (2022). *Boletín de datos IPSE*. Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas
- Khan, M. U., Ahmad, M., Sultan, M., Sohoo, I., Ghimire, P. C., Zahid, A., Sarwar, A., Farooq, M., Sajjad, U., Abdeslahian, P., & Yousaf, M. (2021). Biogas production potential from livestock manure in Pakistan. *Sustainability (Switzerland)*, 13(12), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su13126751>
- MinEnergía. (2022). *Boletín estadístico. Sistema de Información de Comercialización de Combustibles*. Ministerio de Minas y Energía. <https://www.sicom.gov.co/index.php/boletin-estadistico>
- MinTransporte. (2021). *Transporte en cifras 2021*. Anuario Nacional de Transporte. Ministerio de Transporte
- MinTransporte. (2023). *Crecimiento del Parque Automotor Runt2.0*. Ministerio de Transporte.
- Montenegro Orozco, K. T., Rojas Carpio, A. S., Cabeza Rojas, I., & Hernández Pardo, M. Andrés. (2016). Potencial de biogás de los residuos agroindustriales generados en el departamento de Cundinamarca. *Revista ION*, 29(2), 23–37. <https://doi.org/https://doi.org/10.18273/revion.v29n2-2016002>
- Muñoz, D., Cuatin, M., & Pantoja, A. (2013). Potencial energético de residuos agroindustriales del departamento del Cauca, a partir del poder calorífico inferior. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 156–163. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n2/v11n2a18.pdf>
- OECD. (2022). Energy sector trends and clean energy prospects. *Enabling Conditions for Bioenergy Finance and Investment in Colombia, Green Finance, and Investment*. OECD Publishing.
- OLADE. (2013). *Modelos de Mercado, Regulación Económica y Tarifas del Sector Eléctrico en América Latina y el Caribe – Colombia*. Foreign Affairs, Trade and Development Canada. Organización Latinoamericana de Energía. <https://www.olade.org/wp-content/uploads/2021/03/Informe-final-COLOMBIA.pdf>
- Popp, J., Lakner, Z., Harangi-Rákos, M., & Fári, M. (2014). The effect of bioenergy expansion: Food, energy, and environment. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 32, pp. 559–578). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.056>
- Portafolio. (2023). Talaron 4.000 m² en el Amazonas para una granja solar que no funciona. <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/amazonas-el-proyecto-solar-que-aun-no-entra-en-funcionamiento-583834>

- Ramírez, S. (2017). *Manejo de Excretas de Ovejas Mediante Compostaje, Inoculado con Microorganismos de Montaña (MM) Nativos en La Finca Experimental Santa Lucia, Heredia*. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/14182>
- Ramos-Suárez, J. L., Ritter, A., Mata González, J., & Camacho Pérez, A. (2019). Biogas from animal manure: A sustainable energy opportunity in the Canary Islands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104(December 2018), 137–150. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.025>
- Revista Nacional de Agricultura. (2022). Biodiésel y bioetanol: Imprescindibles en la transición energética. *Revista Nacional de Agricultura*, 1028. <https://sac.org.co/biodiesel-y-bioetanol-imprescindibles-en-la-transicion-energetica/>
- Rocha-Meneses, L., Risco, M. A. L. del, & Bergamo, T. F. (2023). Farmers' preferences and willingness to adopt anaerobic digestion technologies: a case study in rural areas in Colombia. *Biofuels*. <https://doi.org/10.1080/17597269.2023.2201729>
- Rojas González, L. M. (2019). *Aprovechamiento de la cáscara de cacao para la elaboración de un biocomposito con aplicación en la construcción sostenible*.
- RUNT. (2021). *Boletín de prensa 012 de 2021 ¿cuál es la edad del parque automotor en el país?* Registro Único Nacional de Tránsito.
- Sagastume Gutiérrez, A., Cabello Eras, J. J., Hens, L., & Vandecasteele, C. (2020). The energy potential of agriculture, agroindustrial, livestock, and slaughterhouse biomass wastes through direct combustion and anaerobic digestion. The case of Colombia. *Journal of Cleaner Production*, 269. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122317>
- Servicio Geológico Colombiano. (2020). *Geotermia: Gradiente Geotérmico*. https://www.datos.gov.co/dataset/Geotermia-Gradiente-Geot-rmico/kmqv-ckev/about_data
- Servicio Geológico Colombiano. (2023). *Mapa Carbonífero de Colombia*. Geoportal. http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Mapa_Potencial_Carbonifero_Colombia/
- Shamsul, N. S., Kamarudin, S. K., Kofli, N. T., & Rahman, N. A. (2017). Optimization of bio-methanol production from goat manure in single stage bio-reactor. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(14), 9031–9043. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.05.228>
- SICOM. (2023) *Boletín Estadístico*. Sistema de Información de la Cadena de Distribución de Combustibles. <https://www.sicom.gov.co/index.php/boletin-estadistico>
- SIMCO. (2023). *Producción, regalías y comercio exterior*. Sistema de Información Minero Colombiano. <https://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/Informacion-estadistica-minera.aspx>
- SSPD. (2021). *Zonas No interconectadas – ZNI Informe sectorial de la prestación del servicio de energía eléctrica 2021*. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/informe_sectorial_zni_2021%20%281%29.pdf
- SSPD. (2023). *Datos abiertos*. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.
- The Renewable Consulting Group & ERM. (2022). *Hoja de ruta para el despliegue de la energía eólica costa afuera en Colombia*.
- The World Bank Group, ESMAP, & Solargis. (2023). *Global Solar Atlas*. <https://globalsolaratlas.info/map>

- The World Bank Group, ESMAP, & Solargis. (2024). *Global Solar Atlas*. <https://globalsolaratlas.info/map>
- The World Bank Group, ESMAP, & Vortex. (2023). *Global Wind Atlas*. <https://globalwindatlas.info/en>
- Tsai, W. T., & Liu, S. C. (2016). Thermochemical characterization of cattle manure relevant to its energy conversion and environmental implications. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 6(1), 71–77. <https://doi.org/10.1007/s13399-015-0165-7>
- UPME & PUJ. (2015). *Atlas del Potencial Hidroenergético de Colombia 2015*. Unidad de Planeación Minero Energética y Pontificia Universidad Javeriana. https://biblioteca.minenergia.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=6034&shelfbrowse_itemnumber=8141
- UPME. (2018a). *Metodología y resultados de la estimación del Índice de Cobertura de Energía Eléctrica ICEE-2018*. Unidad de Planeación Minero Energética. Bogotá. https://www1.upme.gov.co/siel/PIEC/2019-23/2019/Anexo3_Metodologia_ICEE_2018_paraComentariosDic5.pdf
- UPME. (2018b). *Registro de proyectos de generación de energía eléctrica*. Unidad de Planeación Minero Energética. Ministerio de Minas y Energía.
- UPME. (2021). *Informe de Balances de Energía 2006-2021*. Unidad de Planeación Minero Energética. Recuperado en Agosto 7, 2023 de <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/BECO.aspx>
- UPME. (2022). Balance energético colombiano. Unidad de Planeación Minero Energética. <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/BECO.aspx>
- UPME. (2023a). *Informe de registro de proyectos de generación semana 26 de 2023*. Unidad de Planeación Minero Energética. Recuperado en agosto 8, 2023, de Inscripción de proyectos de generación: <https://www1.upme.gov.co/siel/Pages/Inscripcion-proyectos-generacion.aspx>.
- UPME. (2023b). *Plan Nacional de Sustitución de Leña*. Unidad de Planeación Minero-Energética. <https://www1.upme.gov.co/sipg/Paginas/Plan-nacional-sustitucion-lena.aspx>
- UPRA & ICA. (2022). *Evaluaciones agropecuarias municipales - Base pecuaria 2019-2022*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria e Instituto Colombiano Agropecuario https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva_2022.aspx
- UPRA. (2022). *Evaluaciones agropecuarias municipales - Base Agrícola 2019 - 2022*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva_2022.aspx
- Valorem. (2022). *Refoenergy Bitá, energía limpia para el Vichada*. Sostenibilidad: Energía Renovable, 17. <https://amchamcolombia.co/business-mail/ed-178-sostenibilidad-2022/refoenergy-bita-energia-limpia-para-el-vichada/>
- Villavicencio, A., Gutiérrez, E., Carvajal, C., & Tafur, P. (2018). Caracterización de la biomasa residual del cacao CCN51 para obtención del poder calorífico mediante procesos de gasificación anaeróbico y termoquímico. *Científica*, 22(2), 113–123. http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2017/12/Villavicencio-Ángelo_termoquimico.pdf
- XM. (2023). *Parámetros técnicos del SIN*. <https://www.xm.com.co/generaci%C3%B3n/plantas>
- XM. (2024). *PARATEC*. <https://paratec.xm.com.co/reportes/capacidad-efectiva-neta-tipo-generacion>

9 Análisis comparativo del contexto regional para la transición energética en Colombia

Alexánder Gómez Mejía

En este capítulo se analiza integralmente el contexto para el despliegue de la transición energética a nivel regional en el país, a través de las cinco grandes regiones geográficas del país usadas en el desarrollo de este estudio: Caribe, Andina, Pacífica, Orinoquía y Amazonía. El análisis utiliza como insumos principales el presente documento y un estudio adicional de soporte sobre el contexto internacional y las principales consecuencias sistémicas de la implementación de la transición energética, (Gómez, 2026). Ese estudio presenta un análisis y clasificación para las principales consecuencias sistémicas que se prevén a partir de la operación de los nuevos sistemas energéticos basados en fuentes renovables y variables de energía. Esa clasificación se realiza a través de cinco agrupaciones de consecuencias que abarcan los componentes asociados a las condiciones de la oferta y la infraestructura energéticas; la demanda y los nuevos requerimientos de tecnologías de uso final, almacenamiento y control del sistema; la regulación y gestión del nuevo sistema energético; los cambios en el uso del suelo y el ordenamiento territorial; y la transformación económica nacional.

El análisis del capítulo se estructura en tres partes. En la primera, se realiza un análisis integral y comparativo para las cinco regiones, que sintetiza y articula con enfoque regional los componentes abordados separadamente en los capítulos 2 al 8 del presente estudio. En la segunda parte, se analiza el contexto regional para el despliegue de la transición energética en función de la agrupación propuesta para las cinco grandes consecuencias sistémicas del nuevo sistema energético. De esta manera, el capítulo sirve de síntesis del presente documento y contribuye a establecer una línea base de implicaciones regionales que deben considerarse desde las etapas tempranas de planeación y despliegue de la transición energética a nivel regional.

9.1 Síntesis comparativa regional del presente estudio

Las condiciones socioeconómicas de las cinco regiones colombianas están determinadas, en gran medida, por su ubicación geográfica y su historial de ocupación territorial. La región Andina, con Bogotá y Medellín como polos urbanos, concentra la mayor densidad poblacional y los mejores indicadores de pobreza, esperanza de vida y cobertura en salud, que reflejan su consolidación urbana e institucional histórica, (DANE, 2023a, 2023d). En contraste, el Caribe y la Orinoquía muestran una combinación de aislamiento geográfico, dispersión poblacional étnica y fronteras internacionales activas que hoy coincide con los niveles más altos de pobreza multidimensional y necesidades básicas insatisfechas del país, (DANE, 2023b). La Amazonía, con Amazonas como un caso ilustrativo, enfrenta un patrón similar pero agravado por la selva como barrera física de acceso, mientras la región Pacífica exhibe una dualidad entre el dinamismo del Valle del Cauca y los rezagos estructurales de Nariño, Cauca y Chocó, (DANE, 2023a). Esta diferenciación geográfica inicial es determinante porque anticipa que cualquier estrategia de transición energética deberá establecer sus metas de acceso, empleo y equidad de manera distinta según la brecha socioeconómica de partida en cada territorio.

La estructura económica y de infraestructura de cada región reproduce su vocación geográfica de base: extracción de recursos naturales en las periferias y diversificación productiva en el centro andino. La Guajira y Arauca dependen de la minería de carbón y la explotación petrolera, respectivamente, con más del 45 % del PIB departamental concentrado en un solo sector extractivo, lo cual genera alta renta, pero escasa generación de empleo formal, (DANE, 2023c). El Valle del Cauca articula una economía agroindustrial diversificada con el Puerto de Buenaventura como nodo logístico estratégico hacia el Pacífico, que en 2022 movilizó cerca del 12 % de la carga portuaria nacional (Cámara de Comercio de Cali, 2023), mientras Bogotá y Medellín concentran servicios, industria y el mercado de capitales del país, (DANE, 2023c). Las exportaciones regionales confirman esta especialización: los perfiles económicos

departamentales muestran que el Caribe exporta principalmente carbón, la Orinoquía hidrocarburos y el Pacífico productos agroindustriales, cada uno con destinos y socios comerciales distintos, (MINCIT, 2023). La infraestructura vial y energética sigue esta misma lógica centro-periferia: las regiones andinas cuentan con mejores estándares de competitividad en infraestructura, mientras el Caribe, la Orinoquía y la Amazonía dependen de corredores logísticos únicos o de transporte fluvial y aéreo, lo que encarece cualquier despliegue de infraestructura energética adicional en estos territorios.

Los desafíos y tensiones sociales también están profundamente ligados a la geografía, en particular a la existencia de corredores estratégicos para economías ilícitas y a la debilidad histórica de la presencia estatal en las periferias. El Valle del Cauca y Nariño enfrentan una fuerte disputa territorial entre disidencias de las FARC, el ELN y grupos posparamilitares por el control de rutas de narcotráfico y minería ilegal, con Buenaventura como epicentro de esta conflictividad en el Pacífico, donde se estima la presencia de actores ilegales en gran parte del área urbana del puerto. La Guajira presenta tensiones interculturales asociadas al pueblo Wayuu y a la migración transfronteriza con Venezuela, mientras Arauca combina la disputa por corredores petroleros con dinámicas binacionales similares. Estas tensiones no son incidentales para la transición energética: los grandes proyectos renovables y de infraestructura eléctrica en el Caribe y la Orinoquía deben implementarse en territorios con presencia de actores armados y economías ilegales, lo que exige enfoques de consulta previa, gobernanza local y gestión de riesgo social mucho más robustos que en el centro andino.

El ordenamiento territorial representa directamente cómo la geografía física condiciona las oportunidades de desarrollo sostenible. La región Andina concentra ecosistemas de páramo y una hidrografía intensamente aprovechada para generación hidroeléctrica y abastecimiento urbano, lo que ha generado conflictos entre usos del suelo urbano, agrícola y de conservación en cuencas como las de Bogotá y Medellín. El Caribe combina zonas áridas de alto potencial solar y eólico en La Guajira con ecosistemas insulares frágiles en San Andrés y Providencia, mientras la Orinoquía y la Amazonía presentan las mayores extensiones de ecosistemas estratégicos del país, con sabanas inundables y selva húmeda tropical, con fuertes restricciones para el desarrollo de infraestructura convencional. Esta diversidad de coberturas de tierra y climatologías regionales, evidenciada en los censos poblacionales y de división político-administrativa de cada departamento (DANE, 2023a, 2023d), constituye la base territorial que determina qué tipo de fuente renovable resulta viable y sostenible en cada región, y no decisiones tecnológicas desligadas del territorio.

Los sistemas agroalimentarios reflejan de forma clara la vocación productiva regional derivada de la geografía y el clima. El Valle del Cauca y los departamentos del Eje Cafetero destacan por su agroindustria consolidada, principalmente de caña de azúcar, café y otros cultivos frutales, generando residuos de biomasa de alto potencial energético como el bagazo de caña, en un contexto en que el sector agropecuario contribuye entre el 8 % y 14 % del PIB departamental, para estas regiones (DANE, 2023c). La Orinoquía y el Caribe muestran un peso relevante de la ganadería extensiva, cuyos residuos pecuarios ofrecen oportunidades de biogás, mientras la Amazonía mantiene sistemas agroalimentarios de subsistencia con baja intensidad productiva, condicionados por la fragilidad del suelo selvático. La región Andina, por su parte, combina agricultura de clima frío en zonas rurales con altos volúmenes de residuos sólidos urbanos en sus grandes ciudades, abriendo una vía alternativa de aprovechamiento energético centrada en la valorización de residuos urbanos más que agrícolas.

En materia de emisiones y planes de acción climática, las regiones difieren tanto en su perfil de fuentes emisoras como en su capacidad institucional para implementar medidas de mitigación. Las regiones extractivas como el Caribe y la Orinoquía concentran emisiones asociadas a la producción de hidrocarburos y carbón, así como a la deforestación asociada a economías ilegales, mientras la región Andina tiene emisiones principalmente por transporte urbano e industria. La Amazonía, pese a su baja huella de emisiones directas, es crítica para la mitigación climática nacional por su rol como sumidero de carbono, lo que impone restricciones particulares a cualquier intervención energética o de

infraestructura en su territorio. Estas diferencias muestran que los planes de acción climática regional no pueden aplicar métricas homogéneas de reducción, sino que deben distinguir entre territorios emisores netos y territorios proveedores de servicios ecosistémicos globales. Y debe establecerse un énfasis específico en el control de la deforestación, que es una de las principales causantes de emisiones del país.

Finalmente, el sistema energético sintetiza todas las diferencias geográficas anteriores en un mapa de potenciales y limitaciones claramente diferenciado. El Caribe reúne el mayor potencial solar y eólico del país, con La Guajira como epicentro, complementado por la región costera hasta Barranquilla, en el interior por Cesar y por soluciones insulares distribuidas en San Andrés y Providencia. La región Andina concentra la mayor demanda urbana e industrial y su transición depende, inicialmente, más de la electrificación de la demanda que de nuevos recursos primarios, en ciudades donde el acceso real a servicios de salud y otros indicadores de calidad de vida son notablemente más altos que el promedio nacional (Instituto Nacional de Salud, 2019), reflejo de una mayor capacidad institucional para gestionar procesos complejos de transición. Esta región tiene una alta dependencia del desarrollo oportuno de infraestructura eléctrica, que le permita proveerse de electricidad renovable desde la región Caribe. El Pacífico se apoya en la hidroenergía y la cogeneración agroindustrial ya consolidadas en el Valle del Cauca, mientras la Orinoquía y la Amazonía enfrentan el reto de sustituir diésel y el uso tradicional de biomasa mediante soluciones solares, hidroenergía a filo de agua, usos modernos de bioenergía y microrredes distribuidas, dada su desconexión del sistema interconectado nacional.

La síntesis de los siete componentes abordados en los capítulos 2 al 8 de este estudio corrobora que las condiciones geográficas, el ordenamiento territorial y los potenciales de recursos naturales asociados constituyen el factor determinante y de partida para diseñar cualquier estrategia económica, socioeconómica y ambiental de transición energética regional en Colombia. Las diferencias entre el Caribe, la región Andina, el Pacífico, la Orinoquía y la Amazonía son de magnitud y de naturaleza estructural: cada territorio combina de manera distinta sus vocaciones productivas, sus fragilidades ecosistémicas, sus conflictividades sociales y su acceso a infraestructura, lo que impide una política energética uniforme. Esta síntesis integral establece, por tanto, la base directa sobre la cual deben proyectarse las consecuencias sistémicas esperadas del nuevo sistema energético una vez implementada la transición, en función de las condiciones diferenciales de cada contexto regional.

9.2 Desafíos regionales para la transición energética en Colombia

En su objetivo de implementar una sustitución gradual del uso de los combustibles fósiles por las fuentes renovables de energía, la transición energética implica transformar de manera simultánea la oferta, el transporte, el almacenamiento y los usos finales de la energía, así como los sistemas digitales de gestión y los marcos regulatorios que sostienen su funcionamiento. Esa transformación desde el actual sistema energético eminentemente centralizado hacia un sistema energético descentralizado en función de la disponibilidad de las fuentes renovables de energía debe establecerse manteniendo el equilibrio entre los criterios de confiabilidad del suministro, la equidad en el acceso a la energía y la sostenibilidad ambiental por su uso. Estos criterios establecen límites para los niveles de descentralización y autarquía energética que es factible implementar. En algunos casos esa autarquía puede alcanzar el nivel de hogares individuales, pero en la generalidad de los casos deben establecerse unidades agregadas de uso mayores para lograr compromisos operativos que garanticen simultáneamente la confiabilidad y el costo, con bajos impactos ambientales. Las escalas de producción de la energía se harán mucho menores que las del actual sistema energético centralizado, pero va a requerirse el respaldo de un sistema paralelo que garantice el suministro confiable a costos asequibles a los centros urbanos de mayor densidad poblacional. Hoy existe ya un grupo de tecnologías renovables con madurez tecnológica suficiente para operar en escalas comerciales y con costos competitivos frente a los combustibles fósiles (IRENA, 2025), especialmente para la energía solar fotovoltaica, eólica en tierra y costa afuera, hidroenergía y bioenergía. Otras fuentes, como la geotermia o la energía mareomotriz, avanzan en las etapas

de desarrollo y despliegue tecnológico. Para Colombia, este panorama tecnológico se combina con un reto adicional de mejora sistemática de la eficiencia energética en todos los sectores de transformación y consumo. La disponibilidad tecnológica y de costos favorables, sin embargo, no garantiza por sí sola una implementación exitosa de la transición energética: las consecuencias sistémicas de esta transformación se extienden sobre la infraestructura, el ámbito tecnológico de usos finales, los costos reales de la energía para los usuarios, la estructura regulatoria, el ordenamiento territorial y, estructuralmente, sobre la economía productiva del país, y determinan en última instancia la viabilidad, y de forma decisiva, el ritmo del proceso (Gómez, 2026). Las cinco subsecciones siguientes analizan estas consecuencias sistémicas en el contexto regional colombiano, tomando como referencia directa el análisis de síntesis de la sección 9.1 y de los capítulos 2 a 8 de este documento.

9.2.1 Dependencia geográfica y necesidades de interconexión

Los potenciales de las fuentes renovables se distribuyen en el territorio en función de las condiciones geográficas específicas de radiación solar, régimen de vientos, caudales hídricos y disponibilidad de biomasa, que normalmente no coinciden con los centros de mayor demanda energética. Esta condición estructural ha llevado a que los proyectos de generación se ubiquen en las zonas de mejor potencial, y que la energía producida se transporte posteriormente hasta los centros de consumo mediante redes eléctricas de gran escala, en lugar de generarla localmente bajo condiciones comparativamente no óptimas, (Spielhofer *et al.*, 2023). En Colombia, este patrón se expresa con particular claridad en la relación entre La Guajira, con el mayor potencial solar y eólico en tierra y costa afuera del país, y el interior andino, donde se concentra la mayor demanda urbana e industrial, especialmente en áreas metropolitanas de ciudades como Bogotá, que depende casi completamente de energía importada desde otras regiones para satisfacer su consumo (según se documentó en el capítulo 8 de este documento y su información de soporte). En otros casos, como el del Valle del Cauca, se detecta una mejor proximidad entre el potencial renovable y la demanda energética regional (mediante el consolidado de hidroenergía y de cogeneración agroindustrial a partir de residuos de caña de azúcar). Aquí, aunque se reduce significativamente la dependencia energética externa, se mantienen los requerimientos de nueva infraestructura para el transporte de electricidad hacia otras regiones. De forma general, se va a requerir el fortalecimiento de la infraestructura para el intercambio de energía entre la región Caribe (con alto potencial solar y eólico) y la región Andina (con alto potencial hidroeléctrico).

Esta necesidad de interconexión no se limita a la electricidad porque la transición energética también exige infraestructura para el transporte, almacenamiento y distribución de nuevos vectores energéticos, como el hidrógeno, el biogás y el biometano, particularmente relevantes para cubrir la demanda de calor de alta temperatura en varios sectores de la industria con procesos de difícil electrificación. La magnitud de estas inversiones en infraestructura implica, además, costos adicionales que finalmente se trasladan a los usuarios, incrementando el precio de la energía renovable en comparación con los esquemas de generación centralizada tradicional. La dependencia estructural del Caribe y la Orinoquía como proveedores netos de energía primaria hacia el resto del país, como se analizó en los casos departamentales de La Guajira y Arauca (este último exportando cerca del 99 % de su energía primaria extraída, principalmente como petróleo crudo), ilustra cómo la dependencia geográfica de los recursos renovables reproduce parcialmente, los patrones de transporte energético interregional que ya caracterizan al sistema fósil actual. Estos patrones aplican ahora a la electricidad renovable, pero con necesidades de intercambio en ambas direcciones (como el caso entre la región Caribe y la Andina, por ejemplo). A estas condiciones de intercambio entre regiones se suman los retos para garantizar globalmente la seguridad energética nacional, incluyendo la posibilidad de intercambiar energía con otros países, o, de forma más ambiciosa, para avanzar hacia la soberanía energética, que privilegia el abastecimiento con fuentes exclusivamente de origen nacional. En todos estos casos, el desarrollo de la infraestructura juega un papel central.

9.2.2 Variabilidad temporal y nuevas necesidades tecnológicas

La energía solar y eólica dependen de condiciones climáticas que las hacen intrínsecamente variables, con niveles de producción que pueden oscilar entre cero y el cien por ciento de su capacidad en cuestión de minutos u horas. Esta variabilidad exige instalar capacidades nominales mucho mayores que la demanda efectiva de electricidad, para poder cumplir con los requerimientos efectivos de demanda ante disminuciones en la disponibilidad de las fuentes. La variabilidad también puede generar afectaciones técnicas en la tensión y frecuencia de la red, que se intensifican con la cantidad de usuarios produciendo y consumiendo electricidad simultáneamente. Estas afectaciones son capaces de desestabilizar el sistema completo, como ocurrió en España en 2025. Al mismo tiempo, la generación bajo las condiciones de plena capacidad nominal de las plantas produce excedentes energéticos respecto a la demanda efectiva local, cuya gestión implica múltiples retos tecnológicos adicionales para el nuevo sistema. Frente a estos, existen al menos cinco grandes vías de solución: la desconexión parcial de las plantas renovables, el intercambio eléctrico entre regiones (incluso entre países), la gestión activa de la demanda (DSM, por sus siglas en inglés), las diversas opciones de almacenamiento energético, (Huang *et al.*, 2023), y el acoplamiento entre los sectores energéticos (eléctrico, transporte y calor para procesos). Es en este sentido que toma valor el despliegue de nuevos vectores energéticos, como el hidrógeno y los combustibles sintéticos derivados, (Pagnier & Jacquod, 2018).

La selección entre esas grandes vías de solución para la gestión de la escasez y los excedentes energéticos ofrecen soporte en el objetivo de garantizar la confiabilidad (o seguridad) en el suministro. La desconexión simple de las plantas renovables sigue siendo, por ahora, la alternativa más económica en las etapas iniciales de la transición. El intercambio de energía entre regiones depende del fortalecimiento de la infraestructura de redes, como se describió en la sección anterior. La gestión de la demanda exigirá implementar medidas por parte de los consumidores, que, aunque exigen adecuación de los hábitos de consumo, no pueden comprometer el cumplimiento de los requerimientos necesarios de energía (inclusive las condiciones de confort de los usuarios, como el uso de aire acondicionado, por ejemplo). Por otra parte, la implementación de esquemas de manufactura flexible industrial, que puedan adaptarse a su operación con la generación de los excesos de electricidad (a bajos costos en estas condiciones), no es de implementación directa para todos los sectores industriales e implicará afectaciones en sus costos de producción. Las alternativas de almacenamiento energético marcan la trayectoria técnica de mejor factibilidad de implementación en el nuevo sistema energético. El almacenamiento representa actualmente altos costos, que disminuirán en los próximos años con la curva de aprendizaje tecnológico y las economías de escala, pero que seguirán impactando el precio de energía final a los usuarios. Por su parte, el acoplamiento entre los sectores energéticos podrá contribuir en la estabilización del sistema, especialmente en etapas de mayor participación de las fuentes renovables variables en el sistema eléctrico nacional.

En este aspecto, la interacción entre la región Caribe y Andina vuelve a ser relevante. El uso de los excedentes eléctricos ante condiciones óptimas solares y eólicas en la región Caribe pueden utilizarse en el bombeo masivo de agua hacia los embalses en la región Andina, lo que establece una gran 'batería' de energía potencial con impacto nacional. Este tipo de soluciones requiere, nuevamente, el soporte de un sistema robusto de la red eléctrica. Los casos regionales de la Amazonía y la Orinoquía requieren soluciones con esquemas de gestión de la variabilidad renovable diseñados y ajustados a escalas significativamente menores, al no estar integrados directamente al Sistema Interconectado Nacional y contar con tasas muy bajas de densidad poblacional.

La digitalización del sistema, mediante redes inteligentes, plantas virtuales de potencia, manejo de grandes cantidades de datos e inteligencia artificial (Valdes *et al.*, 2019), y el papel futuro del hidrógeno como vector de almacenamiento intermedio surgen como componentes indispensables para gestionar la variabilidad renovable, aunque sus costos actuales continúan siendo altos y su despliegue tecnológico se ha visto afectado por los desarrollos y tensiones geopolíticas recientes.

9.2.3 Menores escalas de producción y necesidades regulatorias

El sistema energético convencional ha estado dominado por un número reducido de plantas de gran escala, operadas por pocas empresas bajo esquemas cercanos al oligopolio. La generación a partir de fuentes renovables invierte esta lógica: se caracteriza por un elevado número de instalaciones de menor tamaño, en un rango amplio y disperso caracterizado por un orden de magnitud de hasta diez veces menores en su capacidad promedio que las centrales convencionales, que pueden ser desarrolladas por una multiplicidad de actores, incluyendo comunidades locales bajo esquemas de prosumidores y comunidades energéticas, (Valencia *et al.*, 2021). Esta transformación estructural exige una reforma del marco regulatorio colombiano, diseñado originalmente para un sistema centralizado que, pese a sus imperfecciones, ha garantizado desde 1994 avances sustanciales en la cobertura y la calidad del servicio eléctrico en el país.

El principal riesgo de este proceso de reforma regulatoria no es técnico, sino político: la transición hacia un sistema distribuido involucra un delicado balance de intereses entre actores establecidos y nuevos participantes, que puede generar alta polarización y bloquear la posibilidad de alcanzar acuerdos de largo plazo, atraer inversión y lograr eficiencia en costos y beneficios para el conjunto de usuarios. La experiencia reciente en Colombia muestra que esta polarización paraliza los procesos de transición cuando el debate se reduce a discusiones de corto plazo sin coherencia técnica. Para Colombia, esto implica la necesidad de diseñar procesos regulatorios con amplia participación ciudadana y de los actores determinantes del sistema energético, metas realistas de largo plazo establecidas mediante la minimización de los costos y sistemas robustos de monitoreo que permitan ajustar las medidas sin comprometer la confiabilidad del suministro. El reto regulatorio adquiere particular relevancia ante las condiciones regionales del sistema energético en Colombia. Por una parte, deben coexistir las condiciones de un sistema distribuido, especialmente en las regiones con baja densidad poblacional no integradas al SIN, principalmente Amazonía, Orinoquía y partes de la región Pacífica. En este sentido, los esquemas de generación distribuida y comunidades energéticas podrían representar soluciones más viables que la extensión de infraestructura centralizada convencional, pero requieren marcos normativos aún no consolidados para operar con seguridad jurídica y financiera. Por otra parte, se requieren las condiciones de un sistema energético parcialmente distribuido con el soporte de un robusto sistema de respaldo energético (construido a partir del sistema actual) para las regiones Caribe y Andina, con tasas de densidad poblacional mucho mayores y concentraciones urbanas con requerimientos intensivos de energía para el sector industrial. Para estas dos regiones, las soluciones energéticas distribuidas son un soporte relevante del nuevo sistema, pero se requiere un sistema de respaldo energético robusto para poder garantizar las condiciones de confiabilidad del servicio y precios asequibles de la energía, además, de la contribución en las mitigaciones de carbono por su origen renovable. Para estas regiones, es central el fortalecimiento de su interconexión eléctrica, el respaldo de nueva capacidad hidroeléctrica y el soporte termoeléctrico, al menos hasta el mediano plazo en la implementación de la transición energética.

9.2.4 Cambios en el uso del suelo y el ordenamiento territorial

El despliegue de proyectos renovables demanda nuevas áreas geográficas que, en muchos casos, entran en conflicto con las aspiraciones, cosmogonías y derechos territoriales de las comunidades locales, generando procesos de licenciamiento social y ambiental complejos y prolongados. Aunque los requerimientos totales de suelo para tecnologías renovables no son significativos a escala nacional, su presencia física sí puede generar controversias relevantes: los parques eólicos afectan el paisaje y las rutas migratorias de aves, los proyectos hidroeléctricos con represamiento modifican caudales y ecosistemas acuáticos, y la producción de biomasa energética puede competir con el uso alimentario del suelo si no se limita adecuadamente, como ha ocurrido con expansiones de monocultivos en otros países, (Amigues & Moreaux, 2019). En Colombia, esta tensión se ha hecho evidente en los procesos de licenciamiento de proyectos eólicos y de líneas de transmisión en La Guajira, donde se han documentado conflictos

interculturales con el pueblo Wayuu, lo que ilustra cómo el licenciamiento social puede convertirse en un cuello de botella determinante para el despliegue renovable, más allá de las restricciones técnicas o de suelo.

La transición energética exige, además, articular de manera cuidadosa el sistema energético con otros sistemas territoriales críticos, como el alimentario y el hídrico, evitando que la expansión de infraestructura energética comprometa la frontera agrícola o los ecosistemas estratégicos del país. Un componente adicional, frecuentemente subestimado, es la necesidad de acceso a nuevos materiales y recursos, incluidos los minerales críticos requeridos para paneles solares, turbinas eólicas, motores eléctricos y baterías, cuya extracción puede generar presiones adicionales sobre áreas de reserva ambiental. Todo ello debe complementarse con esquemas de economía circular que contemplen el desmantelamiento, reuso, reciclaje y disposición final de las plantas de transformación energética una vez cumplida su vida útil. La experiencia regional muestra que estos conflictos no son uniformes: mientras el Pacífico enfrenta tensiones asociadas a economías ilegales y control territorial en zonas como Buenaventura, y la Amazonía impone restricciones estrictas de conservación a cualquier proyecto hidroeléctrico o de infraestructura por su rol de conservación de la biodiversidad y como sumidero de carbono, la región Andina concentra sus desafíos en la competencia por el uso del suelo urbano y periurbano para infraestructura de transmisión y generación distribuida en ciudades como Bogotá y Medellín.

En estos nexos entre los diversos sistemas, se requiere intensificar las medidas de control de la deforestación en el país, especialmente en los departamentos de Meta, Caquetá, Guaviare, Putumayo, Antioquia, Chocó y Norte de Santander, que en los últimos años acumulan en promedio más del 75 % de las áreas deforestadas del país. Este fenómeno es uno de los principales causantes de las emisiones de carbono del país y puede contribuir en mayor proporción en las metas de mitigación nacionales, como se abordó en el capítulo 7 de este estudio.

9.2.5 Dependencia extractiva y transformación productiva

Para Colombia, el reto económico de la transición energética es de grandes dimensiones: la matriz energética primaria del país depende en aproximadamente un 75 % de fuentes fósiles, y los ingresos por exportaciones de estos recursos han representado entre el 50 % y el 65 % del total exportado durante las últimas dos décadas, (Gómez, 2026). Los costos globales para la transición energética en Colombia se estiman anualmente en un intervalo aproximado entre el 7 % al 16 % del PIB del país para alcanzar la carbono-neutralidad hacia 2050, (McKinsey Global Institute, 2022; MinEnergía, 2024; Cárdenas & Orozco, 2023). Es fundamental subrayar que el nuevo sistema energético, aunque mitiga las emisiones de gases de efecto invernadero, no necesariamente implica menores costos de producción cuando se consideran los factores sistémicos completos, y no solamente los costos nivelados de producción de energía (LCOE); es necesario seguir enfoques más integrales relacionados con los costos totales del sistema permiten anticipar mejor las implicaciones reales para los usuarios, (Ueckerdt *et al.*, 2013), como se ha enfatizado en los análisis anteriores de esta sección. Esta distinción resulta crucial para evitar falsas expectativas entre la población y prevenir el agravamiento de condiciones de pobreza energética o el eventual traslado de industrias intensivas en energía hacia otras regiones o países, un fenómeno ya ocurriendo parcialmente en la industria alemana. La transformación requerida no se limita a los cambios tecnológicos en los sectores de uso final, sino que compromete directamente los ingresos fiscales y las transferencias hacia las regiones productoras de recursos fósiles, como se evidenció puntualmente en los análisis de La Guajira, Cesar y Arauca a lo largo de este estudio. Sin un diseño adecuado de la transición energética, existe un riesgo real de cierre o reubicación de segmentos relevantes de la industria nacional intensiva en energía, adicionalmente a los efectos económicos y sociales concentrados precisamente en los territorios históricamente más dependientes de las rentas extractivas.

Frente a este riesgo, las regiones colombianas ofrecen alternativas de diversificación productiva que pueden mitigar los costos de la transición si se implementan de manera oportuna. El ecoturismo asociado a producción agrícola sostenible, movilidad verde y servicios hoteleros con energía renovable representa una vía de desarrollo

particularmente relevante para departamentos con alto valor ecosistémico, en la Amazonía y parte de la región Pacífica, donde la fragilidad ecosistémica limita las opciones de industrialización convencional. Simultáneamente, emergen oportunidades de nuevos desarrollos industriales vinculados a las propias tecnologías de transformación energética y a sus insumos operativos, así como el potencial de instalar grandes centros de procesamiento de datos operando con electricidad renovable, aprovechando los mismos territorios con alto potencial solar y eólico y el sistema de respaldo energético para la confiabilidad que se desarrolle. Ninguna de estas alternativas será suficiente, sin embargo, sin una inversión sostenida en educación y en la recalificación de la fuerza laboral actualmente vinculada a los sectores fósiles, condición que resalta el carácter necesariamente justo que debe tener la transición energética colombiana para evitar profundizar las desigualdades regionales ya identificadas en los capítulos anteriores de este estudio.

9.3 El trilema energético y la aceptación social como condición habilitante

El trilema energético del Consejo Mundial de Energía (WEC) ofrece un marco para articular las cinco agrupaciones de consecuencias sistémicas analizadas en la sección anterior, al evaluar cualquier sistema energético según tres dimensiones interdependientes: la confiabilidad y seguridad del abastecimiento, la equidad en el acceso y la sostenibilidad ambiental, (World Energy Council, 2024). Desde la dimensión de confiabilidad y seguridad energética, el análisis regional muestra que Colombia enfrenta el reto de sostener la confiabilidad del suministro mientras transita hacia fuentes renovables variables, lo que exige emprender oportunamente las soluciones de interconexión, almacenamiento y gestión de demanda discutidas en las subsecciones 9.2.1 y 9.2.2; la dependencia estructural de regiones como Bogotá respecto a energía importada desde el Caribe convierte esta dimensión en un asunto de gobernanza interregional, no solo técnico. Adicionalmente, debe contarse con la disponibilidad de sistemas robustos de respaldo para la cubrir la demanda ante variaciones en los niveles de generación, lo que implica mantener y emprender nuevos desarrollos de generación hidroeléctrica y termoeléctrica. Esta última puede tender hacia sistemas de generación con gas, que posteriormente puedan mutar hacia el uso de vectores como el hidrógeno.

Desde la dimensión de equidad, la evidencia regional corrobora que la transición puede tanto reducir como profundizar las brechas de acceso energético: mientras el Caribe, la Orinoquía y la Amazonía concentran los mayores rezagos de cobertura, también poseen algunos de los potenciales renovables más altos del país (o comparativamente muy altos ante sus niveles de densidad de población), lo que exige que las políticas de despliegue prioricen explícitamente el cierre de brechas históricas regionales y no únicamente la expansión de capacidad instalada agregada, en línea con lo discutido en las subsecciones 9.2.3 y 9.2.5.

La dimensión de sostenibilidad ambiental, por su parte, se ve directamente condicionada por la garantía de equidad para acceder a la energía (costos competitivos y bajos), por las decisiones de ordenamiento territorial y por el uso del suelo analizadas en la subsección 9.2.4, que determinan si el despliegue renovable logra efectivamente reducir emisiones sin generar nuevos pasivos ambientales o conflictos sociales territoriales, como ocurre en zonas de alta sensibilidad ecosistémica como la Amazonía o de comunidades étnicas como en La Guajira.

Estas tres dimensiones del trilema no bastan, sin embargo, para garantizar la implementación efectiva de la transición si no se cuenta con un factor transversal asociado a la aceptación y el respaldo social, que funciona como el articulador que permite convertir los balances técnicos del trilema en decisiones políticas sostenibles y efectivamente implementadas en el tiempo. Las experiencias internacionales corroboran que decisiones forzadas por la presión social, como el abandono de la energía nuclear en Alemania en 2011, pueden ejercer impactos de enormes repercusiones posteriores el incremento de los costos de la energía; o que el aumento de precios de los combustibles puede generar movimientos de rechazo social de amplio alcance, como el caso de los *chalecos amarillos* en 2018 en Francia. Para Colombia, esto se traduce en la necesidad de evitar que la polarización política paralice las reformas regulatorias requeridas, de garantizar procesos genuinos de consulta y licenciamiento social en los territorios donde

se instalarán los nuevos proyectos, como lo exigen los casos de La Guajira y el Pacífico vallecaucano y nariñense, por ejemplo, y de comunicar honestamente que la transición energética, aunque necesaria, no está exenta de costos económicos y sociales adicionales, que deben distribuirse de manera equitativa entre regiones y sectores. Solo mediante este equilibrio simultáneo entre seguridad, equidad, sostenibilidad ambiental y aceptación social podrá Colombia materializar una transición energética regionalmente diferenciada, técnicamente viable y políticamente sostenible en el largo plazo.

Referencias

- Amigues, J.-P., & Moreaux, M. (2019). Competing Land Uses and Fossil Fuel, and Optimal Energy Conversion Rates During the Transition Toward a Green Economy Under a Pollution Stock Constraint. *Journal of Environmental Economics and Management*, 97, 92–115. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.03.006>
- Cámara de Comercio de Cali. (2023). *Buenaventura, el puerto de Colombia*. Grupo de Estudios Empresariales y de Competitividad, Informe 135.
- Cárdenas, M., & Orozco, S. (2023). *Los desafíos de la mitigación del cambio climático en América Latina y el Caribe: Algunas propuestas de acción* (Serie de Documentos de Política Pública No. 40). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, América Latina y el Caribe. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-02/PNUDLAC-working-paper-40-climate-ES.pdf>
- DANE. (2023a). *Encuesta nacional de calidad de vida 2022*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2023b). *Indicadores de pobreza monetaria y desigualdad 2022*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2023c). *Producto interno bruto departamental*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2023d). *Proyecciones de población a nivel municipal*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- Gómez, A. (2026). *Contexto internacional para la implementación de la transición energética*. Universidad Nacional de Colombia.
- Huang, W.-C., Zhang, Q., & You, F. (2023). Impacts of Battery Energy Storage Technologies and Renewable Integration on the Energy Transition in the New York State. *Advances in Applied Energy*, 9, 100126. <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2023.100126>
- Instituto Nacional de Salud. (2019). *Acceso a servicios de salud en Colombia*. Décimo primer Informe Técnico, Observatorio Nacional de Salud.
- IRENA. (2025). *Renewable Power Generation Costs in 2024*. International Renewable Energy Agency.
- McKinsey Global Institute. (2022). *The net-zero transition: What it would cost, what it could bring*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/the-net-zero-transition-what-it-would-cost-what-it-could-bring>
- MinEnergía. (2024). *Análisis de inversiones requeridas para la Transición Energética Justa (TEJ)*. Ministerio de Minas y Energía. <https://minenergia.gov.co/documents/12697/Inversiones-TEJ-2024.pdf>
- MINCIT. (2023). *Perfiles económicos departamentales*. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.
- Pagnier, L., & Jacquod, P. (2018). How Fast Can One Overcome the Paradox of the Energy Transition? A Physico-Economic Model for the European Power Grid. *Energy*, 157, 550–560. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.185>

- Spielhofer, R., Schwaab, J., & Grêt-Regamey, A. (2023). How Spatial Policies Can Leverage Energy Transitions – Finding Pareto-Optimal Solutions for Wind Turbine Locations with Evolutionary Multi-Objective Optimization. *Environmental Science & Policy*, 142, 220–232. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.02.016>
- Ueckerdt, F., Hirth, L., Luderer, G., & Edenhofer, O. (2013). *System LCOE: What are the costs of variable renewables?* *Energy*, 63, 61–75. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.10.072>
- Valdes, J., Poque González, A. B., Ramirez Camargo, L., Valin Fenández, M., Masip Macia, Y., & Dorner, W. (2019). Industry, Flexibility, and Demand Response: Applying German Energy Transition Lessons in Chile. *Energy Research & Social Science*, 54, 12–25. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.03.003>
- Valencia, F., Billi, M., & Urquiza, A. (2021). Overcoming Energy Poverty Through Micro-Grids: An Integrated Framework for Resilient, Participatory Sociotechnical Transitions. *Energy Research & Social Science*, 75, 102030. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102030>
- World Energy Council. (2024). *World Energy Trilemma Framework*. <https://trilemma.worldenergy.org>

10 Conclusiones

Alexánder Gómez Mejía y Kelly Johanna Patarroyo León

Este capítulo presenta las conclusiones integrales del estudio, organizadas a partir de los contenidos desarrollados en los capítulos 2 a 8 y del análisis comparativo regional expuesto en el capítulo 9. En primer lugar, se formula una conclusión de síntesis para cada uno de los siete componentes temáticos del documento, destacando los hallazgos más relevantes desde una perspectiva comparativa regional. Luego, se presentan seis conclusiones adicionales derivadas del análisis transversal realizado en el capítulo 9, cinco de ellas asociadas a los desafíos regionales identificados en la sección 9.2 y una última vinculada al marco del trilema energético y la aceptación social desarrollado en la sección 9.3:

Condiciones socioeconómicas. Colombia atraviesa una transición demográfica marcada por la reducción de la natalidad y el envejecimiento progresivo de su población, en un contexto donde la pobreza monetaria y multidimensional, así como la desigualdad medida por el coeficiente de Gini, muestran retrocesos recientes tras los avances logrados en la década anterior. Estas condiciones se distribuyen de manera profundamente desigual entre regiones, con brechas persistentes entre centros urbanos y zonas rurales dispersas, lo que exige que cualquier estrategia de transición energética incorpore explícitamente criterios de equidad territorial desde su diseño.

Economía, infraestructura y producción. La estructura económica y de infraestructura del país presenta fuertes asimetrías regionales, con territorios altamente dependientes de economías extractivas como el carbón y los hidrocarburos, y otros concentrados en dinámicas urbanas e industriales de mayor diversificación. Esta heterogeneidad productiva implica que la transición energética tendrá efectos económicos diferenciados, generando riesgos de estancamiento en regiones dependientes de combustibles fósiles y oportunidades de diversificación en aquellas con mayor capacidad institucional y conectividad.

Desafíos y tensiones sociales. Las tensiones asociadas a la actividad energética en Colombia responden a la superposición de conflictos por la tierra, incumplimientos de derechos fundamentales, presencia de grupos armados, disputas contractuales, uso del suelo y participación ciudadana, cuya combinación varía significativamente entre regiones. El Caribe enfrenta crisis de suministro eléctrico y dependencia carbonífera, la región Andina concentra tensiones urbanas y de suelo, mientras que el Pacífico, la Orinoquía y la Amazonía exhiben el umbral más alto de conflictividad ligada a economías ilegales, presencia armada y fragilidad institucional, lo que exige estrategias diferenciadas de intervención.

Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad. El análisis del ordenamiento territorial revela una desactualización generalizada de los instrumentos de planificación municipal, particularmente en regiones con alta riqueza ecosistémica como la Amazonía y la Orinoquía, donde gran parte del territorio ya está estructurado sobre figuras colectivas de gobierno indígena que no pueden tratarse como espacios disponibles para la planificación sectorial. Esta condición obliga a que la transición energética se ajuste a los criterios de protección ecosistémica y reconocimiento de la autonomía territorial en dichas regiones.

Sistemas agroalimentarios. Los sistemas agroalimentarios del país muestran una distribución regional del uso del suelo y la producción de alimentos estrechamente ligada a las condiciones agroecológicas y de infraestructura de cada territorio, lo que genera interdependencias directas con la disponibilidad de agua, energía y suelo. La transición energética debe considerar estas interdependencias para evitar competencias no deseadas entre la seguridad alimentaria regional, la producción agrícola con fines energéticos y el despliegue de infraestructura energética, especialmente en zonas de alta vocación agropecuaria.

Emisiones y planes de acción climática. Colombia mantiene compromisos ambientales relevantes en materia de mitigación y adaptación al cambio climático, pero enfrenta el reto persistente de la deforestación, particularmente concentrada en regiones amazónicas y de frontera agrícola, lo que compromete tanto las metas de emisiones como la integridad de ecosistemas estratégicos. La articulación entre las políticas climáticas nacionales y las dinámicas regionales de deforestación resulta indispensable para que la transición energética contribuya efectivamente a las metas climáticas del país.

Sistema energético. El sistema energético colombiano presenta una fuerte concentración de generación hidroeléctrica junto con un potencial significativo aún subutilizado de fuentes renovables no convencionales, además de zonas no interconectadas que enfrentan altos costos y fragilidad en el suministro. Esta configuración muestra que la transición energética regional requiere expandir la generación renovable y resolver brechas estructurales de acceso, confiabilidad y asequibilidad que afectan de manera intensiva a los territorios más aislados del país.

Vulnerabilidad social y ambiental como eje transversal. El análisis comparativo del capítulo 9 confirma que la conflictividad social y la fragilidad ambiental no son fenómenos aislados, sino condiciones estructurales que se combinan de manera particular en cada región, desde la dependencia carbonífera del Caribe hasta la exigencia ecológica y normativa de la Amazonía, configurando un mapa de riesgos que toda estrategia energética debe reconocer explícitamente.

Institucionalidad y capacidad de gestión territorial. La capacidad institucional para gestionar la transición energética varía sustancialmente entre regiones, siendo notablemente más débil en Orinoquía, Amazonía y Pacífico, donde persisten rezagos en la actualización de instrumentos de planificación y en la presencia efectiva del Estado, lo que exige inversiones diferenciadas en fortalecimiento institucional como condición previa a cualquier despliegue energético de gran escala.

Economías extractivas y diversificación productiva. La dependencia de economías extractivas, como el carbón en el Caribe y los hidrocarburos en la Orinoquía, configura un riesgo compartido de estancamiento económico ante el retiro gradual de estas actividades, lo que hace indispensable diseñar estrategias explícitas de diversificación productiva y reconversión laboral en los territorios más expuestos a esta transición.

Protección ecosistémica y territorios colectivos. La Amazonía, la Orinoquía y el Pacífico concentran la mayor extensión de territorios colectivos y ecosistemas estratégicos del país, lo que implica que cualquier estrategia energética regional debe subordinarse a la protección ambiental y al reconocimiento de la gobernanza indígena y afrodescendiente, evitando que la transición reproduzca lógicas extractivas previas.

Aceptación social como condición habilitante. El análisis del trilema energético evidencia que la seguridad de suministro, la equidad y la sostenibilidad ambiental resultan insuficientes por sí solas para garantizar la viabilidad de los proyectos energéticos, siendo la aceptación social de las comunidades el factor que en la práctica determina si dichos proyectos pueden implementarse sin generar nuevos conflictos territoriales.

Hacia una transición energética territorialmente diferenciada. En conjunto, este estudio demuestra que la transición energética en Colombia no puede diseñarse como una política uniforme, sino que requiere estrategias diferenciadas por región que articulen simultáneamente equidad social, fortalecimiento institucional, protección ecosistémica y participación comunitaria, como condición indispensable para que la transformación del sistema energético contribuya al desarrollo sostenible del país en lugar de profundizar sus desigualdades históricas.

En conjunto, estas trece conclusiones muestran que la transición energética en Colombia es un proceso regionalmente diferenciado, cuya viabilidad depende de articular equidad social, fortalecimiento institucional, protección ecosistémica y participación comunitaria de manera específica en cada región. El documento ofrece una base analítica útil para orientar el diseño de políticas públicas regionales y para nutrir procesos de formación

académica en torno a la transición energética, bajo un enfoque sistémico que reconoce la interdependencia entre lo social, lo económico, lo ambiental y lo institucional como condición básica para una transformación energética competitiva y sostenible en el país.

Lista de siglas

Sigla	Descripción
ACPM	Aceite Combustible Para Motores
AFOLU	Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (por sus siglas en inglés, <i>Agriculture, Forestry and Other Land Use</i>)
AMEM	Área de Manejo Especial de La Macarena
ANDI	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia
ANM	Agencia Nacional de Minería
AH	Área hidrográfica
ANDI	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia
ANH	Agencia Nacional de Hidrocarburos
ANLA	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
ANT	Agencia Nacional de Tierras
ART	Agencia de Renovación del Territorio
ASIC	Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales
BECO	Balance Energético Colombiano
CACSSE	Comisión Asesora para el Seguimiento de la Situación Energética
CAR	Corporación Autónoma Regional
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CIIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
CND	Centro Nacional de Despacho
CO ₂ ,eq	Dióxido de carbono equivalente
COP	Pesos colombianos (por sus siglas en inglés, <i>Colombian pesos</i>)
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas
CUCI	Clasificación Uniforme para el Comercio Internacional
CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
DCS	Distrito de Conservación de Suelos
DHA	Derecho Humano a la Alimentación
DIAN	Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales
DMI	Distrito de Manejo Integrado
DNP	Departamento Nacional de Planeación
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DRMI	Distrito Regional de Manejo Integrado

DSM	Gestión activa de la demanda (por sus siglas en inglés, <i>Demand-Side Management</i>)
ELN	Ejército de Liberación Nacional
ENA	Estudio Nacional del Agua
ENSIN	Encuesta Nacional de Situación Nutricional
EOT	Esquema de Ordenamiento Territorial
EPM	Empresas Públicas de Medellín
ESMAP	Programa de Asistencia para la Gestión del Sector Energético (por sus siglas en inglés, <i>Energy Sector Management Assistance Program</i>)
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas en inglés, <i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>)
FARC	Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia
FCDS	Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible.
FNCER	Fuentes No Convencionales de Energía Renovable
FOB	Libre a bordo (por sus siglas en inglés, <i>Free on Board</i>)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GEIH	Gran Encuesta Integrada de Hogares
GLP	Gas Licuado de Petróleo
IARC	Índice de Agua Retornada a las Cuencas
IC	Índice de Continuidad
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
ICEE	Índice de Cobertura de Energía Eléctrica
IDEAM	Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales
IEUA	Índice de Eficiencia del Uso del Agua
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
INVEMAR	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
IPM	Índice de Pobreza Multidimensional
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (por sus siglas en inglés, <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
IPPU	Procesos Industriales y Uso de Productos (por sus siglas en inglés, <i>Industrial Processes and Product Use</i>)
IPSE	Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas
IRCA	Índice de Riesgo de la Calidad del Agua
IRENA	International Renewable Energy Agency (por sus siglas en inglés, <i>International Renewable Energy Agency</i>)
IUA	Índice de Uso del Agua
IVA	Impuesto al Valor Agregado

JEP	Jurisdicción Especial para la Paz
LCOE	Costo nivelado de la energía (por sus siglas en inglés, <i>Levelized Cost of Energy</i>)
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MEM	Mercado de Energía Mayorista
MINCIT	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
MinEnergía	Ministerio de Minas y Energía
MinHacienda	Ministerio de Hacienda y Crédito público
MinTransporte	Ministerio de Transporte
NDC	Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (por sus siglas en inglés, <i>Nationally Determined Contributions</i>)
NT	Nitrógeno Total
OCA	Observatorio de Conflictos Ambientales
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
OMC	Organización Mundial del Comercio
PBOT	Plan Básico de Ordenamiento Territorial
PDET	Programas de Desarrollo de Enfoque Territorial
PECTIA	Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario
PIB	Producto Interno Bruto
PNACC	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático de Colombia
POMCA	Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
PROURE	Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía
PT	Fósforo total
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
RUNAP	Registro Único Nacional de Áreas Protegidas
RUNT	Registro Único Nacional de Tránsito
SDL	Sistemas de Distribución Local
SEPEC	Sistema del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano
SICOM	Sistema de Información de la Cadena de Distribución de Combustibles
SIMCI	Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos
SIMCO	Sistema de Información Minero Colombiano
SIN	Sistema Interconectado Nacional
SIPRA	Sistema de Información para la Planificación Rural Agropecuaria

SSPD	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
SST	Sólidos Suspendidos Totales
STAR	Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales
STN	Sistema de Transmisión Nacional
STR	Sistema de Transmisión Regional
SZH	Subzonas Hidrográficas
TIE	Transacciones Internacionales de Energía
UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (por sus siglas en inglés, <i>United Nations Environment Programme</i>)
UNGRD	Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres
UNODC	Oficina de Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito (por sus siglas en inglés, <i>United Nations Office on Drugs and Crime</i>)
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética
UPRA	Unidad de Planeación Rural Agropecuaria
WEC	Consejo Mundial de Energía (por sus siglas en inglés, <i>World Energy Council</i>)
WFP	Programa Mundial de Alimentos (por sus siglas en inglés, <i>World Food Programme</i>)
WWF	Fondo Mundial para la Naturaleza (por sus siglas en inglés, <i>World Wildlife Fund</i>)
ZH	Zonas Hidrográficas
ZNI	Zonas No Interconectadas
ZPI	Zonas Potencialmente Inundables

Nota sobre el uso de inteligencia artificial

En la elaboración de este documento se utilizó la herramienta de inteligencia artificial *Perplexity* como apoyo en tareas de síntesis y su redacción, reformulación y estructuración de contenidos, así como en la revisión de estilo, ortografía y consistencia editorial de las diversas secciones. La IA se empleó también como herramienta de apoyo en la búsqueda y verificación preliminar de información complementaria. En ningún caso se utilizó para generar datos, resultados, cifras o hallazgos originales del estudio, ni para sustituir el juicio analítico de los autores. Todo el contenido generado o asistido por esta herramienta fue revisado, verificado y validado por el equipo editorial y los autores de cada capítulo, quienes asumen la responsabilidad plena sobre la exactitud, la interpretación y las conclusiones presentadas en cada capítulo y globalmente para el documento.

Anexos

Anexo A: Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad

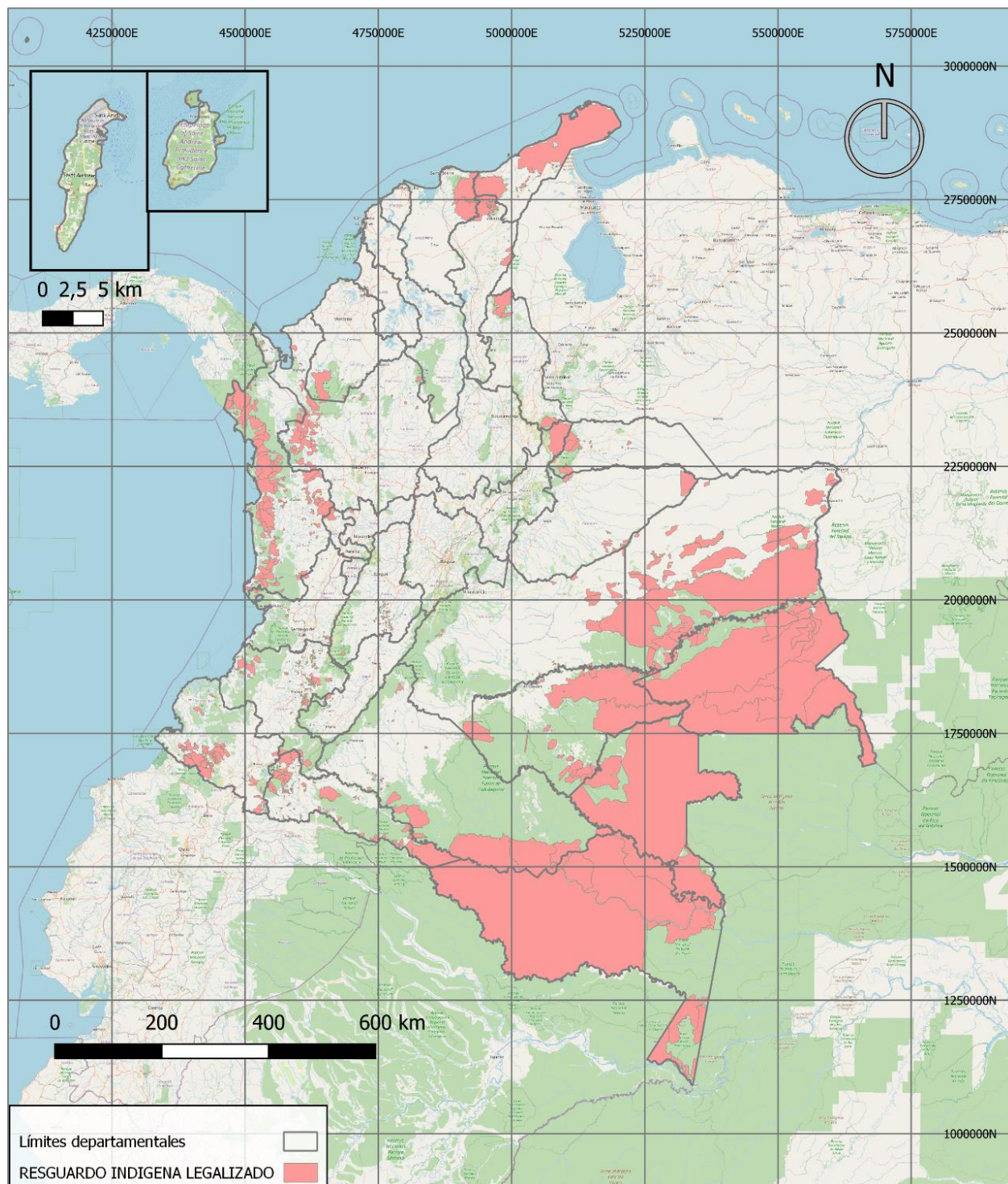


Figura A - 1. Resguardos Indígenas legalizados. Fuente: elaboración propia con información de IGAC (2023).

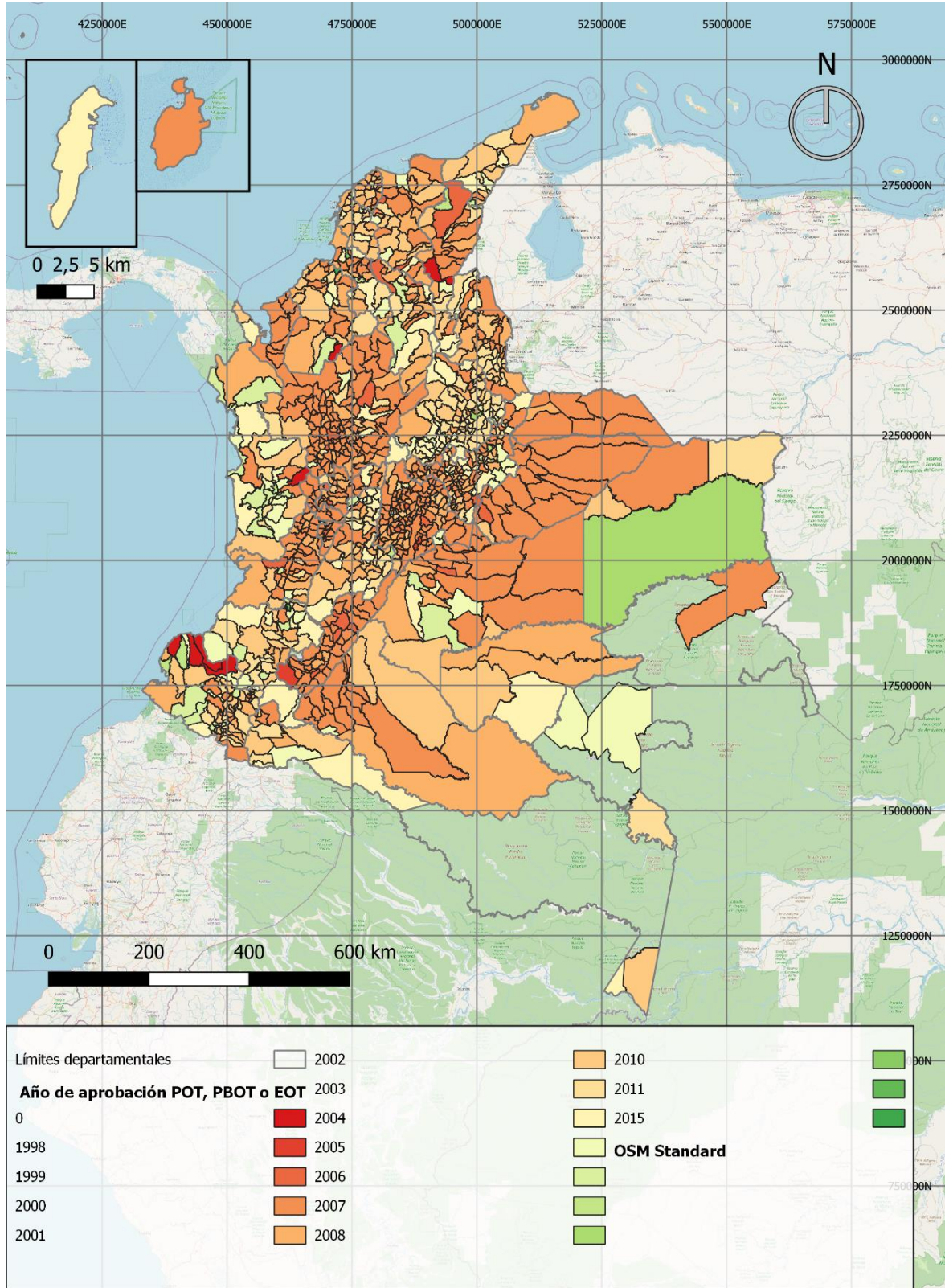


Figura A - 2. Año de aprobación del POT, PBOT o EOT. Fuente: elaboración propia con información de IGAC (2023).

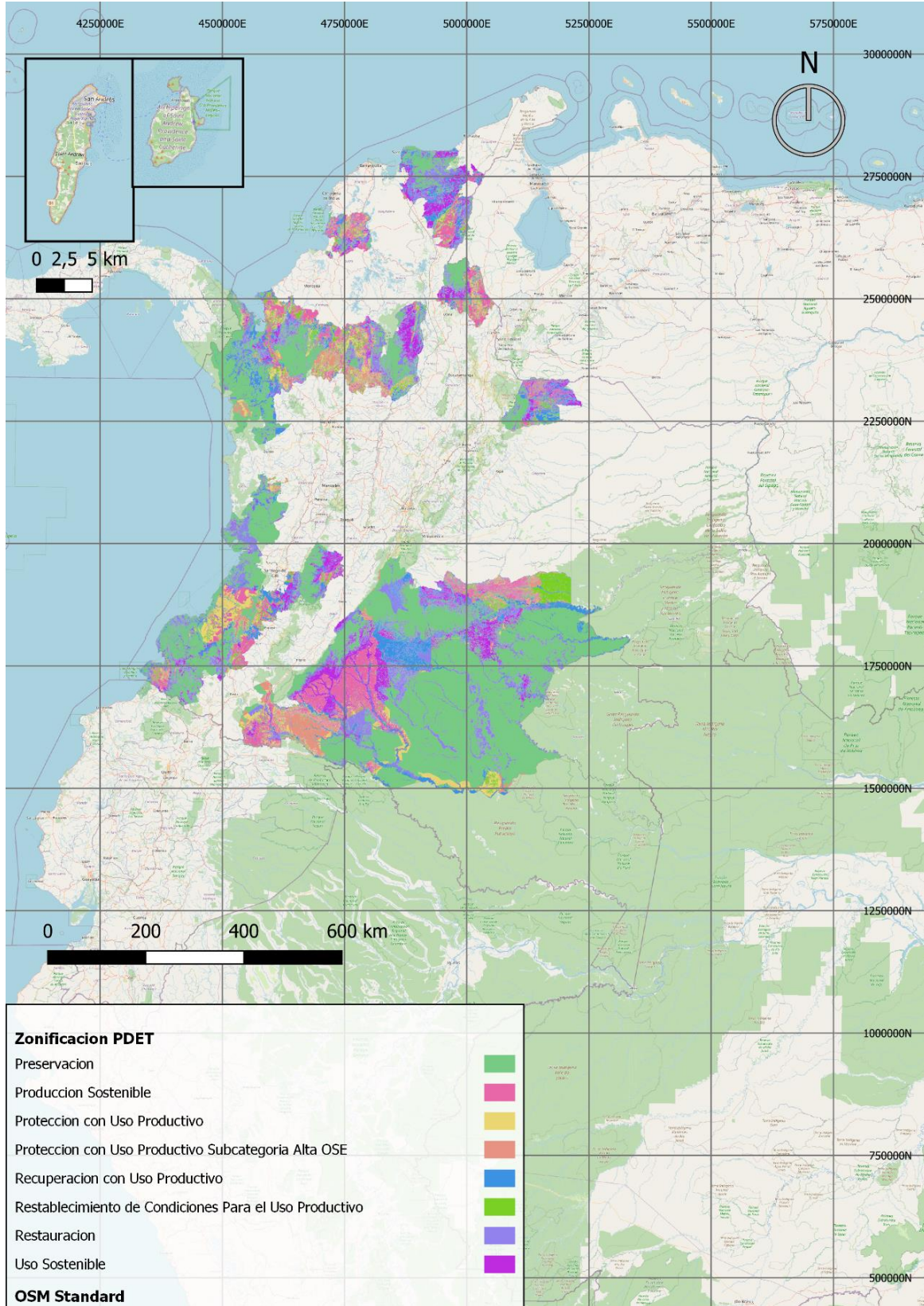


Figura A - 3. Zonificación PDET. Fuente: elaboración propia con información de IGAC (2023).

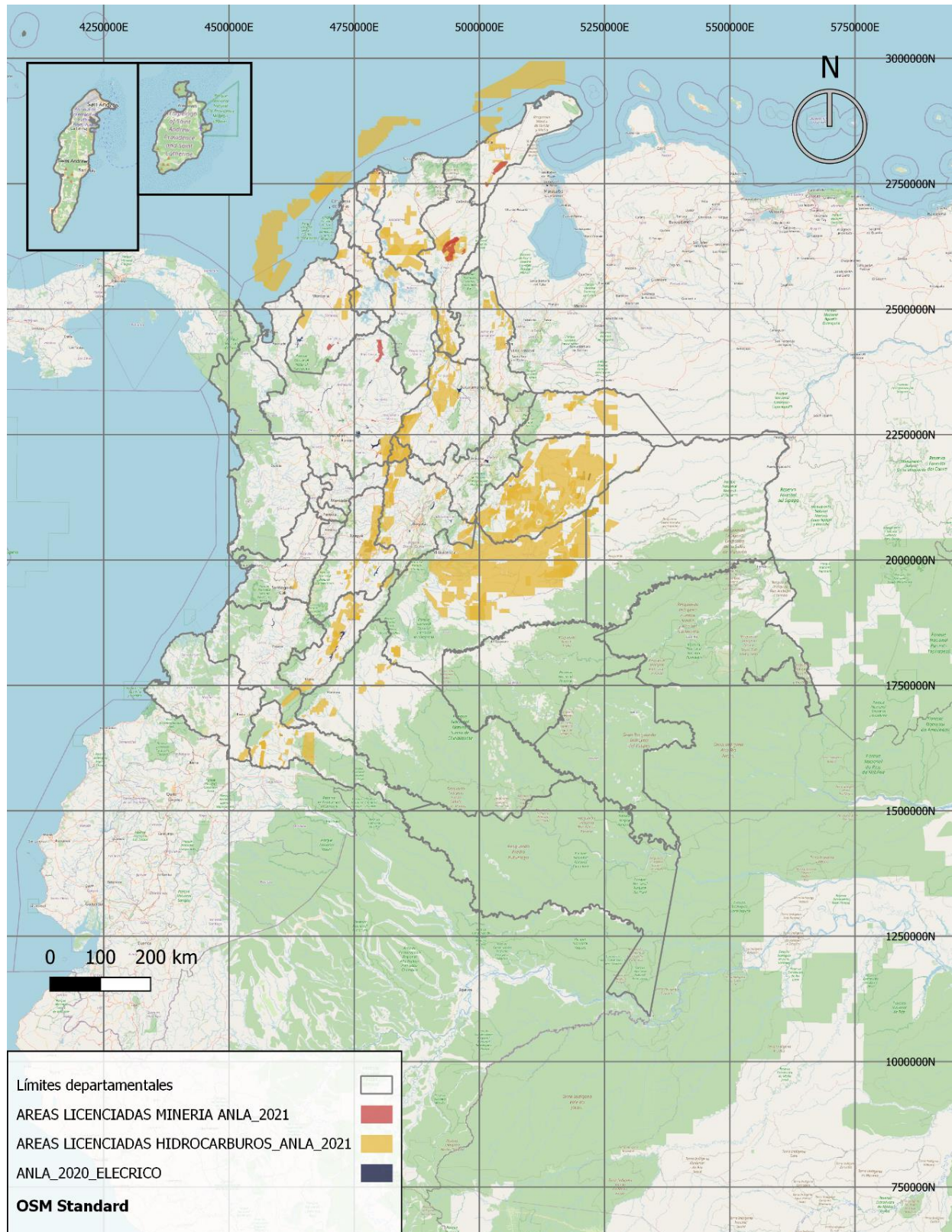


Figura A - 4. Áreas licenciadas en minería, hidrocarburos y electricidad. Fuente: elaboración propia con información de IGAC (2023).

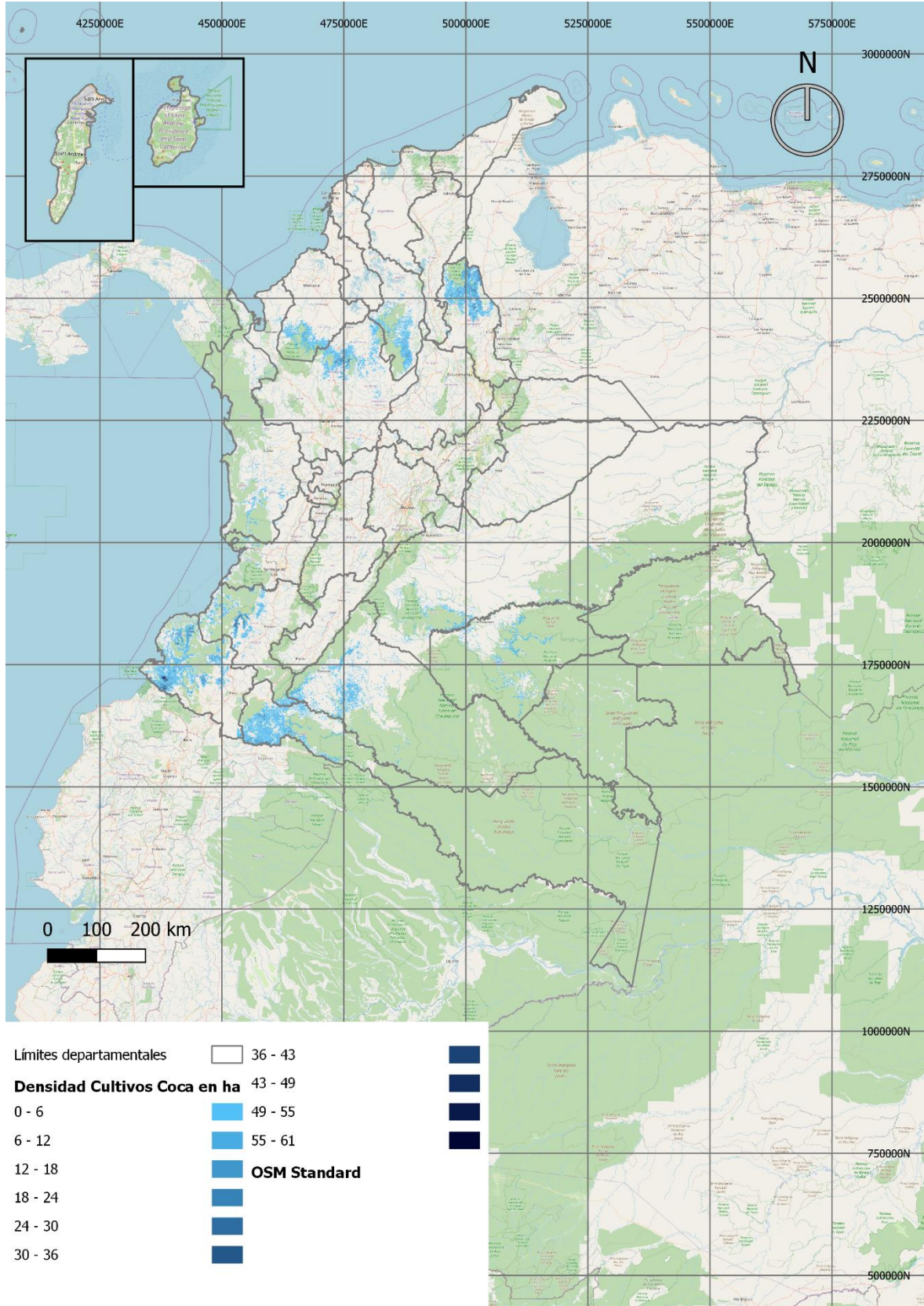


Figura A - 5. Densidad de cultivos de coca en el país. Fuente: elaboración propia con información de IGAC (2023).

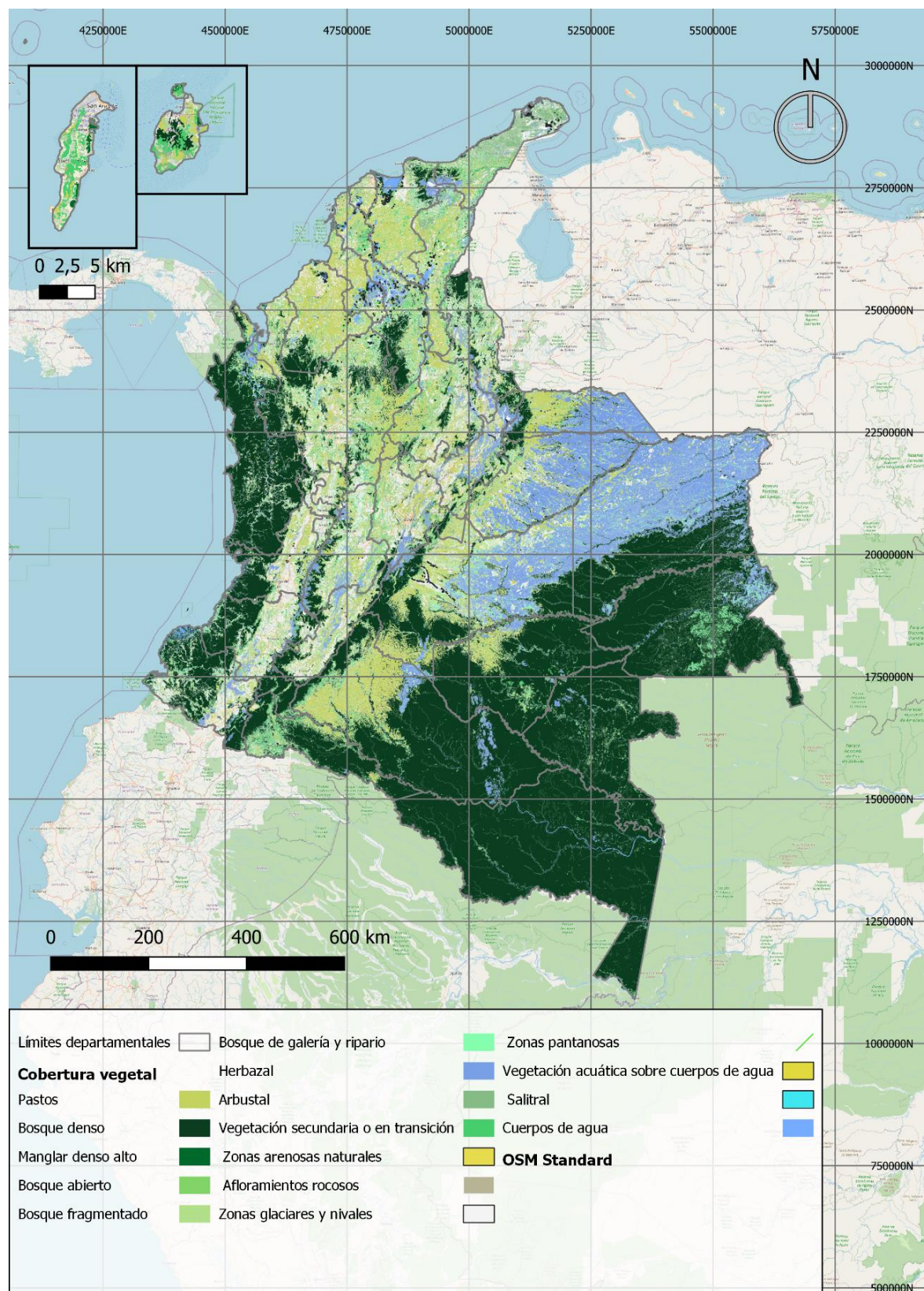


Figura A - 6. Cobertura vegetal en el país. Fuente: elaboración propia con información de IDEAM (2018a).

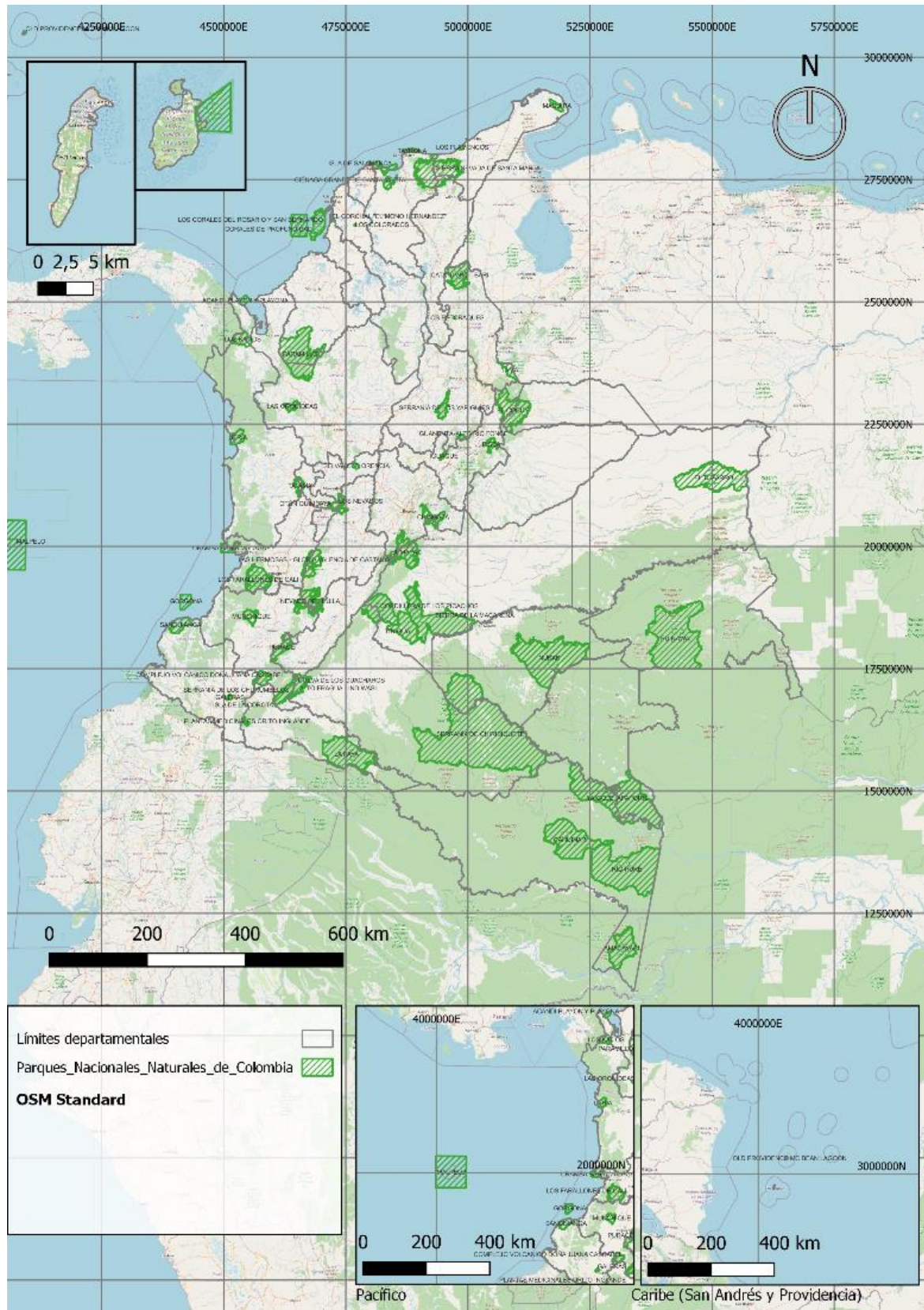


Figura A - 7. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Fuente: elaboración propia con información de IGAC (2023).

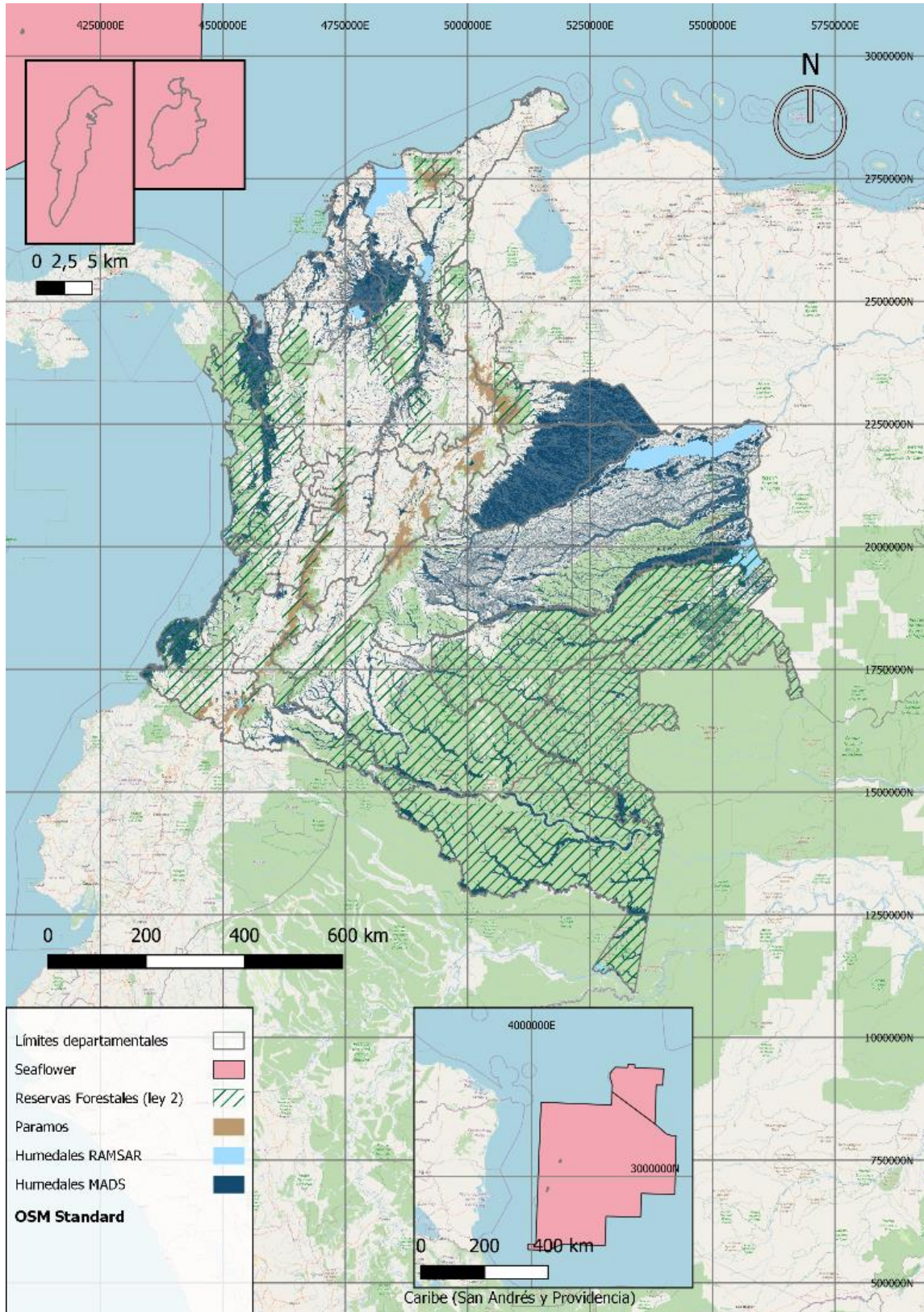


Figura A - 8. Áreas de importancia de conservación. Fuente: elaboración propia con información de IGAC (2023).

Tabla A - 1. Diferencia de precipitaciones para el año 2040.

Departamento	Diferencia de % de precipitación para 2040	Diferencia de % de precipitación para 2040 para modelo de uso de agua agrícola
Amazonas	-14,8	-14,8
Antioquia	4,9	0
Arauca	1,1	0
Atlántico	-7,4	-7,4
Bolívar	-15,1	-15,1
Boyacá	5,8	0
Caldas	20,2	0
Caquetá	-19,0	-19
Casanare	-2,8	-2,8
Cauca	16,2	0
Cesar	-15,3	-15,3
Chocó	-5,2	-5,2
Córdoba	1,6	0
Cundinamarca	8,0	0
Guainía	-5,5	-5,5
Guaviare	-6,7	-6,7
Huila	16,5	0
La Guajira	-14,5	-14,5
Magdalena	-18,7	-18,7
Meta	-7,5	-7,5
Nariño	13,7	0
Norte de Santander	1,0	0
Putumayo	4,5	0
Quindío	6,3	0
Risaralda	18,3	0
Santander	0,5	0
Sucre	-11,3	-11,3
Tolima	10,5	0
Valle del Cauca	6,6	0
Vaupés	-20,5	-20,5
Vichada	-0,6	-0,6
San Andrés y Providencia	-30,2	-30,2

Fuente: elaboración propia con información de IDEAM (2023).

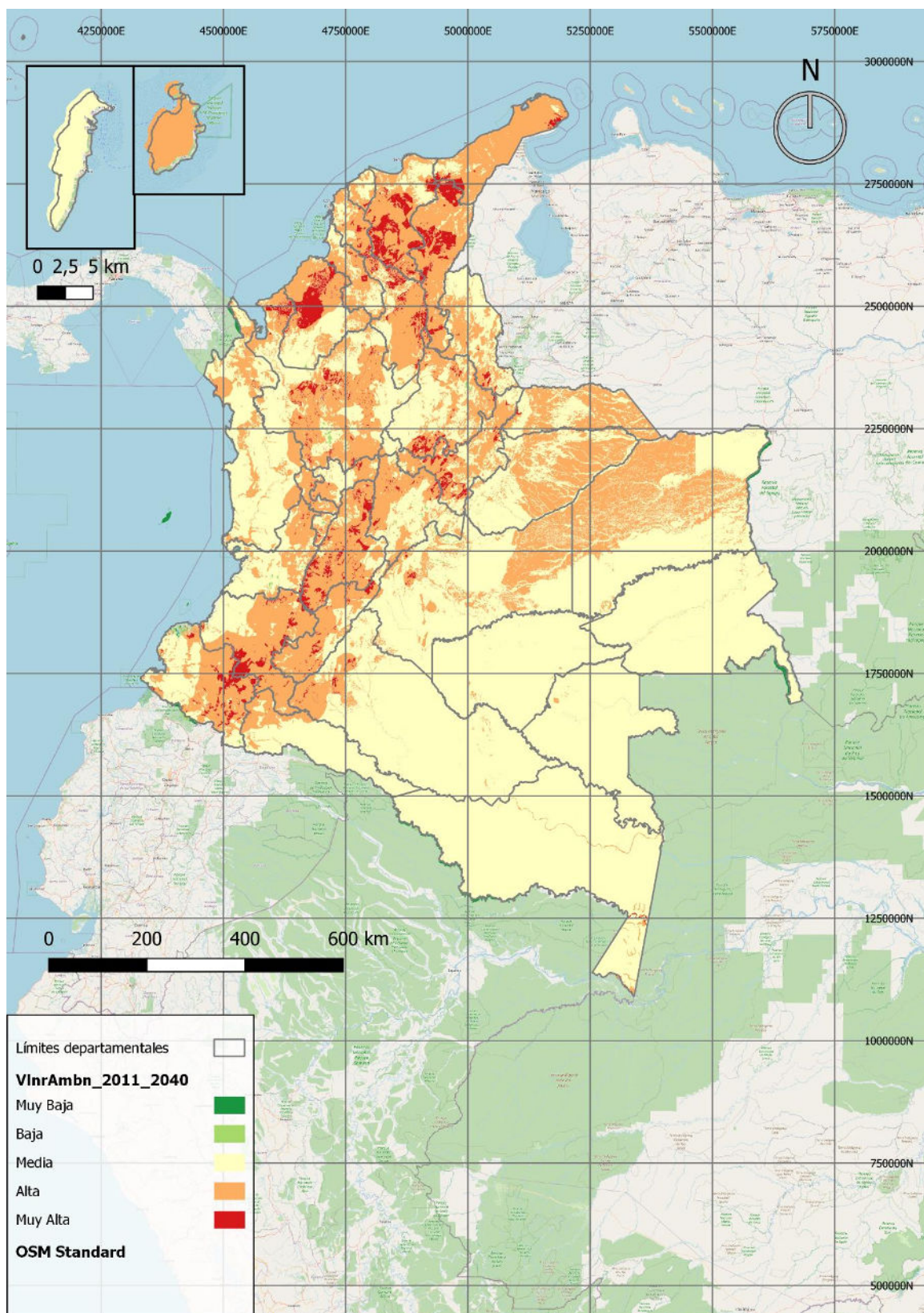


Figura A - 9. Vulnerabilidad ambiental en el país. Fuente: elaboración propia con información de IGAC (2023).

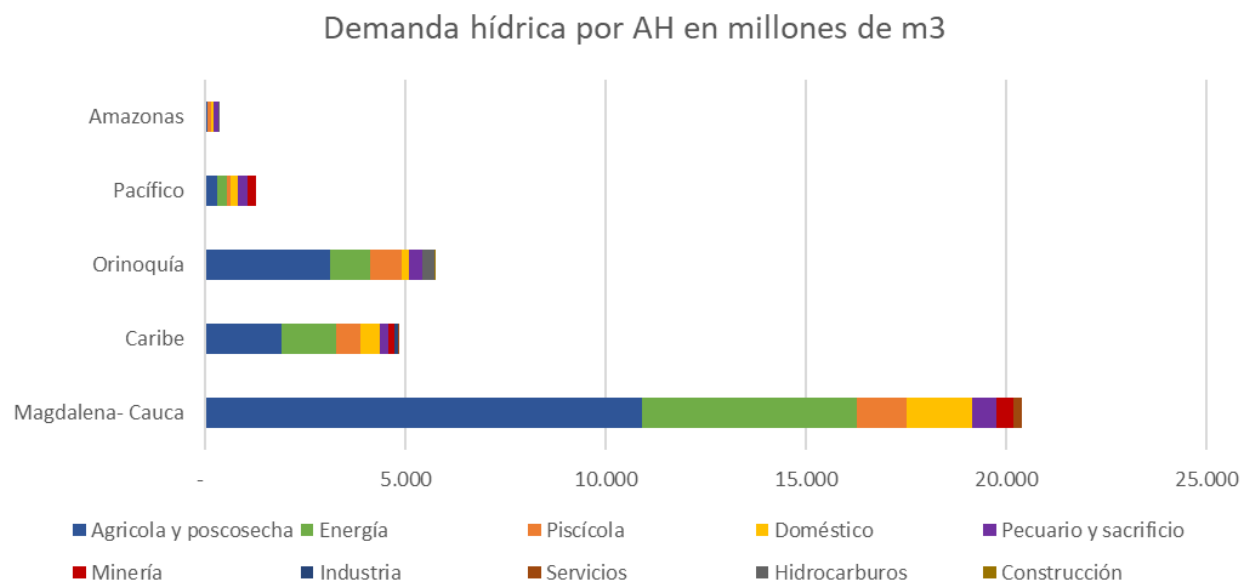


Figura A - 10. Demanda hídrica por área hidrográfica en sectores. Fuente: elaboración propia con información del estudio nacional de agua (IDEAM, 2023).

IUA En % de SZH (año medio)

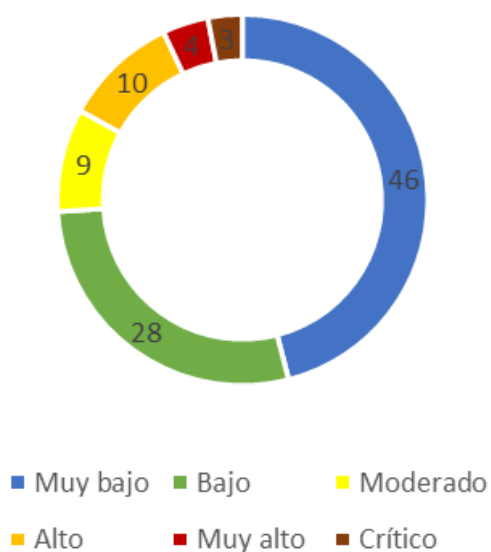


Figura A - 11. Índice de uso del agua en número de subzonas hidrográficas en año medio. Fuente: elaboración propia con información del estudio nacional de agua (IDEAM, 2023).

IUA En % de SZH (año seco)

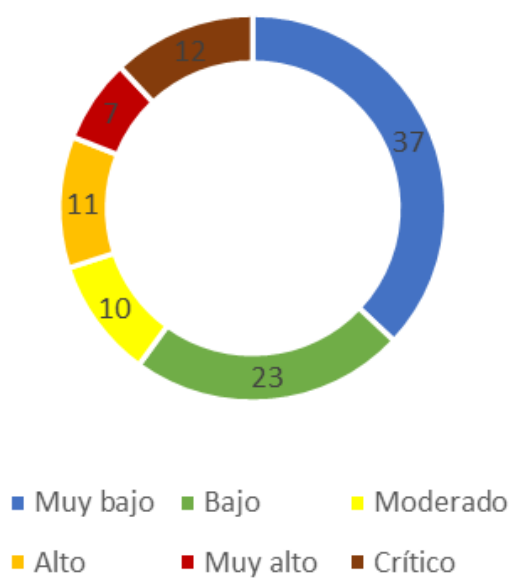


Figura A - 12. Índice de uso del agua en número de subzonas hidrográficas en año seco. Fuente: elaboración propia con información del estudio nacional de agua (IDEAM, 2023).

Anexo B: Aptitud de producción e índice de crecimiento agropecuario

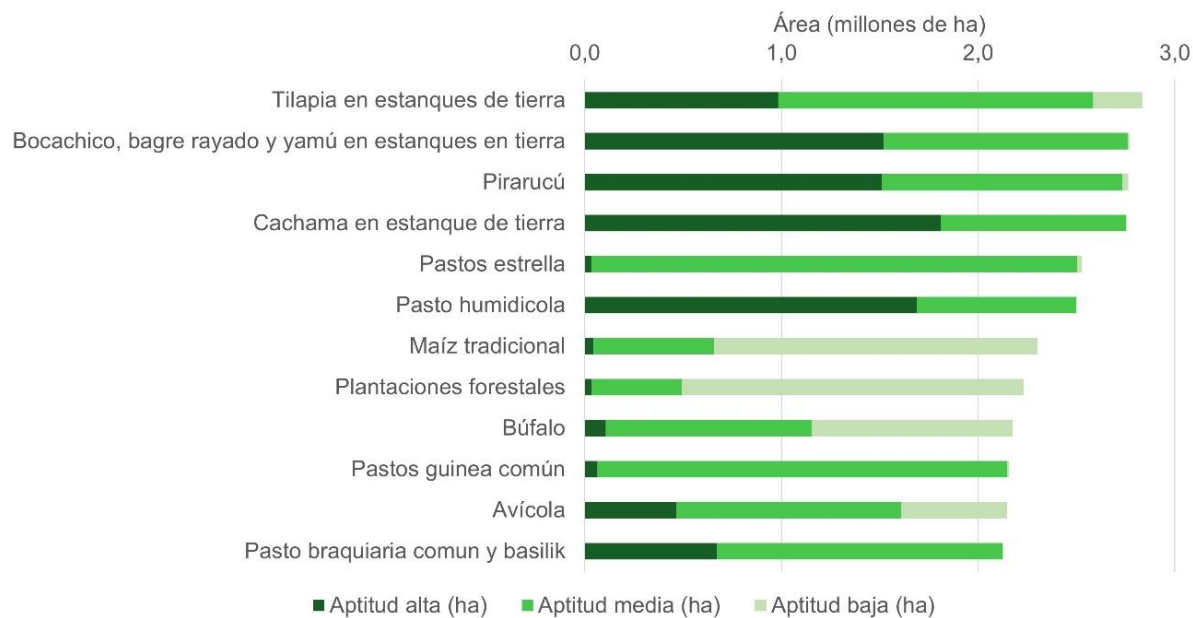


Figura B - 1. Aptitudes agropecuarias del suelo de la región amazónica. Fuente: elaboración propia con información de SIPRA (2023a).

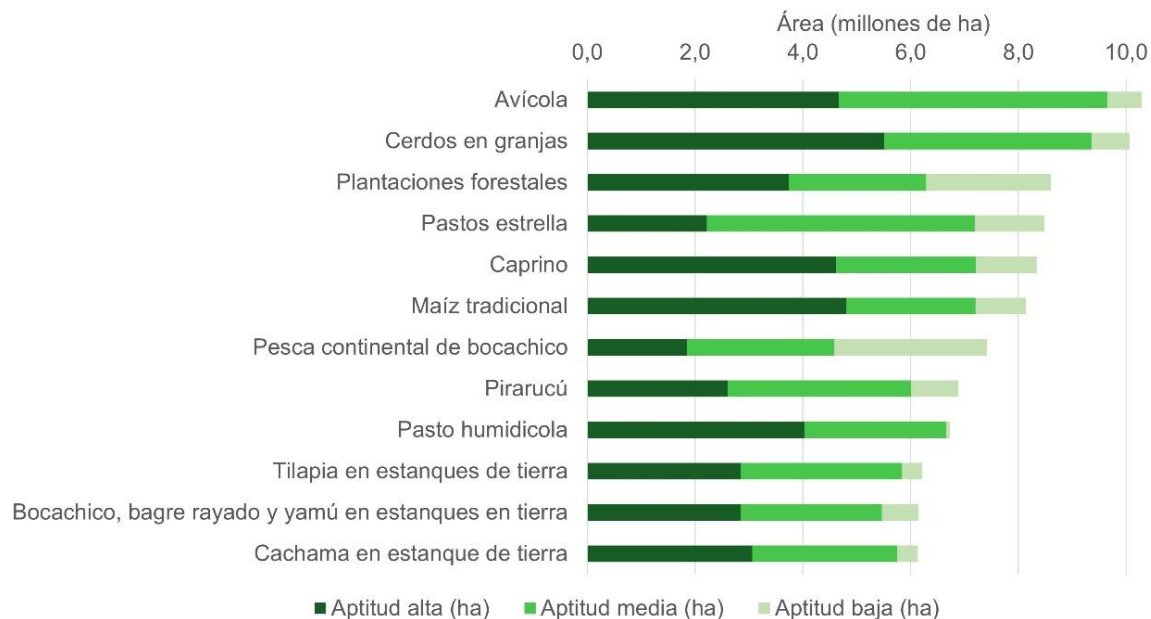


Figura B - 2. Aptitudes agropecuarias del suelo de la región andina. Fuente: elaboración propia con información de SIPRA (2023a).

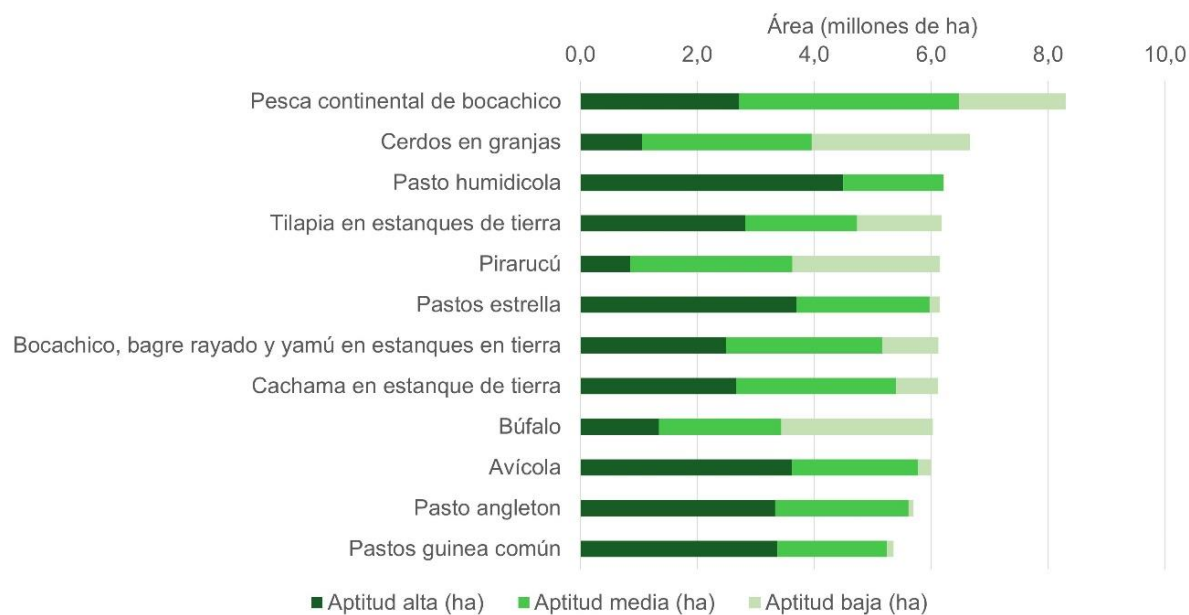


Figura B - 3. Aptitudes agropecuarias del suelo de la región caribe. Fuente: elaboración propia con información de SIPRA (2023a).

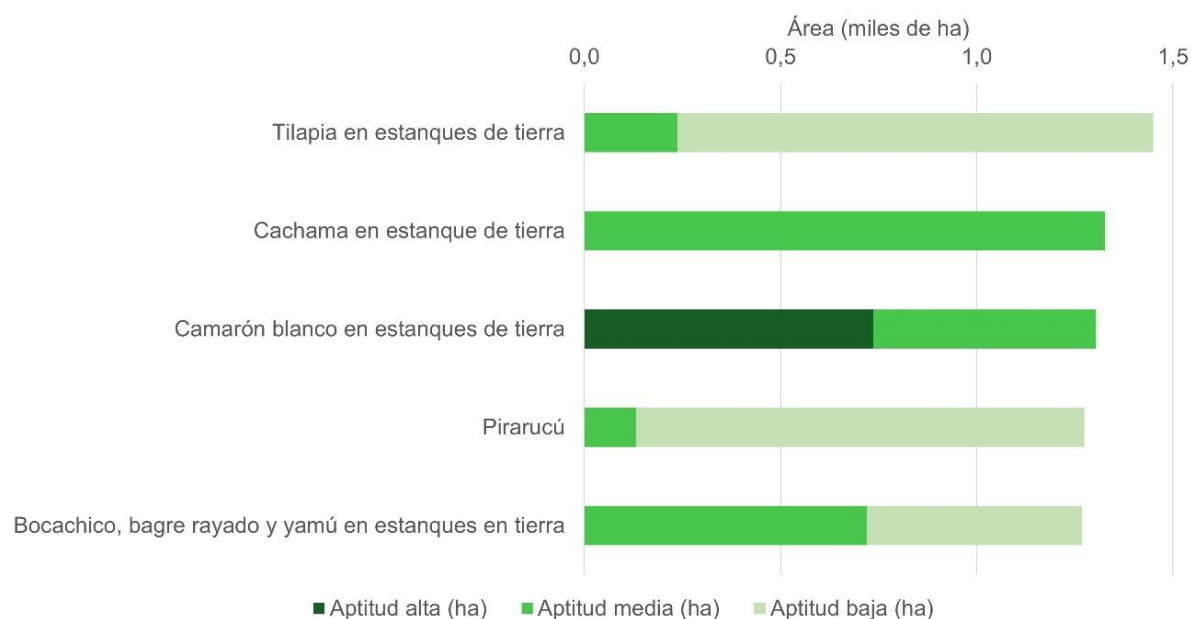


Figura B - 4. Aptitudes agropecuarias del suelo de la región insular. Fuente: elaboración propia con información de SIPRA (2023a).

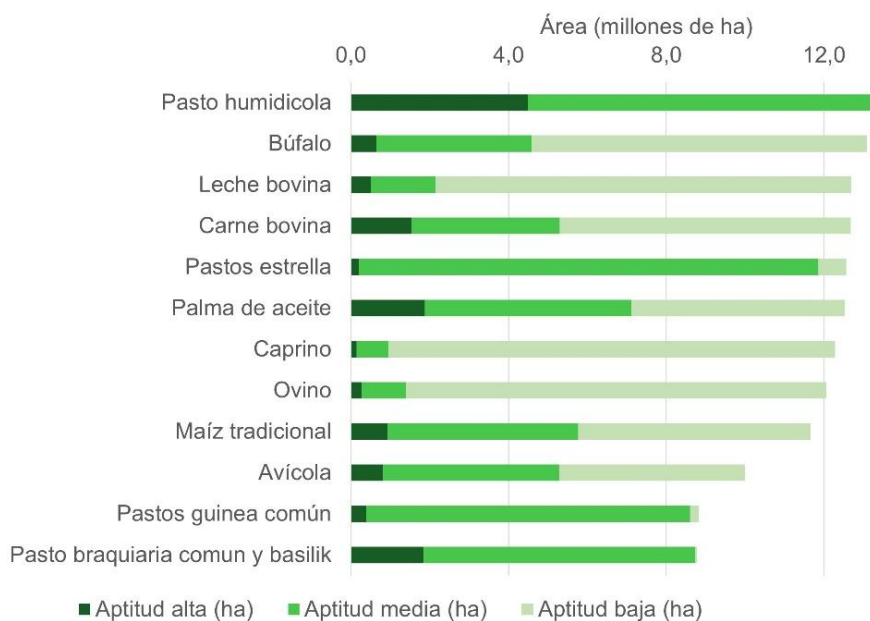


Figura B - 5. Aptitudes agropecuarias del suelo de la región Orinoquía. Fuente: elaboración propia con información de SIPRA (2023a).

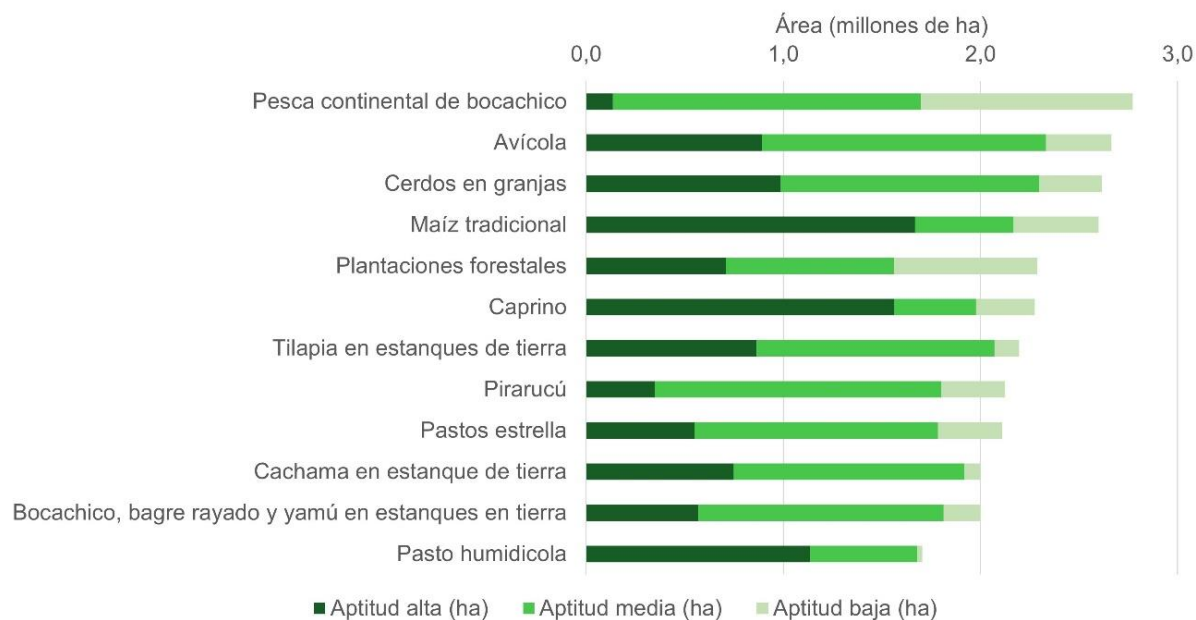


Figura B - 6. Aptitudes agropecuarias del suelo de la región pacífica. Fuente: elaboración propia con información de SIPRA (2023a).

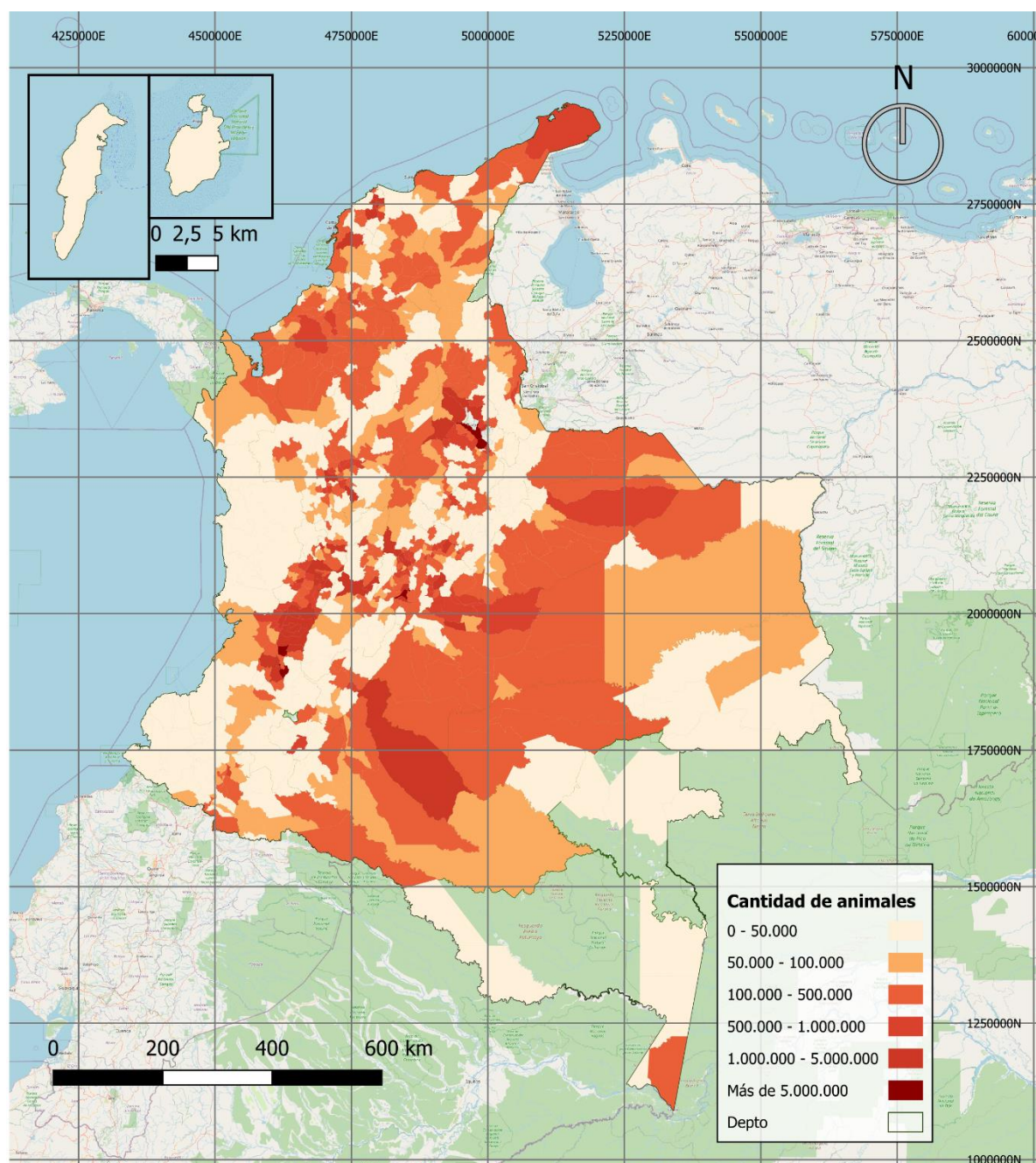


Figura B - 7. Distribución de la cantidad de animales en Colombia durante el año 2022. Fuente: elaboración propia con información de UPRA & ICA (2022).

Tabla B - 1. Aptitud agrícola y de pastos en cada departamento del país.

Departamento	Productos agrícolas		Pastos	
	Aptitud alta	Aptitud media	Aptitud alta	Aptitud media
Amazonas	Cacao	Cebolla bulbo	Pasto humidícola	Pastos estrella
	Maíz tecnificado	Palma de aceite	Pasto braquiaria comun y basilik	Pastos guinea común
Antioquia	Maíz tradicional	Caucho	Pasto humidicola	Pastos estrella
	Cacao	Cebolla bulbo	Pasto braquiaria comun y basilik	Pastos guinea común
Arauca	Maíz tecnificado	Soya	Pasto humidicola	Pastos estrella
	Palma de aceite	Maíz tradicional	-	Pastos para o admirable
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	-	-	-	-
Atlántico	Maíz tradicional	Palma de aceite	Pastos estrella	Pasto humidicola
	Banano	Algodón	Pastos guinea común	Pasto braquiaria comun y basilik
Bolívar	Maíz tradicional	Palma de aceite	Pastos estrella	Pasto braquiaria comun y basilik
	Cacao	Cebolla bulbo	Pasto humidicola	Pasto angleton
Boyacá	Maíz tradicional	Fresa	Kikuyo	Pastos estrella
	Cebolla bulbo	Papa	Pasto humidicola	Pastos guinea común
Caldas	Caña panelera	Cebolla bulbo	Pasto humidicola	Pastos estrella
	Maíz tradicional	Gulupa	Pasto braquiaria comun y basilik	Pastos guinea común
Caquetá	Maíz tecnificado	Palma de aceite	Pasto humidicola	Pastos estrella
	Caucho	Piña	Pasto braquiaria comun y basilik	Pastos guinea común
Casanare	Palma de aceite	Maíz tradicional	Pasto humidicola	Pastos para o admirable
	Cebolla bulbo	Arroz	-	Pastos estrella
Cauca	Maíz tradicional	Cebolla bulbo	Pasto humidicola	Pastos estrella
	Café	Gulupa	Kikuyo	Pastos guinea común
Cesar	Ají tabasco	Maíz tradicional	Pasto humidicola	Pasto angleton
	Maíz tecnificado	Palma de aceite	Pastos estrella	Pasto braquiaria comun y basilik
Chocó	Palma de aceite	Maracuyá	Pasto humidicola	Pastos estrella
	Maíz tradicional	Cacao	Pasto braquiaria comun y basilik	Pasto angleton
Córdoba	Maíz tecnificado	Palma de aceite	Pasto humidicola	Pasto angleton
	Maíz tradicional	Caña panelera	Pasto braquiaria comun y basilik	Pastos estrella
Cundinamarca	Maíz tradicional	Maracuyá	Pasto humidicola	Pastos estrella
	Cebolla bulbo	Papa	Kikuyo	Pastos guinea común
Guainía	Cebolla bulbo	Maracuyá	Pasto humidicola	Pastos estrella

Departamento	Productos agrícolas		Pastos	
	Aptitud alta	Aptitud media	Aptitud alta	Aptitud media
	-	-	Pasto braquiaria comun y basilik	Pastos guinea común
Guaviare	Cacao	Maracuyá	Pasto humidicola	Pastos estrella
	Maíz tecnificado	Palma de aceite	Pasto braquiaria comun y basilik	Pastos guinea común
Huila	Maíz tradicional	Pimentón	Pasto humidicola	Pasto braquiaria comun y basilik
	Café	Cebolla bulbo	Pastos estrella	Pastos guinea común
La Guajira	Frijol	Palma de aceite	Pastos estrella	Pasto humidicola
	Ají tabasco	Maracuyá	Pasto angleton	Pasto braquiaria comun y basilik
Magdalena	Maíz tradicional	Maracuyá	Pasto humidicola	Pasto angleton
	Palma de aceite	Algodón	Pastos estrella	Pasto braquiaria comun y basilik
Meta	Maíz tecnificado	Palma de aceite	Pasto humidicola	Pastos estrella
	Caucho	Cebolla bulbo	Pasto braquiaria comun y basilik	Pastos guinea común
Nariño	Maíz tradicional	Fresa	Pasto humidicola	Pastos estrella
	Cebolla bulbo	Gulupa	Kikuyo	Pastos guinea común
Norte de Santander	Maíz tradicional	Caña panelera	Pasto humidicola	Pastos estrella
	Cacao	Café	Pasto braquiaria comun y basilik	Pastos guinea común
Putumayo	Cacao	Piña	Pasto humidicola	Pastos estrella
	Maíz tecnificado	Cacao	-	Pastos guinea común
Quindío	Pimentón	Cebolla bulbo	Pastos guinea común	Pasto braquiaria comun y basilik
	Café	Maracuyá	Pasto humidicola	Pastos estrella
Risaralda	Caña panelera	Café	Pasto humidicola	Pastos estrella
	Maíz tradicional	Pimentón	Pasto braquiaria comun y basilik	Pastos guinea común
Santander	Maíz tradicional	Cebolla bulbo	Pasto humidicola	Pastos estrella
	Cacao	Cacao	Pasto braquiaria comun y basilik	Pastos guinea común
Sucre	Maíz tradicional	Palma de aceite	Pasto humidicola	Pasto angleton
	Cebolla bulbo	Soya	Pastos estrella	Pasto braquiaria comun y basilik
Tolima	Maíz tradicional	Caucho	Pasto humidicola	Pasto braquiaria comun y basilik
	Cacao	Caña panelera	Pastos guinea común	Pastos estrella
Valle del Cauca	Maíz tradicional	Gulupa	Pasto humidicola	Pastos estrella
	Pimentón	Café	Pasto braquiaria comun y basilik	Pasto angleton
Vaupés	Cacao	Palma de aceite	Pasto humidicola	Pastos estrella
	-	Maracuyá	Pasto braquiaria comun y basilik	Pastos guinea común

Departamento	Productos agrícolas		Pastos	
	Aptitud alta	Aptitud media	Aptitud alta	Aptitud media
Vichada	Ají tabasco	Palma de aceite	Pasto humidicola	Pastos estrella
	Maíz tecnificado	Maíz tradicional	-	Pasto braquiaria comun y basilik

Fuente: elaboración propia con información de SIPRA (2023a).

Tabla B - 2. Aptitud pecuaria de los departamentos del país.

Departamento	Aptitud alta	Aptitud media
Amazonas	Cachama en estanques de tierra	Bocachico, bagre rayado y yamú en estanque de tierra
	Tilapia en estanques de tierra	Pirarucú
Antioquia	Avícola	Pesca continental de bocachico
	Cerdos en granjas	Caprinos
Arauca	Bocachico, bagre rayado y yamú en estanque de tierra	Búfalo
	Carne bovina	Leche bovina
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Camarón blanco en estanques de tierra	Cachama en estanque de tierra
	-	Bocachico, bagre rayado y yamú en estanque de tierra
Atlántico	Avícola	Cerdos en granjas
	Tilapia en estanques de tierra	Pirarucú
Bolívar	Pesca continental de bocachico	Pirarucú
	Cachama en estanques de tierra	Cerdos en granjas
Boyacá	Caprinos	Avícola
	Cerdos en granjas	Trucha arcoiris en estanque de tierra
Caldas	Avícola	Cerdos en granja
	Leche bovina	Caprinos
Caquetá	Cachama en estanques de tierra	Avícola
	Bocachico, bagre rayado y yamú en estanque de tierra	Tilapia en estanques de tierra
Casanare	Bocachico, bagre rayado y yamú en estanque de tierra	Carne bovina
	Tilapia en estanques de tierra	Búfalo
Cauca	Caprinos	Avícola
	Cerdos en granjas	Pirarucú
Cesar	Avícola	Cerdos en granjas
	Pesca continental de bocachico	Cachama en estanque de tierra
Chocó	Cachama en estanques de tierra	Tilapia en estanques de tierra
	Pesca continental de bocachico	Pirarucú
Córdoba	Tilapia en estanques de tierra	Pesca continental de bocachico
	Carne bovina	Pirarucú
Cundinamarca	Caprinos	Avícola

Departamento	Aptitud alta	Aptitud media
	Carne bovina	Cerdos en granja
Guainía	Cachama en estanques de tierra	Búfalo
	Tilapia en estanques de tierra	Ovino
Guaviare	Cachama en estanques de tierra	Bocachico, bagre rayado y yamú en estanque de tierra
	Tilapia en estanques de tierra	Pirarucú
Huila	Caprinos	Avícola
	Cerdos en granjas	Cerdos en granja
La Guajira	Avícola	Cachama en estanque de tierra
	Caprinos	Bocachico, bagre rayado y yamú en estanque de tierra
Magdalena	Avícola	Pesca continental de bocachico
	Carne bovina	Cerdos en granjas
Meta	Cerdos en granjas	Avícola
	Bocachico, bagre rayado y yamú en estanque de tierra	Búfalo
Nariño	Cachama en estanques de tierra	Pirarucú
	Caprinos	Avícola
Norte de Santander	Cerdos en granjas	Avícola
	Caprinos	Tilapia en estanques de tierra
Putumayo	Pirarucú	Tilapia en estanques de tierra
	Cachama en estanques de tierra	Avícola
Quindío	Cerdos en granjas	Avícola
	Caprinos	Pirarucú
Risaralda	Avícola	Cerdos en granja
	Caprinos	Cachama en estanque de tierra
Santander	Cerdos en granjas	Avícola
	Cachama en estanques de tierra	Pirarucú
Sucre	Pesca continental de bocachico	Pirarucú
	Cachama en estanques de tierra	Bocachico, bagre rayado y yamú en estanque de tierra
Tolima	Caprinos	Avícola
	Cerdos en granjas	Tilapia en estanques de tierra
Valle del Cauca	Caprinos	Cerdos en granjas
	Avícola	Cachama en estanque de tierra
Vaupés	Cerdos en granjas	Tilapia en estanques de tierra
	-	Bocachico, bagre rayado y yamú en estanque de tierra
Vichada	Cerdos en granjas	Avícola
	-	Búfalo

Fuente: elaboración propia con información de SIPRA (2023a).

Anexo C: Sistema energético

Tabla C - 1. Parámetros utilizados para calcular el potencial energético de los principales cultivos del país.

Producto	Tipo de residuo	Factor de residuo (decimal)	Humedad	Poder calorífico inferior (kJ/kg)	Factor disponibilidad (decimal)
Arroz	Cáscara	0,3 ^a	0,1 ^a	15359,0 ^a	0,4 ^a
	Paja	2,2 ^a	0,8 ^a	14170,0 ^a	0,0 ^a
Cacao	Cáscara	1,5 ^b	0,8 ^h	11700,0 ^e	0,7 ^f
Café	Hoja	0,2 ^a	0,1 ^a	15464,0 ^a	0,3 ^a
	Pulpa	2,4 ^a	0,3 ^a	16856,0 ^a	0,0 ^a
	Tallo	3,2 ^a	0,2 ^a	19046,5 ^a	0,0 ^a
Caña azucarera	Hojas y parte alta	0,3 ^a	0,5 ^a	18.114,5 ^a	0,2 ^a
	Bagazo	0,3 ^a	0,5 ^a	17.028,0 ^a	0,0 ^a
Caña panelera	Hojas y parte alta	0,3 ^a	0,5 ^a	18.114,5 ^a	0,0 ^a
	Bagazo	0,4 ^a	0,5 ^a	14.448,0 ^a	0,0 ^a
Maíz	Hoja	0,3 ^a	0,1 ^a	14845,0 ^a	0,0 ^a
	Mazorca	0,2 ^a	0,2 ^a	18030,0 ^a	0,0 ^a
	Rastrojo	2,6 ^a	0,2 ^a	14487,5 ^a	0,0 ^a
Palma de aceite	Cuesco	0,1 ^a	0,1 ^a	18251,5 ^a	0,6 ^a
	Fibra	0,1 ^a	0,4 ^a	15914,5 ^a	0,1 ^a
	Raquis	0,3 ^a	0,6 ^a	17663,0 ^a	0,8 ^a
Papa	Cáscara	0,4 ⁱ	0,2 ⁱ	16.000 ⁱ	0,0 ^j
Plátano	Fruto rechazado	0,4 ^a	0,8 ^a	13079,0 ^a	0,0 ^a
	Raquis	1,0 ^a	0,9 ^a	11547,5 ^a	0,0 ^a
	Tallo	4,8 ^a	0,9 ^a	12316,0 ^a	0,0 ^a
Yuca	Afrecho	0,1 ^b	0,9 ^d	15262,2 ^g	0,2 ^c

Fuente: elaboración propia con información de a: Guio-Pérez et al., 2016; b: FAO, 2014; c: Forster-Carneiro et al., 2013; d: Brieva Avilez et al., 2020; e: Villavicencio et al., 2018; f: Montenegro Orozco et al., 2016; g: Muñoz et al., 2013; h: Rojas González, 2019; i: Gabisa & Gheewala, 2018; j: Sagastume Gutiérrez et al., 2020.

Tabla C - 2. Parámetros usados para el cálculo del potencial energético del sector pecuario del país.

Especie	Tasa de producción de estiércol por cabeza (kg/cabeza-año)	Contenido de humedad	Poder calorífico inferior (kJ/kg)	Factor disponibilidad (decimal)
Caprinos	172,5 ^a	0,1 ^d	13.058,3 ^j	0,4 ^{l,m}
Ovinos	912,5 ^b	0,7 ^e	13.058,3 ^j	0,4 ^{l,m}
Bovinos	7.989,9 ^c	0,8 ^f	18.895,0 ^k	0,5 ^f
Aves	14,6 ^c	0,3 ^g	14.798,8 ^j	0,3 ⁿ
Porcinos	463,6 ^c	0,9 ^h	14.790,0 ^h	0,8 ^m
Equinos	4.562,5 ^b	0,8 ⁱ	19.100 ^k	0,5 ^b
Búfalos	10741,95 ^c	0,8 ^f	19.600 ^k	0,5 ^b

Fuente: elaboración propia con información de a: Ramírez, 2017; b: Khan et al., 2021; c: FAO, 2014; d: Shamsul et al., 2017; e: Amante-Orozco et al., 2019; f: Bernal Calderón & Orozco Aguirre, 2019; g: Dede & Ozer, 2018; h: Daojun et al., 2014; i: Da Lio et al., 2021; j: Altan et al., 2022; k: Tsai & Liu, 2016; l: Ramos-Suárez et al., 2019; m: Gabisa & Gheewala, 2018; n: Guio-Pérez et al., 2016.

Tabla C - 3. Parámetros usados para el cálculo del potencial energético de las principales especies forestales del país.

Especie	Factor de residuo (decimal)	Incremento Anual Medio (m ³ /ha)	Densidad (kg/m ³)	Poder calorífico inferior (kJ/kg)
Eucalyptus grandis	0,5	30	475	18.779,5
Acacia mangium	0,5	33,5	520	18.779,5
Gmelina arborea	0,5	23,5	510	18.779,5
Pinus patula	0,5	18,5	455	18.779,5
Pinus maximinol	0,5	17	490	18.779,5
Tectona grandis	0,5	16	665	18.779,5

Fuente: elaboración propia con información de Guio-Pérez et al. (2016).

Contexto para la transición energética regional en Colombia: Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Colombia

Edición general

Alexánder Gómez

Kelly Johanna Patarroyo León

Autores de los capítulos

Alexánder Gómez

Daniel Sebastián González Pedraza

Diego Arturo Cortés Valencia

Juan Pablo Wilches Cristiano

Kelly Johanna Patarroyo León

Liliana Constanza Delgado Betancourth

Santiago Fonseca Castro

Sebastián Camilo Cortés Cuervo

Diseño y diagramación

Karen Andrea González Castro

Rafael Fernando Posada Rueda

© Universidad Nacional de Colombia, 2026

Bogotá, Colombia

Citación sugerida

Gómez, A. & Patarroyo León, K. J. (Eds.). (2026). *Contexto para la transición energética regional en Colombia: Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.

Esta publicación fue editada por la Universidad Nacional de Colombia y constituye una obra colectiva elaborada en el marco del proyecto Nexos. Todos los derechos reservados.