

# Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Colombia

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

nexos



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

## Transiciones para el desarrollo sostenible de Colombia

### Autores:

Alexander Gómez Mejía

Cesar Enrique Acosta Sequeda

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:

Karen Andrea González Castro

Rafael Fernando Posada Rueda

Universidad Nacional de Colombia

Bogotá, Colombia

2023-2024

## Contenido

1	Introducción.....	5
2	Condiciones socioeconómicas .....	6
2.1	Población.....	6
2.2	Salud.....	7
2.3	Pobreza.....	8
2.4	Desigualdad.....	10
2.5	Síntesis.....	11
3	Economía, infraestructura y producción .....	12
3.1	Producto Interno Bruto (PIB) .....	12
3.2	Comercio exterior .....	14
3.3	Empleo y desempleo .....	18
3.4	Estructura fiscal .....	19
3.5	Infraestructura .....	21
3.6	Síntesis.....	22
4	Desafíos y tensiones sociales .....	23
4.1	Síntesis.....	25
5	Ciencia, tecnología e innovación.....	26
5.1	Proyectos de minas y energía respaldados por el SGR.....	26
5.2	Inversión en ACTI y I+D.....	28
5.3	Síntesis.....	34
6	Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad .....	35
6.1	División político-administrativa.....	35
6.2	Usos del suelo (Cobertura de tierra) .....	37
6.3	Hidrología .....	38
6.4	Ecosistemas estratégicos.....	41
6.5	Climatología y recursos hídricos .....	45
6.6	Recursos ecosistémicos.....	47
6.6	Infraestructura y manejo del agua.....	50
6.7	Síntesis.....	51
7	Sistemas agroalimentarios .....	53
7.1	Usos del suelo .....	53

7.2	Producción de alimentos.....	56
7.3	Síntesis.....	68
8	Emisiones y planes de acción climática .....	70
8.1	Compromisos ambientales.....	70
8.2	Mitigación y adaptación al cambio climático .....	71
8.3	Emisiones .....	72
8.4	Síntesis.....	73
9	Sistema energético .....	75
9.1	Potenciales de energías renovables .....	75
9.2	Reservas de combustibles fósiles.....	97
9.3	Balance energético nacional .....	75
9.4	Mercado de Energía Mayorista (MEM) .....	85
9.5	Generación de energía eléctrica .....	80
9.6	Sistema Interconectado Nacional (SIN) .....	85
9.7	Mercado de energía minorista.....	87
9.8	Zonas no interconectadas .....	94
9.9	Síntesis.....	106
10	Conclusiones .....	107
11	Bibliografía .....	109
11.1	Condiciones socioeconómicas .....	109
11.2	Economía, infraestructura y empleo .....	109
11.3	Desafíos y tensiones sociales .....	109
11.4	Ciencia, Tecnología e Innovación.....	109
11.5	Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad .....	109
11.6	Sistemas agroalimentarios .....	110
11.7	Emisiones y planes de acción climática .....	111
11.8	Sistema energético .....	111
12	Anexos.....	118
12.1	Anexo A: Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad .....	118
12.2	Anexo B: Aptitud de producción e índice de crecimiento agropecuario .....	130
12.3	Anexo C Sistema energético.....	140

## 1 Introducción

Colombia es un país diverso y lleno de contrastes, desde sus cordilleras hasta sus llanuras y playas caribeñas. Este diagnóstico corresponde a una exploración de este territorio, abordando áreas que abarcan desde aspectos sociales y económicos hasta consideraciones ambientales y tecnológicas. El objetivo principal es conocer cuál debe ser el camino hacia un futuro sostenible, teniendo en cuenta los desafíos y tensiones que caracterizan a este país.

Colombia, rica en biodiversidad y marcada por la fusión de diversas culturas, se presenta como un mosaico geográfico y cultural. Desde las imponentes montañas de los Andes hasta las vastas llanuras de los Llanos Orientales, y desde la exuberante Amazonía hasta las costas caribeñas y pacíficas, cada región contribuye a la identidad única de este país.

A pesar de sus extraordinarios atributos, Colombia no está exenta de desafíos. La planificación estratégica y la toma de decisiones deben abordar no solo la protección de su biodiversidad y la riqueza cultural, sino también la promoción de prácticas económicas sostenibles que beneficien a toda la comunidad colombiana.

Este diagnóstico comienza con un análisis de las condiciones socioeconómicas del país, explorando cuestiones como demografía, salud y pobreza en sus dimensiones monetarias y multidimensionales. Posteriormente, se revisa el sistema económico a través del Producto Interno Bruto (PIB), el comercio exterior y la infraestructura que impulsa el desarrollo local. La mirada crítica se extiende a los desafíos y tensiones sociales, desde conflictos territoriales hasta la percepción ciudadana y las preocupaciones ambientales que marcan la realidad colombiana.

A continuación, el análisis se introduce en el ordenamiento territorial, destacando la diversidad política, la presencia de comunidades indígenas y afrodescendientes, los planes de ordenamiento territorial municipales y la vulnerabilidad ambiental proyectada hacia el futuro. La exploración se amplía a los sistemas agroalimentarios, revisando los usos del suelo, la producción y consumo de alimentos, así como la gestión climática y energética a nivel nacional.

Por último, se realiza un análisis del sistema energético nacional y los potenciales usos de energía renovable en el país. Este diagnóstico se plantea como una base esencial para la planificación y toma de decisiones en Colombia. En un equilibrio entre la conservación de sus recursos naturales, y el impulso de un desarrollo sostenible, este análisis integral proporciona una visión fundamental para guiar el futuro de esta nación, cuya riqueza va más allá de sus paisajes impresionantes y su diversidad cultural.

## 2 Condiciones socioeconómicas

El siguiente 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 datos sobre nacimientos, 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 observa en la Figura 2-1. Distribución poblacional por edades y sexo a nivel nacional, año 2023. Fuente: DANE. Figura 2-1, la población entre los 0 y 16 años comienza a ser menor que la ubicada entre los 18 y 32 años, lo cual ocurre tanto en el caso de los hombres como en el de las mujeres.

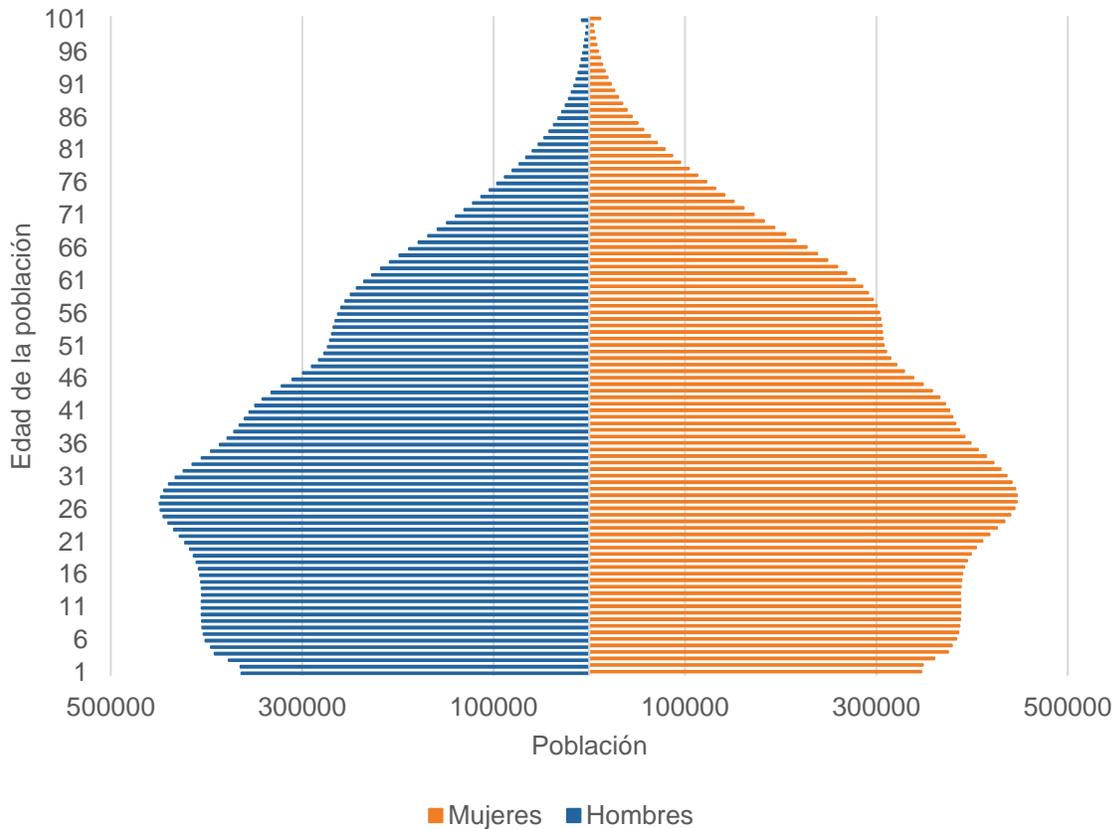


Figura 2-1. Distribución poblacional por edades y sexo a nivel nacional, año 2023. Fuente: DANE

Esta distribución es relevante porque implica un cambio demográfico propio de todos los países, que empiezan a reducir tanto sus tasas de mortalidad como sus tasas 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).

Para el año 2023, se espera que Colombia cuente con 17,8 millones de hogares, 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 de personas

por hogar para el año 2023 equivale a 3 personas (2,9 en promedio), lo que sigue también una tendencia de reducción del tamaño de las familias en las últimas décadas en el país.

Para el año 2018, cuando se realizó el censo, la población que se reconocía étnicamente (como población indígena; gitana o rrom; 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, 2023). Esta cifra es la más baja reportada en los últimos 10 años. Aunque la tendencia en el país en la última década es una disminución de los nacimientos, mientras el promedio en los anteriores años estuvo entre -2,1 % y -1 %, en el caso del 2022 fue de -7,5 %. En cuanto al sexo, la proporción se ha mantenido igual de 2018 hasta 2022 y es de 51,1 % hombres y 48,9 % mujeres.

Es importante señalar que, si bien ha disminuido 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 menos, 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. De todas maneras, 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, 2023). 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 y 27,7 % en 2022, las cifras

más altas desde 2015. Mientras que la tasa de mortalidad por homicidio 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. La tasa más alta se alcanzó en 2021, con 6 % por cada cien mil habitantes, pero esta cifra se alcanzó en 2018 y 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, 2023a). En un hogar de 3 personas, que es el promedio de personas por hogar en Colombia, se trataría de un hogar con ingresos inferiores a \$ 1.190.592 pesos, que corresponde a un ingreso superior al salario mínimo en Colombia para el año 2022.

La pobreza monetaria había disminuido 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 puede ver en la Figura 2-2. En 2022 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 pudo coincidir con las políticas de apoyo a las personas de menos ingresos implementadas durante la pandemia.

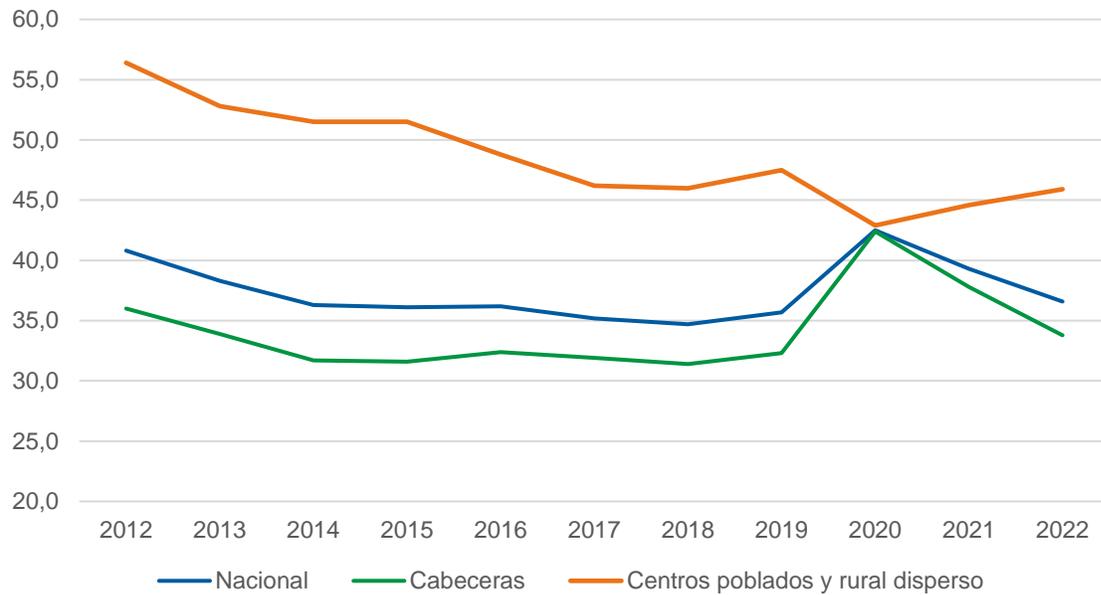


Figura 2-2. Pobreza monetaria en Colombia, total nacional, cabeceras y centros poblados y rural disperso. Años 2012-2021. Fuente: DANE, Pobreza monetaria y pobreza monetaria extrema

### 2.3.2 Pobreza multidimensional

El índice de pobreza multidimensional recoge las privaciones de los hogares en múltiples variables que se ponderan. Entre las variables incluidas 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 (Figura 2-3), con 6,6 millones de personas viviendo en esta condición el 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 observa en la Figura 2-2.

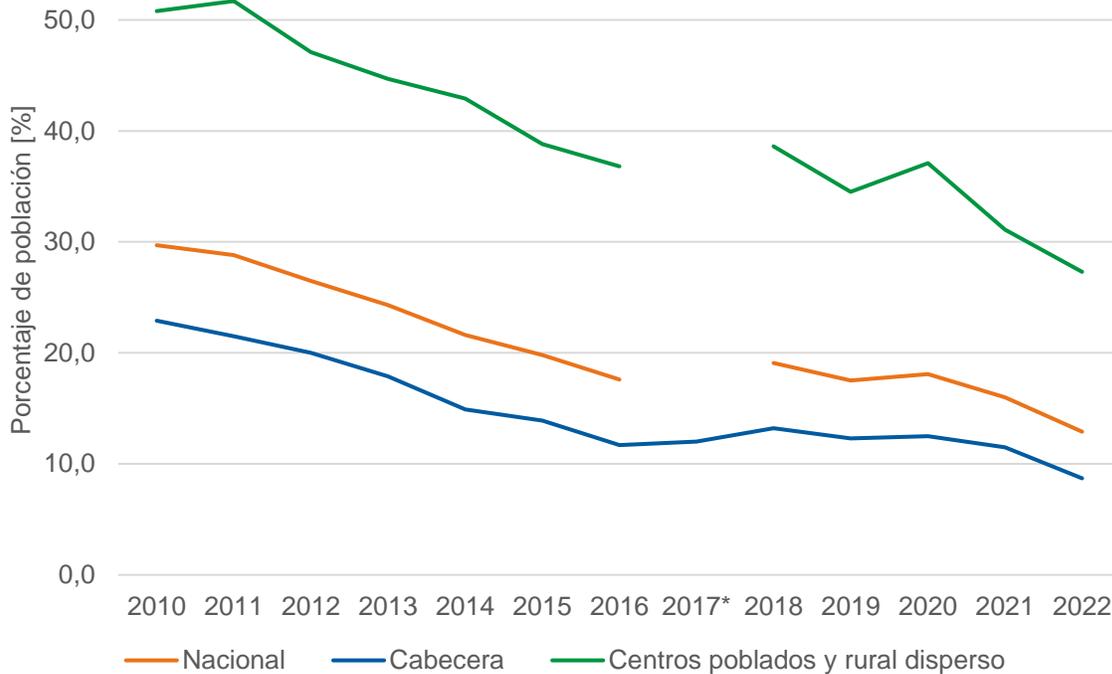


Figura 2-3. Pobreza multidimensional en Colombia, total nacional, cabeceras y centros poblados y rural disperso. Años 2010-2022. En el año 2017, los datos son representativos únicamente para el dominio Cabeceras. Fuente: DANE, Pobreza multidimensional

## 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 había venido disminuyendo, de 0,57 a 0,52. Sin embargo, de 2018 a 2020 volvió a aumentar, y en el año 2021 fue superior al observado en 2015, como se aprecia 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).

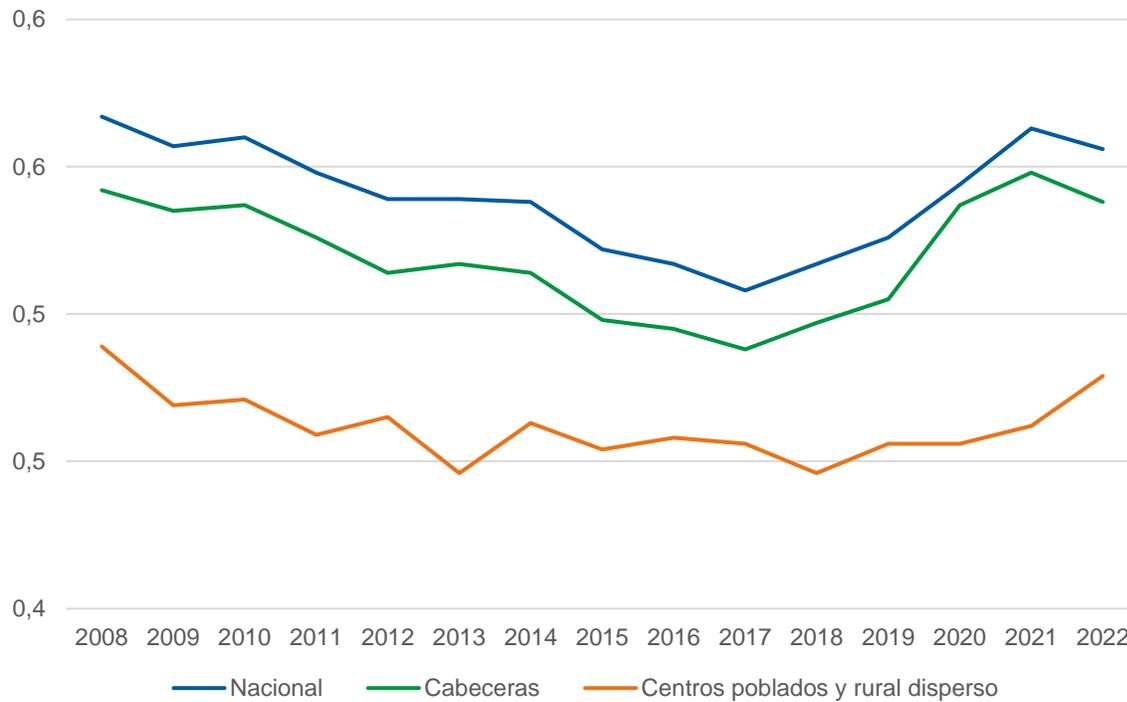


Figura 2-4. Coeficiente de Gini para Colombia. Total nacional, cabeceras y centros poblados y rural disperso. Años 2008-2022. Fuente: DANE, Indicadores de pobreza monetaria

## 2.5 Síntesis

Colombia es un país con una población de más de 52 millones de personas en 2023. El 51,2 % de su población son mujeres y el 11,8 % de su población se autorreconoce étnicamente (como población indígena; gitana o rrom; y negra, afrocolombiana, raizal o palenquera). En la última década la pobreza monetaria ha disminuido, pero tuvo un incremento explicado por la pandemia en 2020. Aún así se han visto los resultados, ya que la pobreza multidimensional ha presentado una reducción constante desde el año 2010. Sin embargo, aún persiste un 36,6 % de la población en pobreza monetaria y el 12,9 % en pobreza multidimensional para el año 2022. En desigualdad, Colombia aún supera el promedio de América Latina y tuvo incrementos a nivel nacional desde el año 2018, con una reducción para el año 2022.

### 3 Economía, infraestructura y producción

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 sistematizarán 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 con el 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.

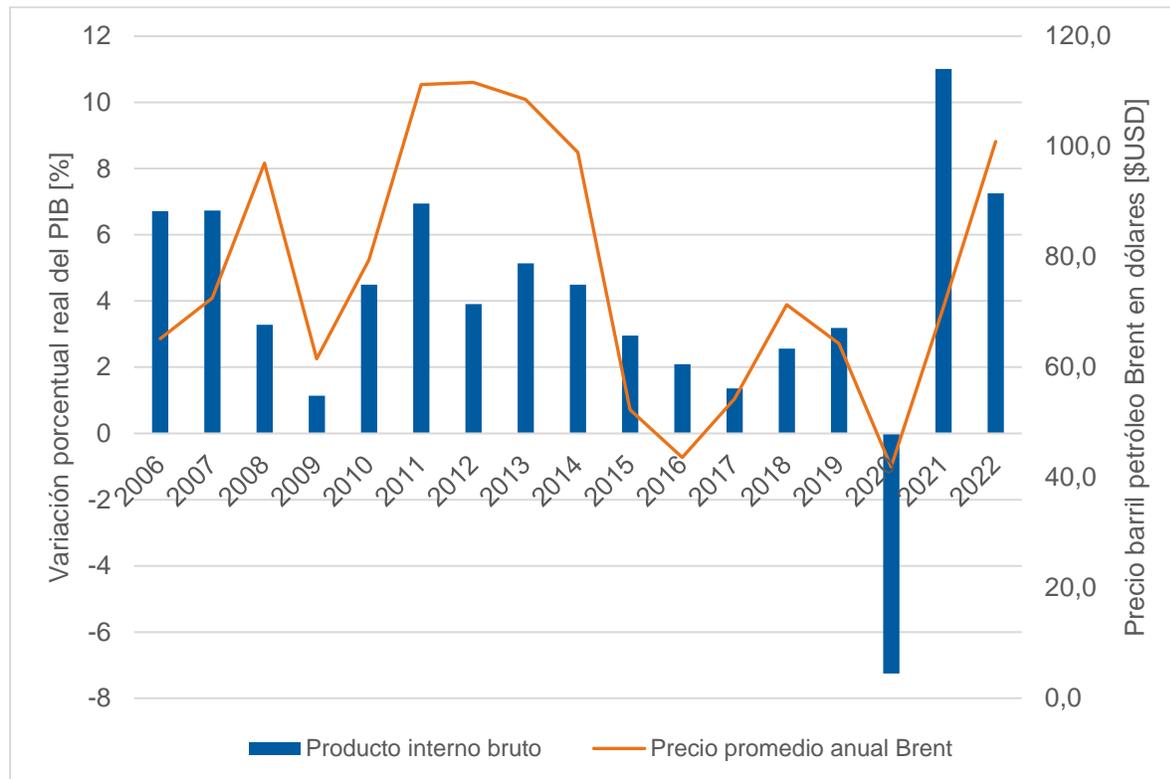


Figura 3-1. Variación porcentual real anual Producto Interno Bruto de Colombia y precio promedio anual del barril de petróleo Brent en dólares. Años 2006- 2022. Fuente: DANE (2023) y EIA

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 observa 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.

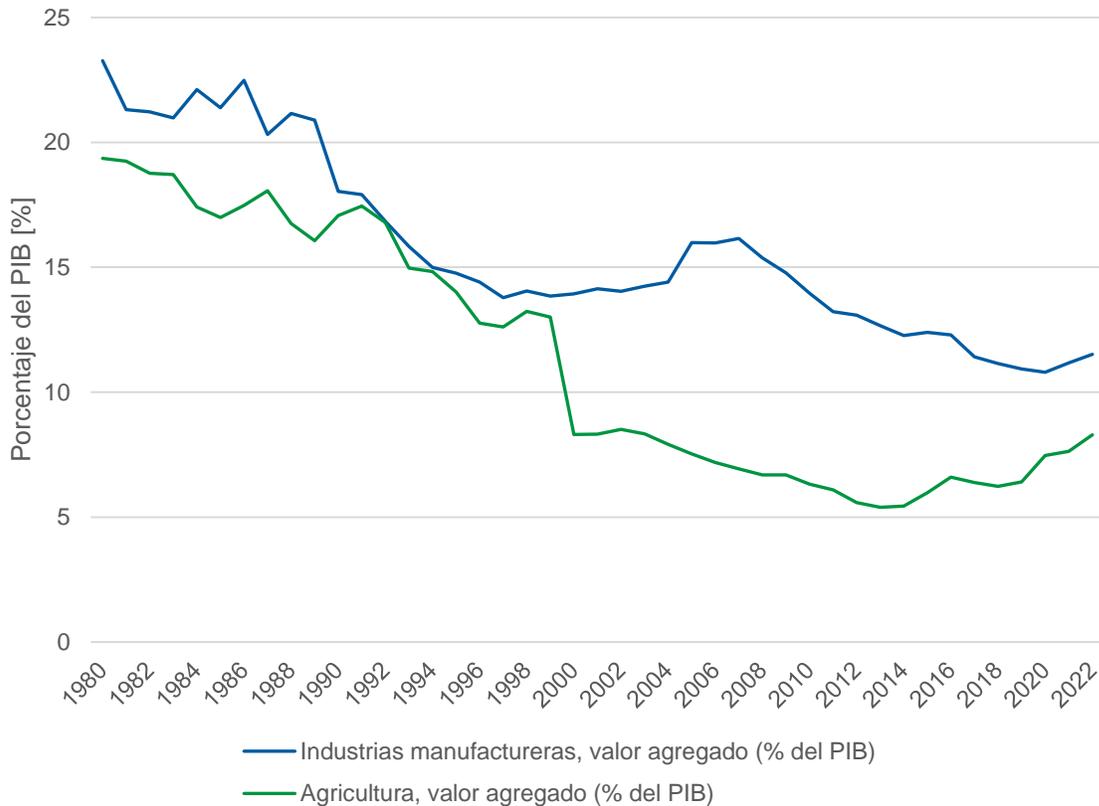


Figura 3-2. Industrias manufactureras y agricultura, valor agregado como porcentaje del PIB. Años 1980-2022. Fuente: Banco Mundial (2023), Datos

Estos sectores de alto valor agregado y alta generación de empleo fueron reemplazados principalmente por el sector comercio 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 observa 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 que menos pesa dentro de toda la producción del año 2022 corresponde al sector de suministro de energía eléctrica, gas, distribución de agua y manejo de desechos, correspondiente al 2,9 % del PIB.



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

### 3.2 Comercio exterior

Hasta la apertura económica del año 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 boom 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 el año 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 observa en la Figura 3-4.

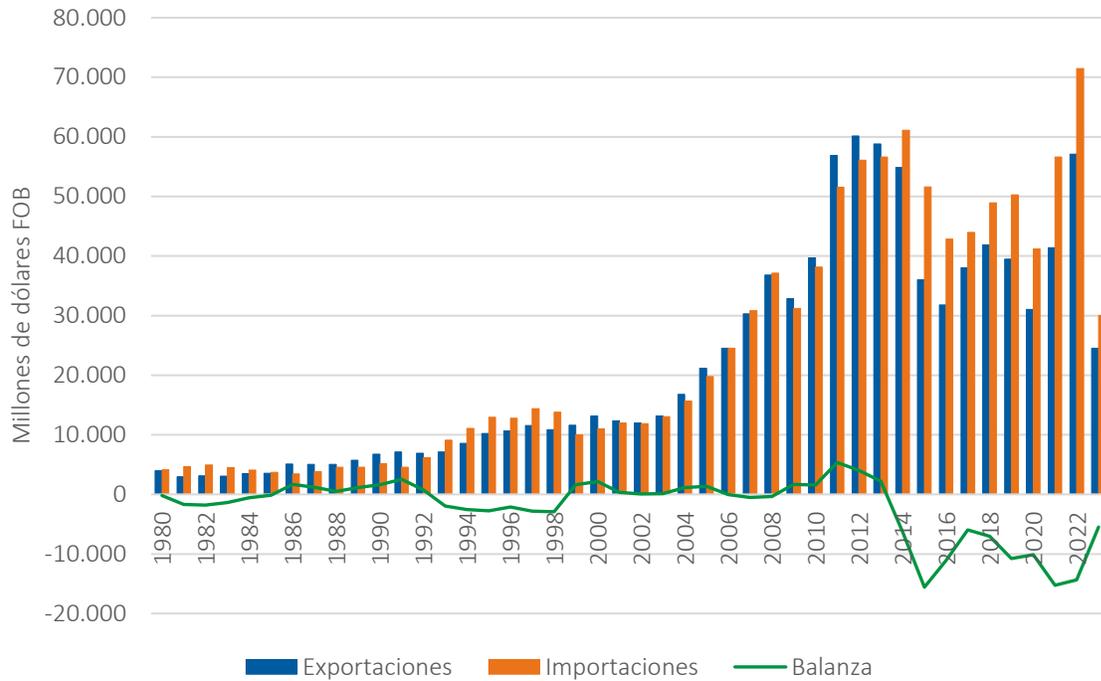


Figura 3-4. Exportaciones, importaciones y balanza comercial de Colombia. Años 1980-2022. Fuente: DANE(2023a), Balanza comercial

### 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 CIU revisión 4. Año 2022. Fuente: DANE (2023c), Importaciones

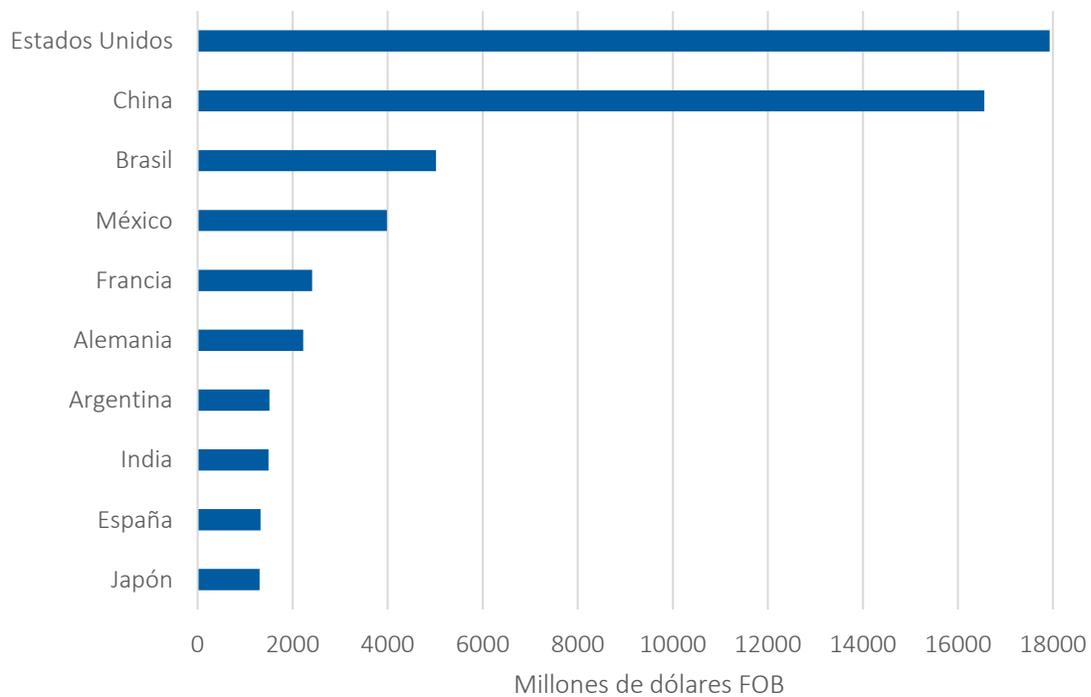


Figura 3-7. Importaciones a Colombia según país de origen en millones de dólares. Principales países. Año 2022. Fuente: DANE, Importaciones

### 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.

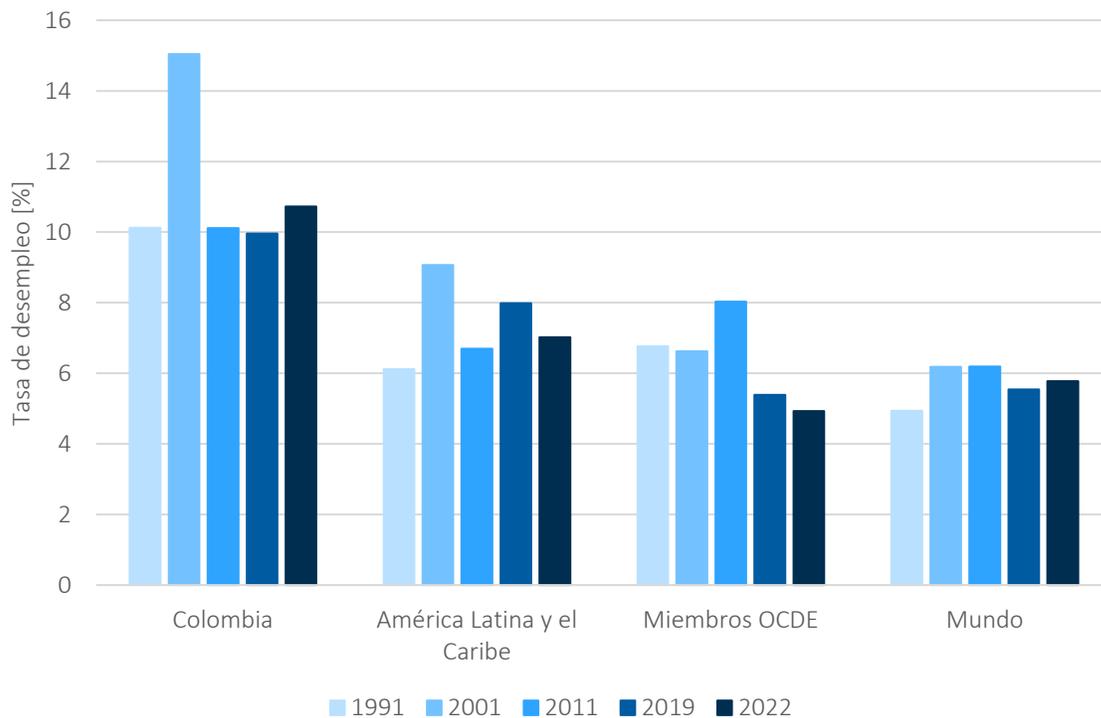


Figura 3-8. Tasa de desempleo como porcentaje de la población activa total. Años 1991, 2001, 2011, 2019 y 2022. Fuente: Banco Mundial (2023), Datos

#### 3.3.2 Empleo

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

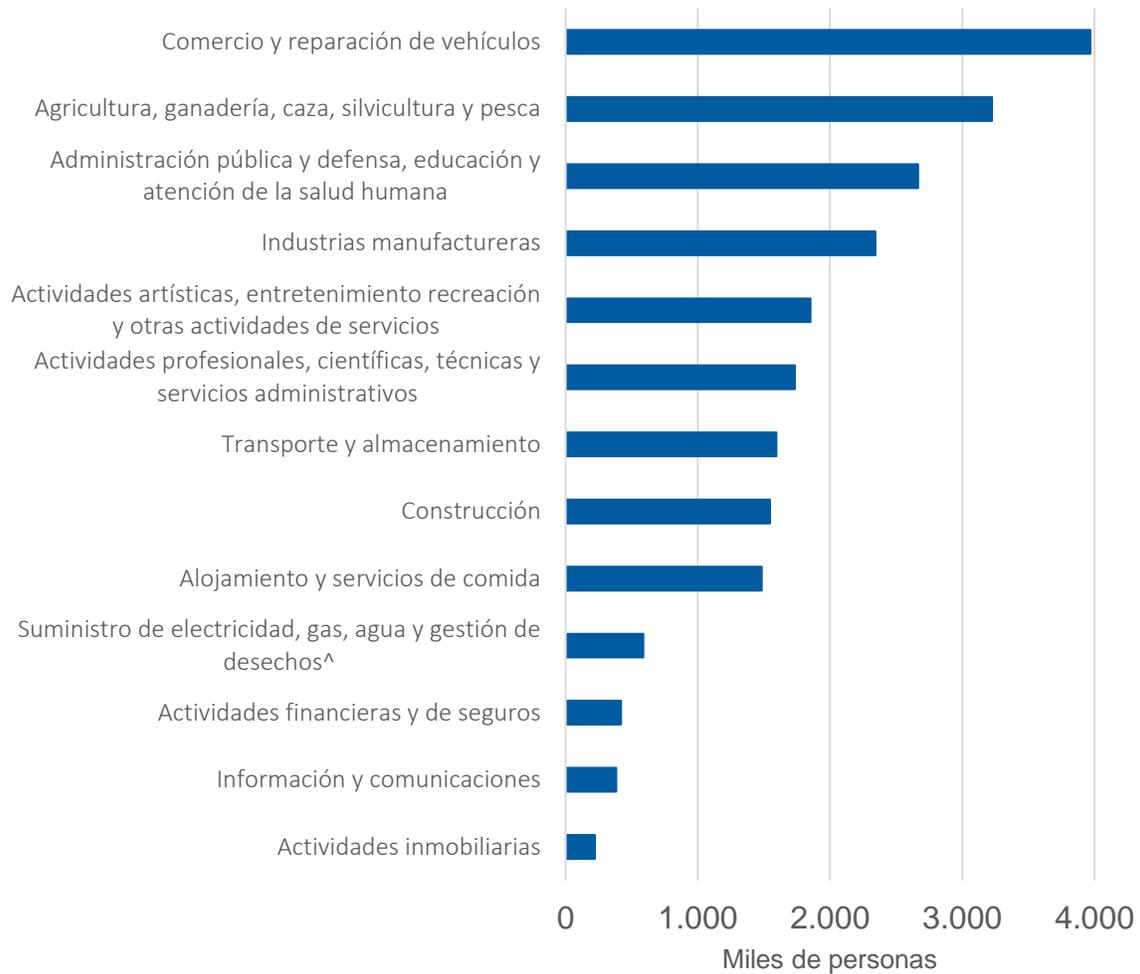


Figura 3-9. Ocupados por rama de actividad económica en Colombia. En miles de personas. Año 2022. Suministro de electricidad, gas, agua y gestión de desechos incluye la rama de Explotación de minas y canteras. Fuente: DANE (2023d), Gran Encuesta Integrada de Hogares

### 3.4 Estructura fiscal

Los ingresos fiscales de Colombia provienen de dos fuentes principales: los impuestos sobre la renta y el IVA e impuesto 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 cuando 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.



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 (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 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 (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 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 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 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 este capítulo se revisarán 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 cantidad a la de los países desarrollados. Como se observa en la Figura 3-11, mientras que en los países europeos de la OCDE la densidad total de la red vial total fue de 180,3 km de vía por cada 100 km<sup>2</sup> 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.

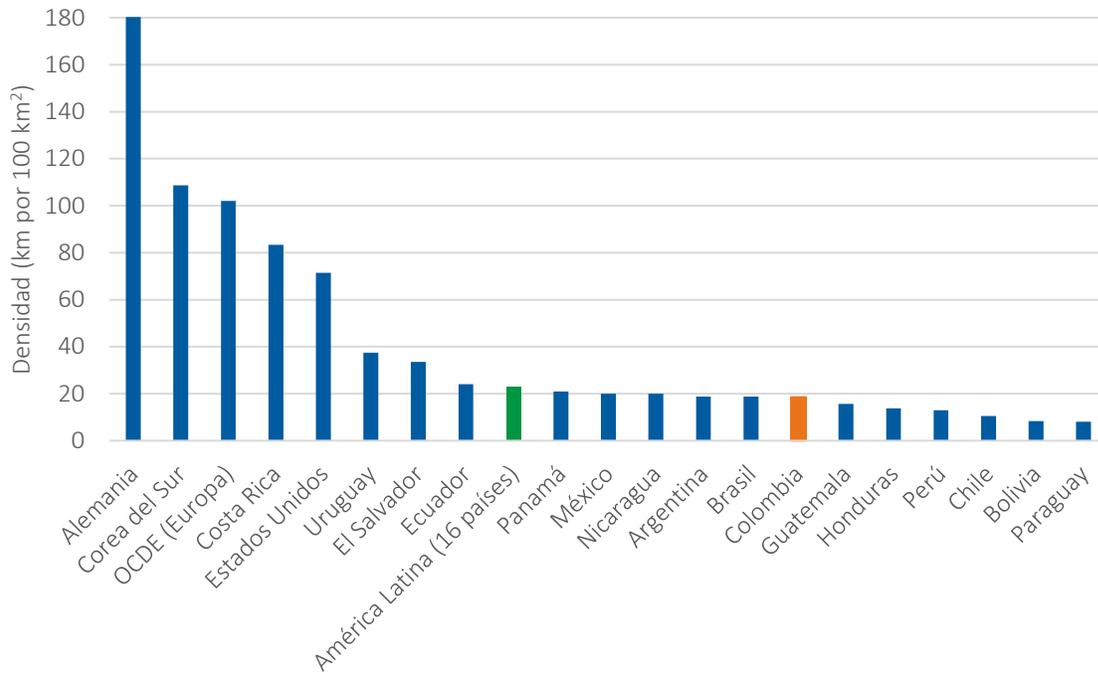


Figura 3-11. Densidad de red vial total (km por 100 km<sup>2</sup>) en América Latina y los países y regiones seleccionados. Año 2015. Fuente: (Weikert, 2021).

### 3.6 Síntesis

Desde la década de 1980, Colombia tuvo una reducción fuerte del sector industrial y agrícola como porcentaje del PIB. Esto se explica por el cambio de modelo, en Colombia y América Latina, de la industrialización dirigida por el Estado hacia unas nuevas reformas de mercado. En Colombia estas se desarrollaron al final de la década de 1980 y principios de la década de los noventa. Los sectores agropecuarios e industriales fueron reemplazados en proporción por los sectores de hidrocarburos y los servicios, donde predomina el comercio. Por esta razón, Colombia tiene una economía donde predomina el sector informal de servicios como impulsor del PIB, y las exportaciones se concentran en productos minero-energéticos. El desempleo es superior al promedio de América Latina, y el comercio también sobresale entre los sectores de mayor ocupación en el país. Los ingresos tributarios del país son inferiores al promedio de América Latina y los últimos años se ha observado un incremento de la deuda pública como porcentaje del PIB.

Estas condiciones reflejan enormes retos en materia económica que tiene el país, pero también existen grandes oportunidades de inversión ligadas a la transición climática. La posibilidad de reorientar inversiones públicas y privadas hacia proyectos de transición energética será un potencial de nuevas fuentes de ingreso, indispensables para reducir la dependencia de las exportaciones fósiles que tiene actualmente el país.

## 4 Desafíos y tensiones sociales

El análisis realizado por la línea de investigación en desarrollo rural y ordenamiento territorial del Instituto de Estudios Interculturales de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali ha establecido una tipología exhaustiva de los conflictos sociales que están intrínsecamente ligados a las diferentes fases de la cadena de valor del sector de hidrocarburos (Duarte Torres et al., 2021). Esta tipología adopta una perspectiva holística fundamentada en los sistemas socioecológicos. A pesar de su enfoque específico en la industria de los hidrocarburos, los marcos conceptuales y los enfoques analíticos empleados son lo suficientemente amplios y flexibles para ser extrapolados a otros ámbitos energéticos.

La tipología de conflictos propuesta comprende seis categorías fundamentales que abarcan desafíos inherentes a la dinámica de la cadena de valor del sector de hidrocarburos. 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 (Duarte Torres et al., 2021). 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 (Duarte Torres et al., 2021). 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).

La segunda categoría analizada por Duarte Torres et al (2021) 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 (Duarte Torres et al., 2021). 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).

La tercera categoría de conflictos abordada por (Duarte Torres et al., 2021), 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 (Duarte Torres et al., 2021). 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) abogan por estrategias integrales que involucren a fuerzas militares, autoridades locales y 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.

La cuarta categoría elaborada por Duarte Torres et al. (2021) en su análisis 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. 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, Duarte Torres et al. (2021) 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 clima 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 (Duarte Torres et al., 2021). 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.

La quinta categoría, comprende los **conflictos surgidos de las tensiones entre las comunidades, el Estado y las empresas** en torno al uso 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. 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.

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 engloban 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. Duarte Torres et al. (2021) 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.

#### 4.1 Síntesis

En este apartado se realiza una reseña de la tipología de conflictos sociales relacionados con la cadena de valor del sector de hidrocarburos, 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). Esta tipología comprende seis categorías analíticas que resultan de utilidad en el examen de los desafíos y las tensiones que pueden surgir en los territorios durante una transición energética.

En primer lugar, se encuentran los conflictos por tierras y territorio, que abarcan disputas relacionadas con el acceso, uso y control de las tierras en las zonas donde se desarrollan proyectos energéticos. Estos conflictos engloban tensiones vinculadas a precios e impuestos prediales, solapamientos en las figuras de ordenamiento territorial y reclamos de comunidades étnicas. En segundo lugar, se presentan los conflictos por derechos fundamentales, que se derivan de las limitaciones en el reconocimiento de derechos colectivos y la participación en la toma de decisiones. Estos conflictos engloban reclamos relacionados con la consulta previa, el consentimiento informado, la supervisión ciudadana y otros aspectos afines. En tercer lugar, se abordan los conflictos por la presencia de grupos armados, que comprenden las disputas y actos de violencia asociados a la operación de actores armados ilegales en las áreas donde se llevan a cabo proyectos energéticos. Estos conflictos involucran extorsiones, ataques contra la infraestructura, desplazamientos forzados y actividades económicas ilícitas.

En cuarto lugar, se abordan los conflictos laborales y de contratación, que se relacionan con tensiones vinculadas al incumplimiento de derechos laborales, la falta de pago a proveedores locales y las restricciones en la contratación de mano de obra de las comunidades locales. En quinto lugar, se analizan los conflictos ambientales, que abarcan disputas relacionadas con los impactos en el acceso, la disponibilidad y la calidad de los recursos naturales, como el agua, el suelo y la biodiversidad. Estos conflictos incluyen daños ecológicos, deforestación y contaminación. Y, finalmente, en sexto lugar, se resaltan los conflictos por impactos sociales negativos, que se derivan de los efectos sociales y económicos de los proyectos energéticos, como el aumento del costo de vida, el desplazamiento de población y los cambios culturales no deseados.

Duarte Torres et al., (2021) también presentan propuestas para abordar estos conflictos, que incluyen el fortalecimiento de la planificación territorial, la regulación ambiental y laboral, así como una mayor transparencia en las prácticas empresariales. Además, destacan la importancia del fortalecimiento de la participación ciudadana, los procesos de consulta previa y la construcción de relaciones de confianza entre las empresas, el Estado y la sociedad civil. Estos elementos, sin duda, representan una contribución significativa para la gestión de las posibles tensiones y desafíos que pueden surgir durante la implementación de una transición energética en el país.

## 5 Ciencia, tecnología e innovación

En el próximo capítulo, se llevará a cabo un análisis de los proyectos estratégicos en los sectores de minas y energía, respaldados de manera crucial por el Sistema General de Regalías (SGR). Asimismo, se examinará de la dinámica en el ámbito de la ciencia, tecnología e innovación, destacando especialmente el notable aumento en la inversión total. Este análisis no solo mostrará la evolución financiera de la ciencia y la tecnología en Colombia, sino que también explorará la participación clave del SGR en proyectos emblemáticos de minas y energía. En última instancia, se delineará un panorama que no solo ha experimentado cambios significativos en la última década, sino que también promete un futuro prometedor para el desarrollo sostenible del país.

### 5.1 Proyectos de minas y energía respaldados por el SGR

En la última década, la evolución de los proyectos relacionados con minas y energía, respaldados por el Sistema General de Regalías (SGR), ha sido un fiel reflejo de la dinámica financiera y de inversión en este sector. En 2012, se aprobaron un total de 7 proyectos relacionados con minas y energía, que representaron el 8 % del total de proyectos aprobados por el SGR ese año. Estos proyectos recibieron una inversión aproximada de \$23.301 millones de pesos, lo que representó el 4 % de la inversión total del SGR en ese año. Además, el SGR financió aproximadamente el 64 % del valor total de los proyectos de minas y energía aprobados.

Pasando al período 2013-2014, se observa un aumento en el número de proyectos aprobados relacionados con minas y energía, que alcanzan un total de 13 proyectos. Sin embargo, el porcentaje de participación de estos proyectos sobre total de proyectos disminuyó ligeramente al 7 %. La inversión destinada a estos proyectos también aumentó hasta aproximadamente \$ 37.739 millones, pero su participación sobre la inversión total del SGR disminuyó al 3 %. No obstante, el SGR todavía contribuyó significativamente al financiamiento de estos proyectos, aportando el 79 % del valor total.

En 2019-2020, se aprobaron 11 proyectos de minas y energía, que representan solo el 1 % del total de proyectos aprobados por el SGR en esos años. Sin embargo, estos proyectos recibieron una inversión significativa de aproximadamente \$32.191 millones. A pesar de la baja proporción en el número de proyectos, el SGR participó con el 2 % del financiamiento total de estos proyectos.

En el último período registrado, 2021-2022, se aprobó la mayor cantidad de proyectos relacionados con minas y energía, con un total de 17. Esto representó el 2 % del número total de proyectos aprobados por el SGR en esos años. La inversión asignada a estos proyectos fue de alrededor de \$ 13.382 millones, y aportaron el 1 % al total de inversión del SGR en ese período. No obstante, el SGR jugó nuevamente un papel fundamental al financiar el 78 % del valor total de estos proyectos.

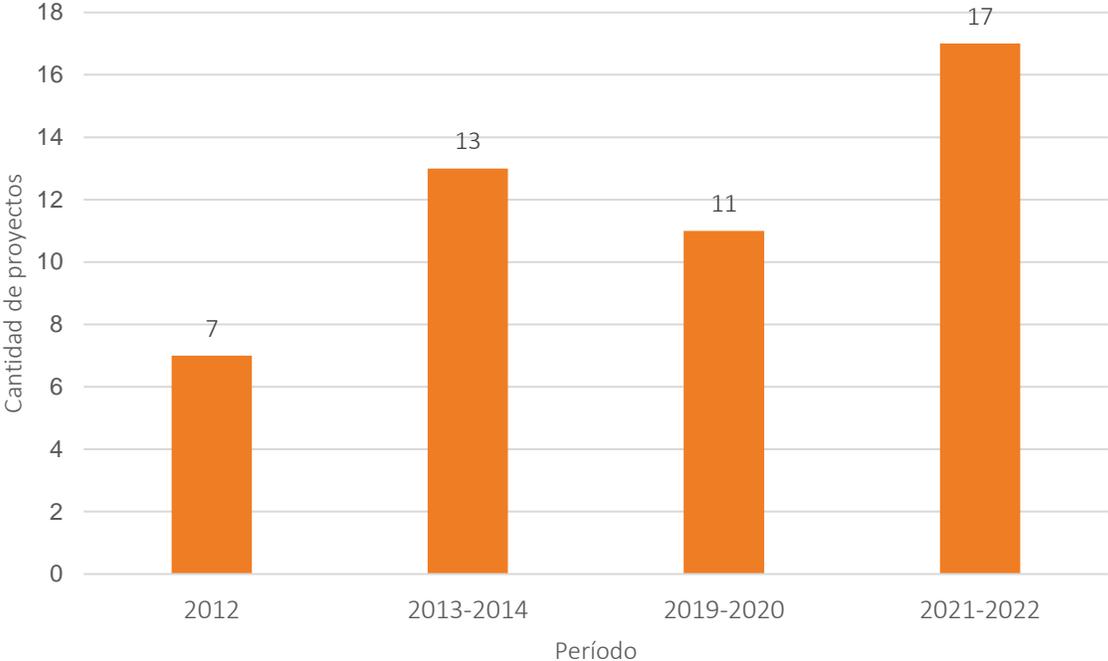


Figura 5-1. Proyectos minas y energía aprobados por el SGR. Fuente: Minciencias

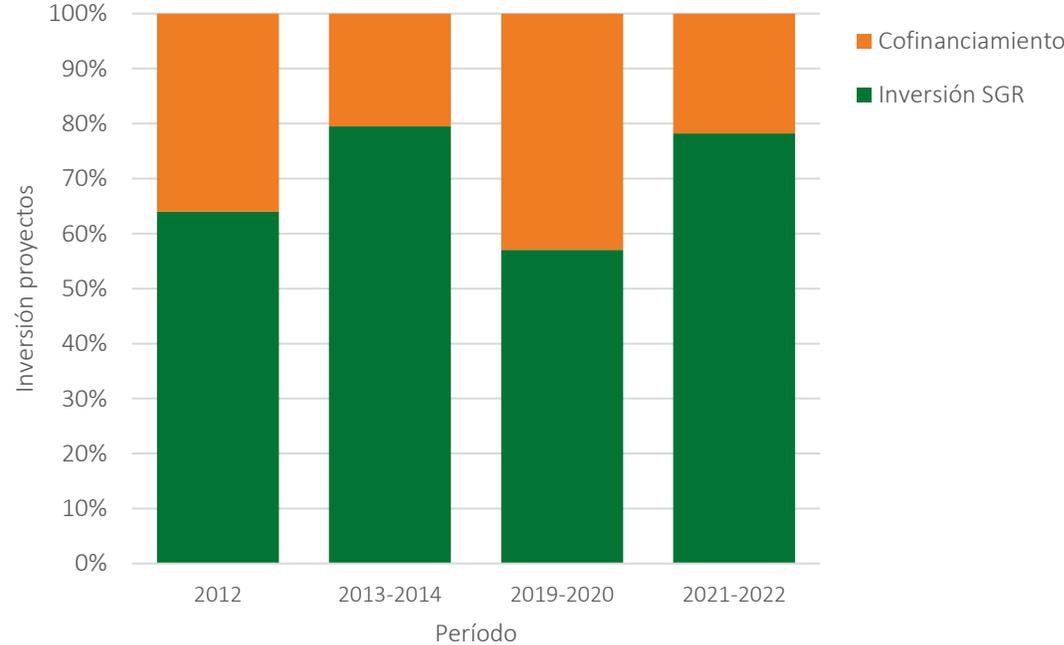


Figura 5-2. Distribución inversión en proyectos minas y energía aprobados por el SGR. Fuente: Minciencias

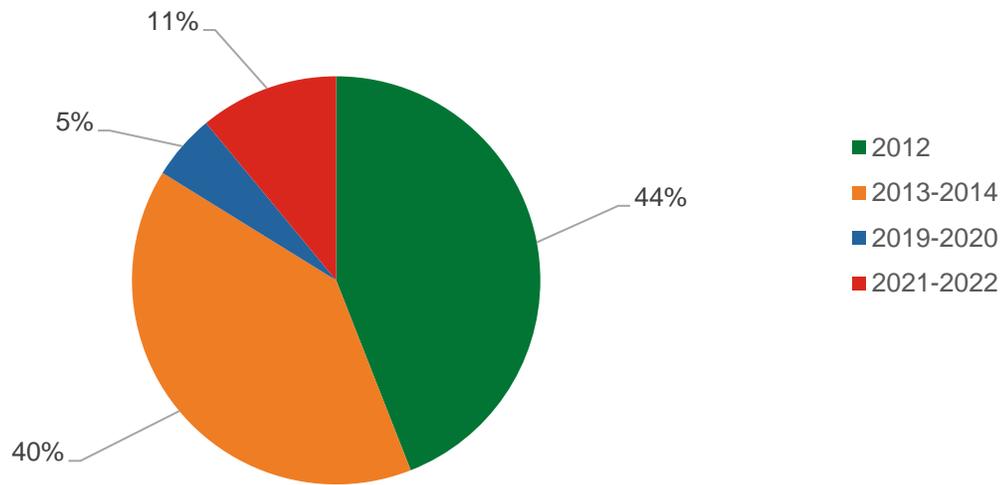


Figura 5-3. Proyectos minas y energía sobre el total de proyectos aprobados. Fuente: Minciencias

Tabla 5-1. Inversión del SGR y cofinanciamiento en los proyectos de minas y energía en el periodo de 2012 a 2022

Periodo	Inversión SGR	Cofinanciamiento	Valor total
2012	\$ 23,301,108,430	\$ 13,103,844,000	\$ 36,404,952,430
2013-2014	\$ 37,739,656,437	\$ 9,733,020,855	\$ 47,472,677,292
2019-2020	\$ 32,191,176,634	\$ 24,263,366,775	\$ 56,454,543,409
2021-2022	\$ 13,382,176,015	\$ 3,725,312,124	\$ 17,107,488,139
<b>Total</b>	<b>\$ 106,614,117,515</b>	<b>\$ 50,825,543,754</b>	<b>\$ 157,439,661,270</b>

## 5.2 Inversión en ACTI y I+D

La Figura 5-4 muestra la evolución de la inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI) como porcentaje del producto interno bruto (PIB) durante el periodo 2012 - 2021. En particular, se observan dos componentes clave: la inversión en investigación y desarrollo (I+D) y la inversión total en ACTI. Respecto a la inversión en I+D como porcentaje del PIB, se observa que ha fluctuado a lo largo de los años. Tras permanecer relativamente estable en los primeros años, esta inversión aumentó gradualmente hasta alcanzar un máximo del 0,37 % del PIB en 2015. Sin embargo, en los años siguientes se produjo un ligero descenso de este indicador, alcanzando el 0,24 % en 2020 y mostrando después una ligera recuperación hasta el 0,26 % en 2021. Por otro lado, la inversión en ACTI como porcentaje del PIB, que incluye no solo I+D sino también otras actividades relacionadas con la tecnología y la innovación, ha experimentado un crecimiento más constante y significativo en el mismo periodo. En 2012, esta inversión representaba el 0,54 % del PIB y está aumentando gradualmente hasta alcanzar un impresionante 1,02 % del PIB en 2021.

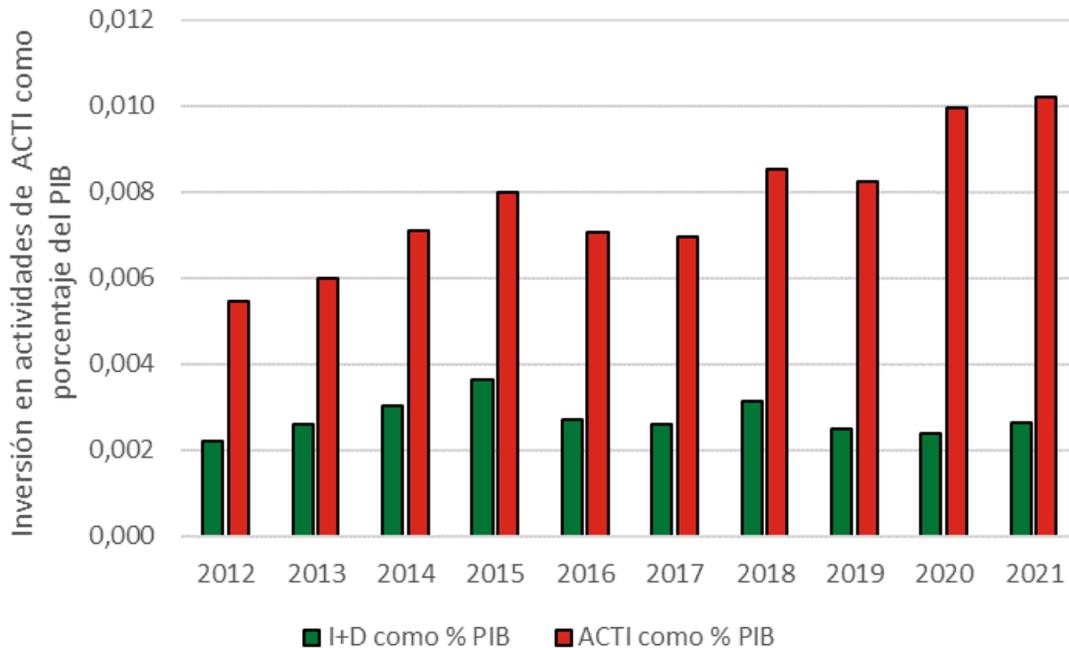


Figura 5-4. Inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación –ACTI como porcentaje del PIB.  
Fuente: OCyT.

En cuanto a la financiación pública de I+D, se observa que ha fluctuado a lo largo de los años. En 2012, representaba el 49,44 % de la inversión total en I+D, y aunque aumentó gradualmente hasta alcanzar el 53,92 % en 2013, luego mostró un descenso hasta 41,72 % en 2014. Sin embargo, la inversión pública en I+D ha ido fluctuando desde entonces, con aumentos y descensos moderados, y ha alcanzado un 40,02 % en 2021.

Por otro lado, los recursos privados destinados a I+D han mantenido una participación significativa y bastante constante a lo largo del periodo. En 2012, la inversión privada supuso el 47,69 % y se mantuvo en niveles similares durante los años posteriores, con pequeñas fluctuaciones. En 2021, la financiación privada de I+D se situó en el 52,96 %, lo que indica un compromiso constante del sector privado con la innovación y el desarrollo tecnológico.

Además, destaca la contribución de los recursos internacionales a la financiación de I+D en Colombia. Aunque representa una proporción relativamente pequeña, ha mostrado un crecimiento progresivo desde el 2,87 % en 2012 hasta alcanzar el 7,03 % en 2021. Este aumento indica una creciente colaboración con socios y organizaciones internacionales, lo que puede enriquecer la investigación y promover la transferencia de conocimiento y tecnología.

En términos generales, la inversión total en I+D en Colombia ha aumentado a lo largo de los años, pasando de 1,57 billones de pesos en 2012 a 2,37 billones de pesos en 2021.

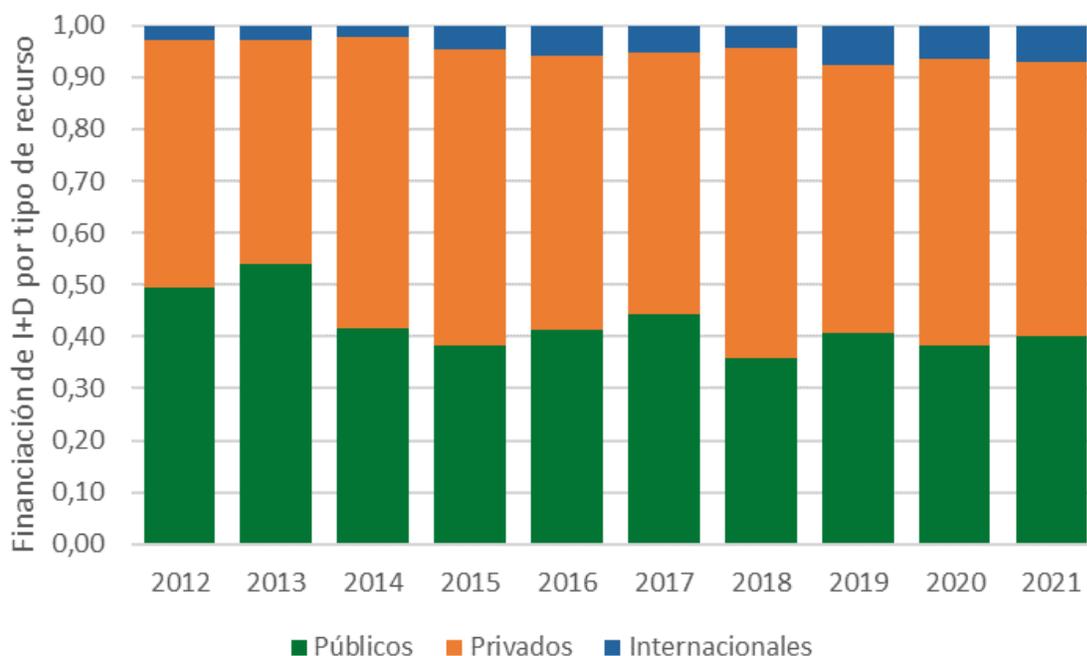


Figura 5-5. Distribución de la financiación de I+D por tipo de recurso. Fuente: OCyT

En el año 2012, la mayoría de las inversiones en ACTI procedían de fuentes públicas, con un 66,57 % del total, mientras que la financiación privada representó el 31,36 % y las fuentes internacionales contribuyeron con el 2,06 %. A lo largo de los años, se observa un cambio en la distribución de la financiación. En 2016, la inversión pública disminuyó hasta el 48,22 %, mientras que la financiación privada aumentó hasta el 48,73 %. Las fuentes internacionales también mostraron un incremento progresivo, alcanzando el 3,04 %. En 2018, la financiación pública experimentó un ligero aumento hasta el 51,71 %, pero volvió a disminuir en los años siguientes, alcanzando el 41,97 % en 2019 y el 41,77 % en 2020. Por otro lado, la inversión privada aumentó significativamente en 2019 (55,43 %) y 2020 (56,25 %), alcanzando su nivel más alto en estos años. Sin embargo, en 2021 se volvió a observar una inversión pública mayor (48,45 %), mientras que la inversión privada disminuyó al 49,29 % y las fuentes internacionales representaron el 2,26 %. Es importante señalar que la inversión total en ACTI ha experimentado un aumento sostenido a lo largo de estos años, pasando de 3,8 billones de pesos en 2012 a 9,2 billones de pesos en 2021.



Figura 5-6. Distribución de la financiación de las ACTI por tipo de recurso. Fuente: OCyT

Entre 2018 y 2021, Colombia experimentó un aumento en la inversión total en investigación y desarrollo (I+D). En 2018, la inversión alcanzó los 2,6 billones de pesos, mientras que, en 2019, 2020 y 2021, la inversión fue de 2,1, 1,9 y 2,3 billones de pesos, respectivamente.

A lo largo del periodo, las instituciones de educación superior fueron el principal organismo ejecutor de la inversión en I+D. En 2018, recibieron aproximadamente 0,78 billones de pesos, equivalentes al 29 % del total. Su participación se mantuvo constante en los años siguientes, recibiendo 0,68 billones (31 %) en 2019, 0,57 billones (29 %) en 2020 y 0,92 billones (39 %) en 2021. Estos datos reflejan la importancia que siguen teniendo las universidades y centros de educación superior en la generación de conocimiento científico y tecnológico en el país.

Las empresas también desempeñaron un papel significativo en la financiación de actividades de I+D. Su participación fluctuó a lo largo de los años, recibiendo 1,12 billones de pesos (42 %) en 2018, 0,69 billones (31 %) en 2019, 0,75 billones (38 %) en 2020 y 0,83 billones (35 %) en 2021. Estos datos indican un creciente interés y compromiso del sector privado por impulsar la innovación y el desarrollo tecnológico en Colombia.

Las entidades del gobierno central, por su parte, tuvieron una participación más modesta en la inversión en I+D. En 2018, recibieron aproximadamente 0,20 billones de pesos, equivalente al 7 % del total. Su participación se mantuvo en niveles similares en los años siguientes, recibiendo 0,22 billones (10 %) en 2019, 0,14 billones (7 %) en 2020 y 0,17 billones (7 %) en 2021.

Los centros de investigación y desarrollo tecnológico recibieron una parte significativa de la inversión en I+D. En 2018, recibieron aproximadamente 0,51 billones de pesos, lo que representa cerca del 19 % del total. Su participación se mantuvo en niveles similares durante los años siguientes, recibiendo 0,54 billones (24 %) en 2019, 0,44 billones (22 %) en 2020 y 0,39 billones (16 %) en 2021.

Por último, las contribuciones de hospitales, clínicas, instituciones prestadoras de servicios de formación y educación (IPSFL) al servicio de las empresas, ONG, asociaciones y agremiaciones profesionales fueron más modestas y representaron porcentajes marginales de la inversión total en I+D a lo largo del período analizado.

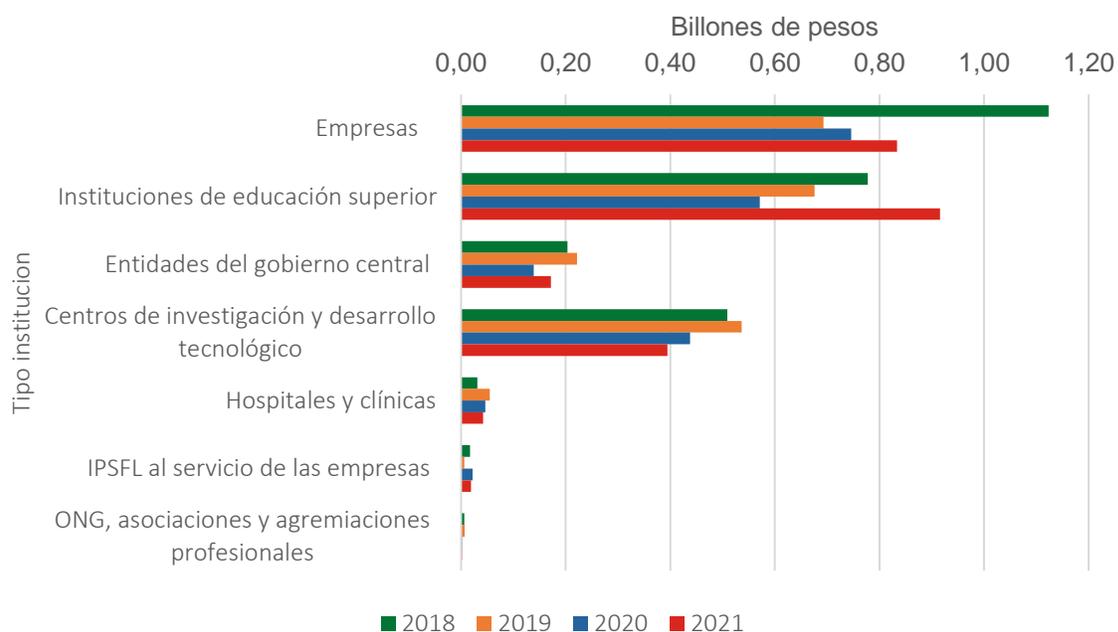


Figura 5-7. Distribución de la inversión nacional en I+D por tipo de entidad ejecutora. Fuente: OCyT

En términos de inversión, el presupuesto ha experimentado un crecimiento sostenido desde 2010 hasta 2013, cuando alcanzó su punto máximo con 412.522 millones. Sin embargo, a partir de ese año se observa una disminución progresiva del presupuesto de inversión, hasta alcanzar su nivel más bajo en 2020 con 245.873 millones, aunque se observa una ligera recuperación en 2021 y 2022, cuando el presupuesto alcanzó 386.465 millones y 302.901 millones, respectivamente. Para 2023, el presupuesto de inversión se estima en 372.611 millones.

El presupuesto de funcionamiento, por otro lado, ha mostrado una tendencia más estable durante el período analizado. Aunque ha habido algunas fluctuaciones a lo largo de los años, en general se ha mantenido en un rango relativamente constante. En 2010, el presupuesto de funcionamiento fue de 26.249 millones, y a lo largo de los años ha oscilado entre ese valor y los 27.618 millones de 2022. Para 2023, se proyecta que el presupuesto de funcionamiento sea de 27.350 millones.

Finalmente, la suma total del presupuesto de funcionamiento e inversión muestra un aumento general de 2010 a 2023. El valor total del presupuesto alcanzó su punto máximo en 2021 con 410.851 millones y se espera que en 2023 alcance los 399.961 millones.

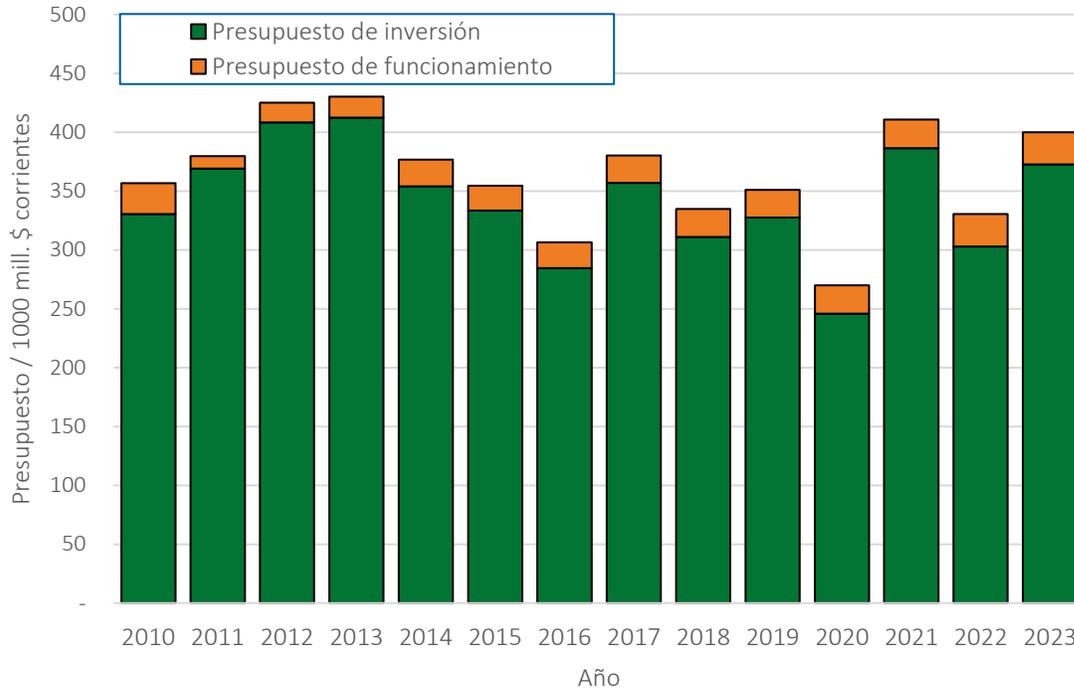


Figura 5-8. Presupuesto de Minciencias para funcionamiento e inversión. Fuente: Minciencias

El número de doctores graduados en el país aumentó constantemente entre 2011 y 2021. Inicialmente, 276 doctores se graduaron en 2011, y esta cifra aumentó gradualmente hasta alcanzar su punto máximo en 2020 con 986 doctores graduados. En 2021, se registró una ligera disminución con 936 doctores graduados.

Para evaluar la proporción de títulos de doctorado en relación con la población, se calculó el indicador de doctores graduados por millón de habitantes. Este indicador muestra una tendencia al alza en el mismo período, lo que refleja un mayor énfasis en la formación de profesionales altamente calificados. En 2011, había 6 doctores por cada millón de habitantes, y en 2021 esta cifra aumentó a 18, lo que refleja el crecimiento significativo de la oferta de especialistas en el país.

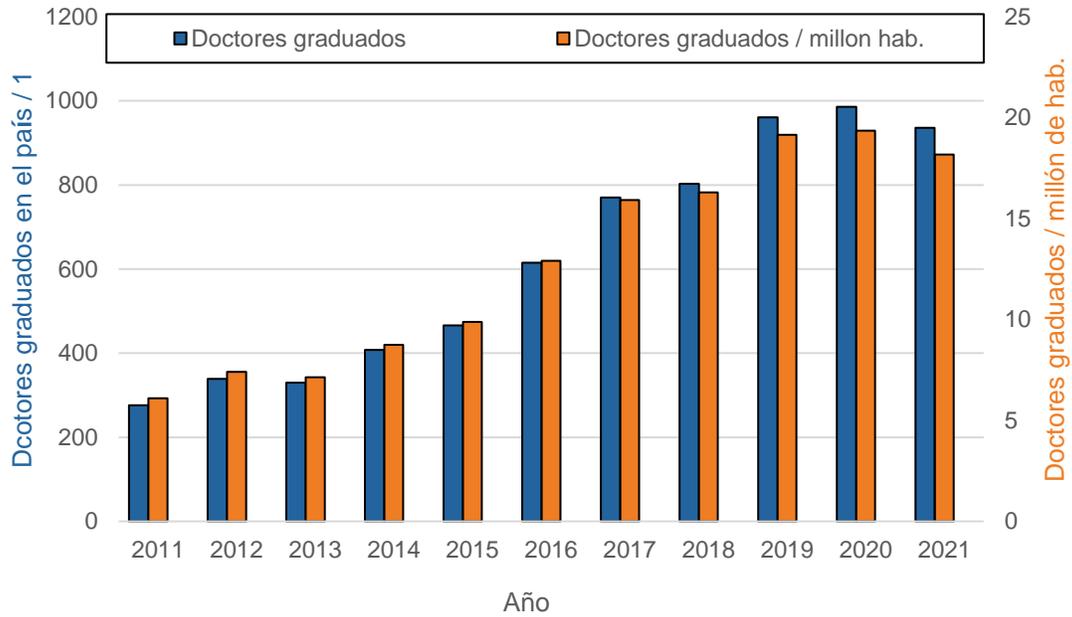


Figura 5-9. Evolución de doctores graduados en el país. Fuente: SNIES.

### 5.3 Síntesis

En este capítulo, se realizó un análisis de los proyectos estratégicos respaldados por el Sistema General de Regalías (SGR) en los sectores de minas y energía, destacando la evolución financiera y de inversión en esta área. Se examina la dinámica en ciencia, tecnología e innovación (ACTI), resaltando el notable aumento en la inversión total. El SGR emerge como un actor crucial en proyectos emblemáticos de minas y energía, con una participación que ha variado a lo largo de la última década. Además, la inversión en ACTI y en investigación y desarrollo (I+D) como porcentaje del PIB, permite evidenciar fluctuaciones a lo largo de los años. Se destaca el papel clave del sector privado y la colaboración internacional en la financiación de I+D. Se resalta el aumento constante en la inversión total en ACTI y la formación de profesionales altamente calificados en Colombia como una perspectiva para el desarrollo sostenible del país.

## 6 Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad

El siguiente capítulo abordará 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. Para el análisis se utilizarán algunos 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.

### 6.1 División político-administrativa

#### 6.1.1 Resguardos indígenas

Según la Agencia Nacional de Tierras (2023), existen 830 resguardos indígenas en el territorio nacional, que ocupan un área de 305.636,1 km<sup>2</sup>. 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.

#### 6.1.2 Planes de ordenamiento territorial municipales

La Ley 388 de 1997 establece que todos los municipios deben contar con diferentes tipos de planes de ordenamiento territoriales, 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 rigiendo la planeación urbana en la mayoría de los municipios.

#### 6.1.3 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. 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.



Figura 6-1 Municipios Pdet. Fuente: Igac. Elaboración Propia.

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.

## 6.2 Usos del suelo (Cobertura de tierra)

La 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. 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.

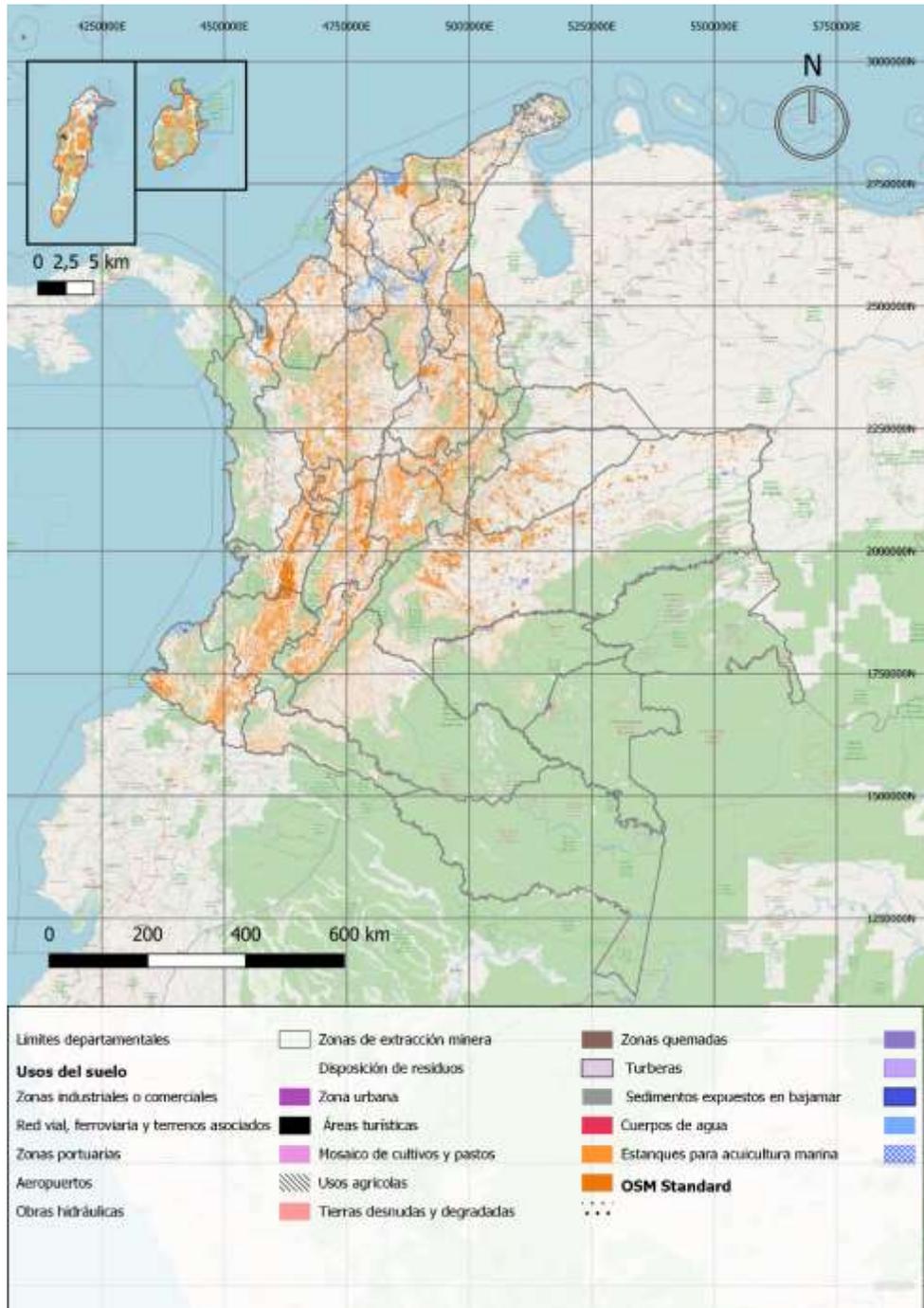


Figura 6-2. Cobertura de la tierra a nivel nacional. Fuente: Ideam. Elaboración propia.

En cuanto a la cobertura de tierras, hay una concentración de usos agrícolas y mosaicos de cultivos y pastos en la región Andina al 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.

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.

## 6.3 Hidrología

### 6.3.1 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 l/s/km<sup>2</sup>) en comparación con el promedio mundial (10 l/s/km<sup>2</sup>) o latinoamericano (21 l/s/km<sup>2</sup>) (IDEAM, 2022). 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 caudal del río Magdalena corresponde a 8058 m<sup>3</sup>/s y recorre 1540 km desde su nacimiento en el páramo de las Papas hasta su desembocadura en el mar Caribe en Barranquilla (Correa-Torres, desconocido). Mientras tanto, el caudal del río Cauca corresponde a 2448 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/s o el San Juan en Chocó con 2304 m<sup>3</sup>/s), que desembocan en los mares Pacífico y 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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/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 mar Caribe, en Venezuela (Aquea, 2021). Otra región al suroriente del país es la Amazonía, cuyas fuentes hídricas tienen como vertiente al río Amazonas, el más caudaloso a nivel mundial con 41.579 m<sup>3</sup>/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 Amazonia, y otros, como el Putumayo (con un caudal importante de 7588 m<sup>3</sup>/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.

### **6.3.2 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 hidrológico ambiental y el ordenamiento territorial. El territorio nacional se divide en seis áreas hidrográficas principales, que a su vez se dividen en zonas hidrográficas (ZH) y subzonas hidrográficas (SZH). Las seis áreas hidrográficas son el Pacífico, el Caribe, las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca, el Orinoco y el Amazonas.

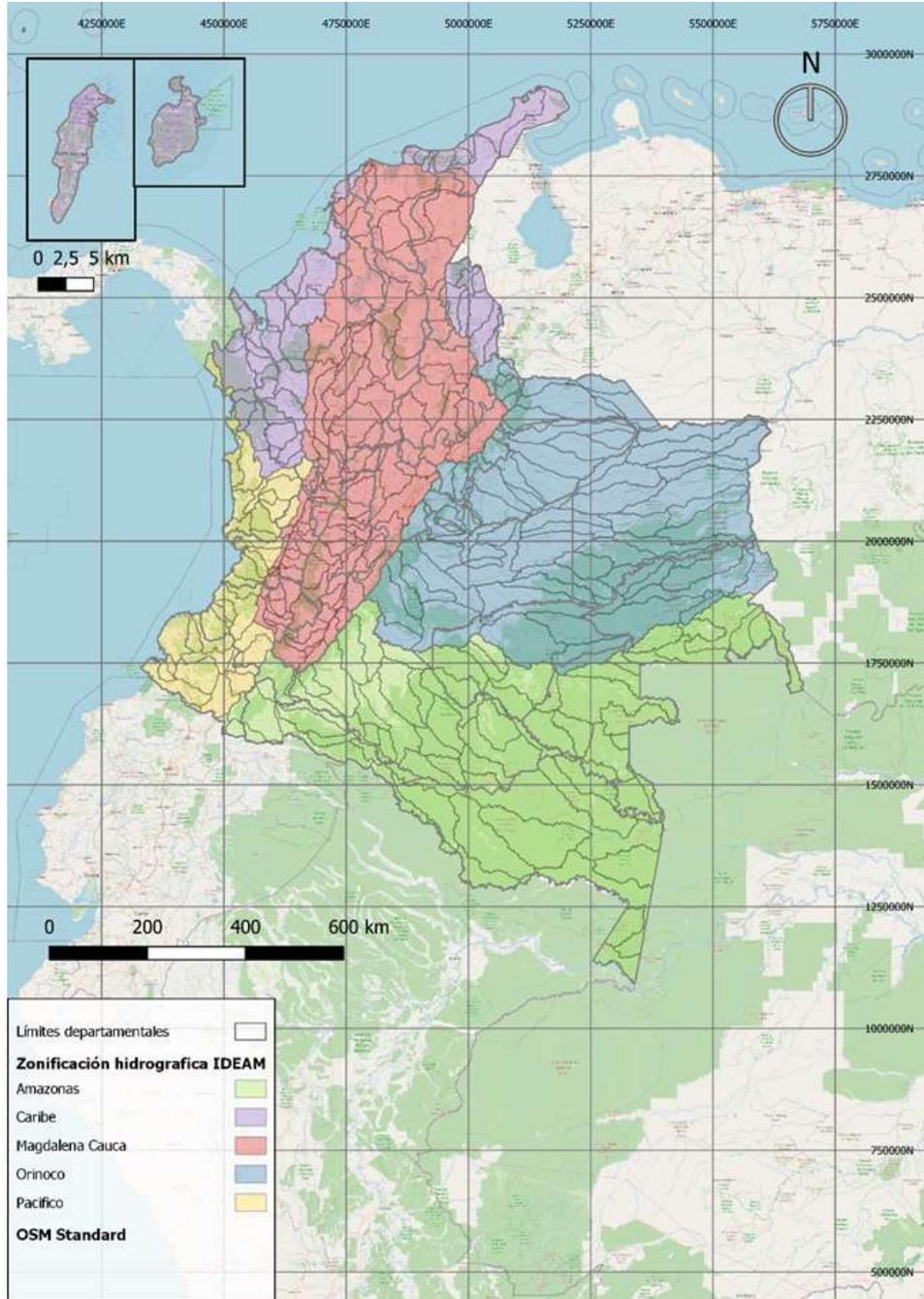


Figura 6-3. Áreas y Subzonas hidrográficas según el Ideam. Fuente: Ideam. Elaboración propia.

El área hidrográfica del Orinoco tiene una extensión de 345.318 km<sup>2</sup> y se caracteriza por sus fuentes hídricas que nacen en la cordillera occidental y desembocan en uno de los principales ríos del continente, el río Orinoco. El área hidrográfica del Caribe tiene una superficie de 102.679 km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup> y forma parte de la gran cuenca del Amazonas, que se 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 km<sup>2</sup>. Finalmente, se contempla el área hidrográfica de las cuencas del Magdalena y Cauca, que tiene una extensión de 271.807 km<sup>2</sup> 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.

### 6.3.3 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, hay 4402 km<sup>2</sup> de ciénaga, que corresponden al 47 % del total nacional. La mayoría de los embalses se encuentran en Antioquia (150 km<sup>2</sup>) y Atlántico (138 km<sup>2</sup>), que entre los dos representan 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 km<sup>2</sup>) y Nariño (48 km<sup>2</sup>) tienen la mayor cantidad de lagos y lagunas, con 37 % y 28 % del total nacional, respectivamente.

### 6.3.4 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 km<sup>2</sup> 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 Orinoco, con más de la mitad del área nacional (107.165 km<sup>2</sup>, de los cuales 88.952 km<sup>2</sup> son naturales). La región con menor área de ZPI es el Caribe, con 14.047 km<sup>2</sup>. Sin embargo, la única área hídrica con mayor área de ZPI transformada que natural es Magdalena-Cauca (14.254 km<sup>2</sup> y 5467 km<sup>2</sup>, respectivamente). El área hidrológica con mayor disminución de ZPI naturales es Orinoco, con una disminución de área entre 2010-2012 y 2018 de 9.458 km<sup>2</sup>; la subzona hídrica del Meta tiene la disminución más alta a nivel nacional con 5041 km<sup>2</sup>. 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 visto un aumento de 266 km<sup>2</sup> de ZPI naturales.

## 6.4 Ecosistemas estratégicos

### 6.4.1 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 encuentran ecosistemas marinos importantes, como los ecosistemas transicionales costeros y las formaciones coralinas.

#### 6.4.2 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).

Tabla 6-1. Tipos de exclusión legal y áreas

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%
DMI –DRMI Zonas de preservación	708.962	0,62%
Reservas Forestales protectoras nacionales y regionales	693.096	0,61%

Tipo de exclusión legal	Área en ha	% del territorio nacional
DCS Zonas de preservación	46.377	0,04%
Parques Arqueológicos protegidos	5.403	0,005%
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>26.191.607</b>	<b>22,96%</b>

*Fuente: RUNAP. Elaboración propia*

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.

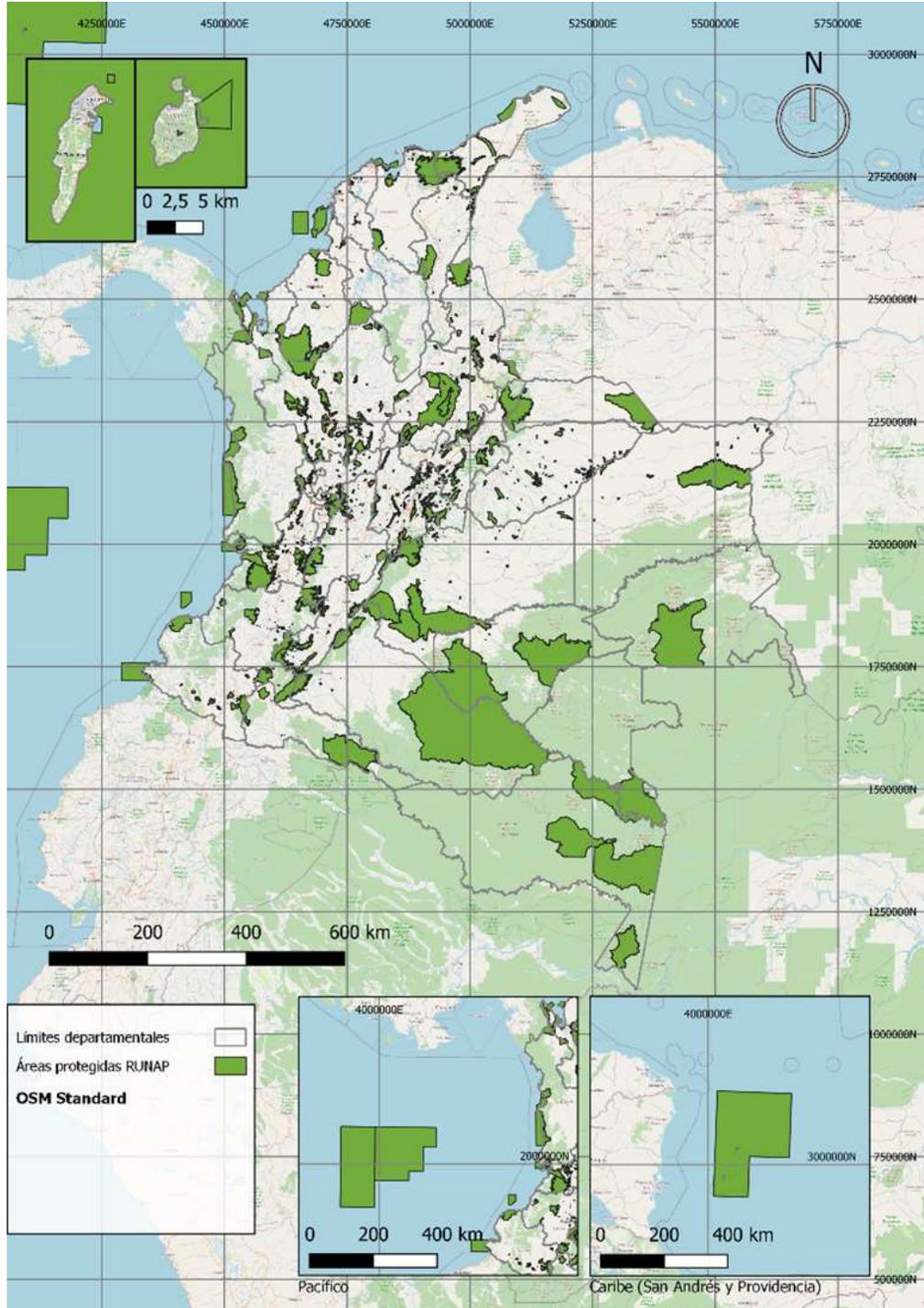


Figura 6-4. Zonas protegidas registradas en el RUNAP de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Fuente: Ideam. Elaboración propia.

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.

### 6.4.3 Condición de los manglares

A nivel nacional, en 2014 se reportaron 283.455,78 ha de manglares, de las cuales 194.880 ha se ubican en las zonas costeras del Pacífico y 88.57578 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.

### 6.4.4 Condición de los glaciares

A nivel nacional existen seis glaciares, ubicados en el Nevado del Cocuy (13,2 km<sup>2</sup>), Sierra Nevada de Santa Marta (5,8 km<sup>2</sup>), Nevado del Ruiz (8,14 km<sup>2</sup>), Nevado del Huila (6,74 km<sup>2</sup>), Nevado del Tolima (0,52 km<sup>2</sup>) y Santa Isabel (0,44 km<sup>2</sup>), para un total de 34,8 km<sup>2</sup> 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 5 m de agua equivalente por año como derretimiento en el Nevado Santa Isabel.

## 6.5 Climatología y recursos hídricos

### 6.5.1 Precipitación

El balance hídrico nacional refleja un volumen de agua proveniente de la precipitación de 3196 km<sup>3</sup> al año, de los cuales 1233 km<sup>3</sup> terminan en evapotranspiración. Esto equivale a un promedio de 1881mm 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.

### 6.5.2 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 km<sup>3</sup>, representada por una escorrentía promedio anual de 1.721 mm (IDEAM, 2022), con 726mm 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 1825mm y la del Orinoco de 1504mm; mientras tanto, el área hidrográfica Magdalena – Cauca tiene la escorrentía más baja, con 975mm anuales. El rendimiento hídrico (en l/s/km<sup>2</sup>) es mayor en el área del Pacífico, con 113, le sigue Amazonas con 66,4, Caribe con 57,9, Orinoco con 47,7 y Magdalena - Cauca con 30,9.

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 100mm 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 6000mm anuales. A nivel nacional, la escorrentía mensual es mayor en los meses de mayo a julio y menor de enero a marzo.

### 6.5.3 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, 2022).

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.

#### 6.5.4 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 Antioquía (1124). El menor número de eventos de inundación, tanto a nivel departamental como municipal, se registra en la Orinoquia 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.

#### 6.5.5 Sedimentación y erosión

Se realizó el índice de erosión hídrica potencial para las áreas hidrológicas y subzonas hidrológicas a nivel nacional (IDEAM, 2022) 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\*km<sup>2</sup>).

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, lo que representa el 47 % de su línea costera; la región Pacífico tiene 375 km de costa erosionada, que representa el 24 % de su línea costera; 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.

#### 6.5.6 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 m<sup>3</sup> 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.

## 6.6 Recursos ecosistémicos

### 6.6.1 Demanda hídrica

La demanda hídrica nacional es de 32,2 km<sup>3</sup> por año, que se utilizan para diversos fines. La huella hídrica verde equivale a 83,3 km<sup>3</sup> al año y la huella hídrica azul a 310,6 km<sup>3</sup>. Teniendo en cuenta el valor de oferta hídrica superficial, que corresponde a 1963 km<sup>3</sup>, el uso de la oferta total de agua es menor. El uso con mayor demanda hídrica es la agricultura y postcosecha con 13,98 km<sup>3</sup> al año, seguido de la energía hidroeléctrica con 8,22 km<sup>3</sup>, la piscicultura con 3,97 km<sup>3</sup>, el uso doméstico con 2,86 km<sup>3</sup>, el sector pecuario con 1,54 km<sup>3</sup>, la minería con 0,66 km<sup>3</sup>, los hidrocarburos con 0,42 km<sup>3</sup>, la industria con 0,36 km<sup>3</sup>, los servicios con 0,21 km<sup>3</sup> y la construcción con 0,1 km<sup>3</sup>.



Figura 6-5. Demanda hídrica a nivel nacional en porcentajes por sector. Fuente: Estudio Nacional del Agua, Ideam. Elaboración propia.

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 o 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.

Tabla 6-2. Demanda hídrica por Zona hidrográfica en sectores.

Demanda hídrica en millones de m <sup>3</sup>	Magdalena- Cauca	Caribe	Orinoquía	Pacífico	Amazonas
---	------------------	--------	-----------	----------	----------

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
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	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>20.579,50</b>	<b>4.859,00</b>	<b>5.652,30</b>	<b>890,90</b>	<b>350,30</b>

*Fuente: Estudio Nacional del Agua. Elaboración propia.*

El Índice de Uso del Agua (IUA) establecido por el IDEAM se utiliza para analizar la relación entre el recurso hídrico disponible y la demanda hídrica. 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. La mayoría de las subzonas hidrológicas con IUA crítico se presentan en las áreas hidrológicas de Magdalena-Cauca y Caribe, con algunas 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 AH 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.

### 6.6.2 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, 2022) 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.

### 6.6.3 Aguas subterráneas

Aunque a nivel nacional hay poco conocimiento de las reservas reales de agua subterránea 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 de 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 m<sup>3</sup>/año (en 2021), mientras que los volúmenes captados reportados corresponden a 54.929.410 m<sup>3</sup>/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 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.

### 6.6.4 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 (FT) y nitrógeno total (NT). A nivel nacional se controlan las siguientes cargas contaminantes:

Tabla 6-3. Carga de contaminantes por sector

	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: Estudio Nacional del Agua, Ideam. Elaboración propia.

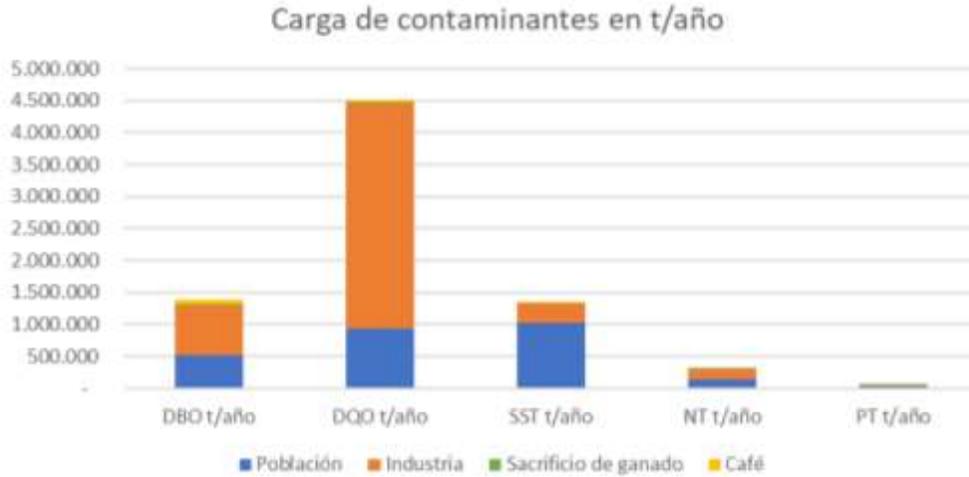


Figura 6-6. Carga de contaminantes por plaguicidas. Fuente: Estudio Nacional del Agua, Ideam. Elaboración propia.

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 AH Magdalena - Cauca y la AH Caribe, donde se concentra la mayor densidad de población. La AH Magdalena - Cauca tiene una carga de DQO de hasta 2.843.237 t/año, y el AH 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 AHs, hay una menor carga total de contaminantes, principalmente de SST, como es el caso del AH Amazonas y el AH Pacífico que reportan 17.327 y 46.929 t/año, respectivamente. En estas AHs, 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 una 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. Al mismo tiempo, los cultivos ilícitos también provocan una demanda de contaminantes para su procesamiento, que corresponde a 326.146 t de oxidantes fuerte, 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 el 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).

## 6.7 Infraestructura y manejo del agua

### 6.7.1 Acueducto y agua potable

Según el Informe Sectorial de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado (SSPD, 2021), el 19,85 % de los municipios a nivel nacional tienen una cobertura de acueducto superior al 90% del territorio. Caso contrario ocurre en el 5,54% de los municipios, donde 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). 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 m<sup>3</sup> mensuales para menos de 1000 m.s.n.m, 13 m<sup>3</sup> para 1000 – 2000 m.s.n.m. y 11m<sup>3</sup> 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.

### 6.7.2 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 a 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 (Cañaveralejo), Antioquia (Aguas Claras), Bogotá (Salitre I, II, y Canoas) y Atlántico (Pretratamiento Barranquillita), asociadas a las áreas urbanizadas más pobladas del país. A nivel nacional, se reportó que durante el año 2021 se depuró un 50,12 % de todas las aguas vertidas por los sistemas de alcantarillado.

## 6.8 Síntesis

La diversidad ecosistémica, climática, geográfica e hidrogeológica a nivel nacional ha generado condiciones muy diferentes y puntos críticos específicos en cada una de las regiones. En las diferentes regiones ecosistémicas, que en su mayoría coinciden con las AH establecidas por el IDEAM, se observan condiciones hídricas muy diferentes, como predisposición al desabastecimiento, vulnerabilidad ambiental, alteración de las cuencas hidrográficas por factores antrópicos e índices de uso del agua. En el interior del país, en la región Andina o en el AH Magdalena-Cauca, hay mayor evidencia de cambios en la calidad del agua y en las condiciones de las cuencas, asociados a la alta densidad poblacional. Un caso similar se presenta en la región del Caribe y en la AH homónima, donde se presentan problemas de abastecimiento principalmente debidos a la sequía y a condiciones ambientales o climáticas; al igual que en el interior del país, allí también se concentra una gran parte de la población nacional.

Las regiones de la Orinoquía, el Amazonas y el Pacífico son las que cuentan con la mayor oferta del recurso hídrico debido a las altas precipitaciones y escorrentía, que resultan en condiciones ambientales y ecosistémicas que crean focos de biodiversidad y zonas protegidas por los recursos ecosistémicos. Con una densidad poblacional menor, hay menos presión sobre los índices de calidad del agua, problemas de desabastecimiento y presión sobre los ecosistemas o la oferta del recurso hídrico.

Las áreas con alta presencia de proyectos de extracción minera, de extracción de hidrocarburos o de generación de energía eléctrica coinciden en gran medida con las áreas que tienen una alta predisposición a las sequías y el desabastecimiento, por lo que se genera una competencia por el recurso hídrico entre la población y los usos

mencionados. Una competencia similar se produce con las actividades agrícolas y agropecuarias, que son las que más agua consumen a nivel nacional y regional. Esta competencia por los recursos hídricos ha provocado afectaciones ambientales, como la disminución de zonas potencialmente inundables o cambios en los caudales y cauces de fuentes hídricas. Otros impactos sobre los ecosistemas se derivan de los conflictos por el uso del suelo y de los cambios en las condiciones climáticas globales, como el retroceso de los glaciares y la erosión costera.

Aunque la mayor parte del país tiene elevados excedentes de agua las zonas donde se concentra la población han experimentado problemas con la disponibilidad de agua potable y el tratamiento adecuado de las aguas residuales. Esto se evidencia en la baja cobertura de acueducto y alcantarillado en algunas regiones y en la ineficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Incluso, se presentan problemáticas de continuidad del servicio del agua en zonas donde existe la infraestructura necesaria. En varios casos se han utilizado fuente de agua alternativas, como las aguas subterráneas; sin embargo, en la mayoría de los municipios con problemas de abastecimiento no se tiene el conocimiento de los sistemas acuíferos o no el agua no ofrece la calidad y la disponibilidad necesarias.

Finalmente, la vulnerabilidad ambiental, socioeconómica y de infraestructura de algunas regiones del país, el estado de su planificación territorial obsoleta, la existencia de territorios autóctonos, los posibles cambios en el medio ambiente y las condiciones ecosistémicas deben ser tenidas en cuenta en las proyecciones de cualquier iniciativa. Considerar las zonas de importancia de preservación o zonas protegidas, ponderar las causas de las alteraciones en las condiciones de las fuentes hídricas y gestionar los recursos hídricos es fundamental para lograr un ordenamiento territorial sostenible de manera holística en el marco de la transición energética.

## 7 Sistemas agroalimentarios

En este capítulo, se lleva a cabo un análisis de 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 aptitudes 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.

### 7.1 Usos del suelo

La Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) del 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 aquellas donde no están permitidas por ley. Actualmente, el 37,8 % del territorio nacional, es decir 43.070.264 hectáreas, se destina a actividades agropecuarias; los bosques naturales y las áreas no agropecuarias corresponden al 39,3 % del territorio nacional y las exclusiones legales corresponden al 23 %. En la Figura 7-1 se observa 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. Es relevante mencionar que, 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 7-2 presenta una visualización gráfica del porcentaje de área destinada a actividades agropecuarias, exclusiones legales y bosques naturales en cada región (SIPRA, 2023c).

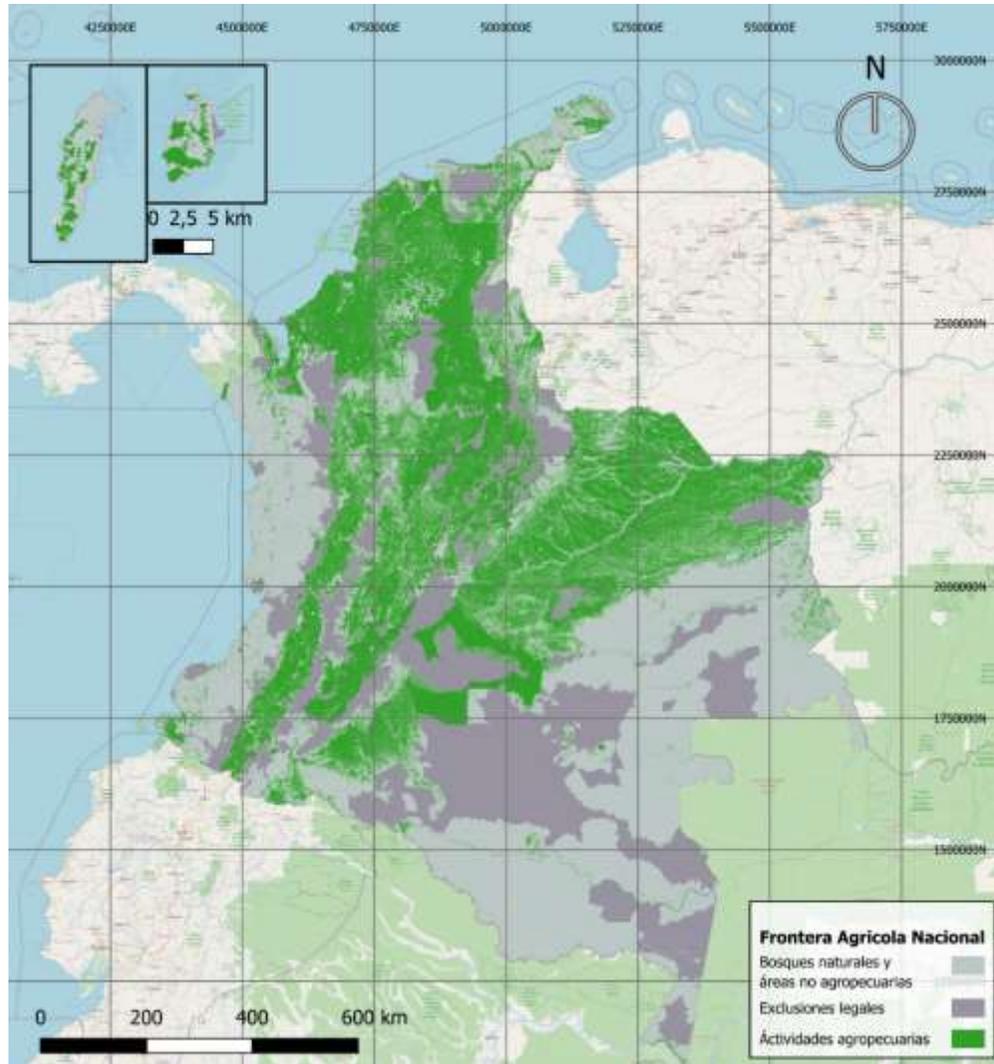


Figura 7-1. Frontera agrícola de Colombia. Fuente: (SIPRA, 2023). Elaboración propia

La aptitud del suelo se inclina a la producción de pastos estrella, que es altamente nutritivos para el ganado (27,9 %)(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).

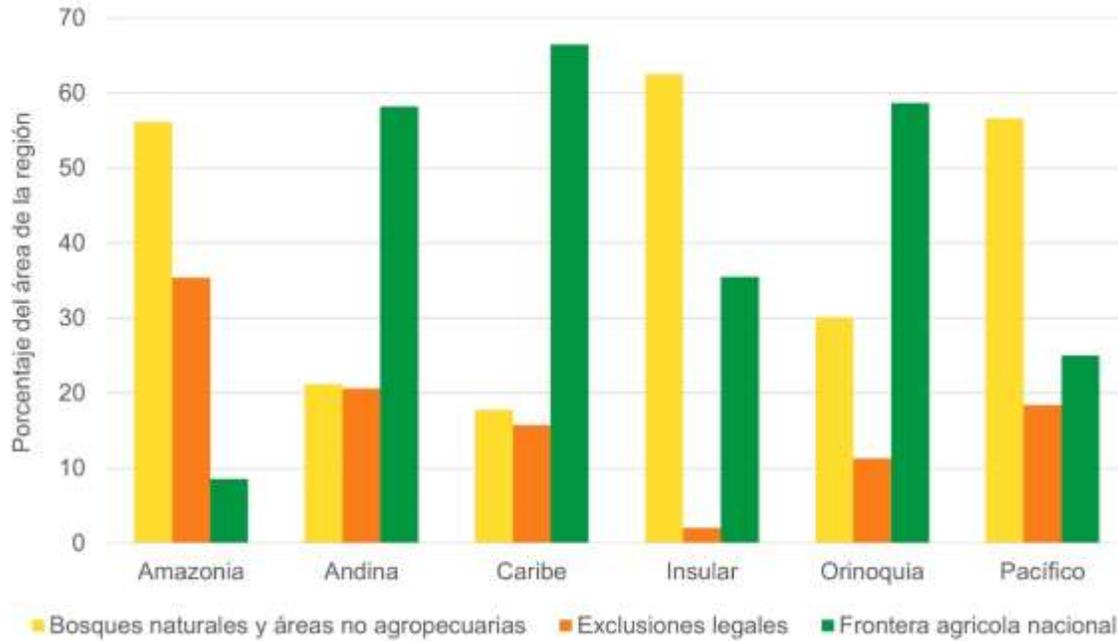


Figura 7-2. Porcentaje del área de cada región destinada a bosques naturales y áreas no agropecuarias, exclusiones legales y frontera agrícola. Fuente: (SIPRA, 2023c). Elaboración propia

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* (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 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 húmedícolas 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 húmedícola, abarcando un área de 13.212.420 hectáreas. 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 (SIPRA, 2023a).

## 7.2 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 clave, 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).

### 7.2.1 Producción agrícola

En 2022, fueron sembradas 5 millones de hectáreas, que corresponden a 5 % del área total del país, y de las cuales 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 7-3 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 hay 578 distritos de riego activos que suministran agua a 325.177 hectáreas, únicamente el 6 % del área total sembrada. La mayor cantidad de distritos se encuentra en el departamento de Nariño con una cobertura de 10.818 hectáreas. 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 del 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, 2022).

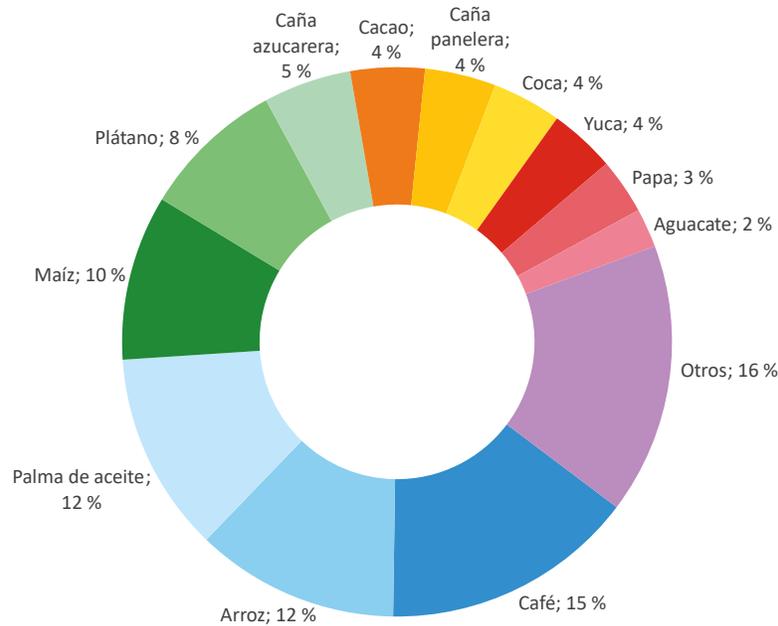


Figura 7-3. Porcentaje del área sembrada por cada cultivo en el país durante el año 2022. Fuente: (UPRA, 2022). Elaboración propia

Durante 2022, hubo una producción agrícola de aproximadamente 75 millones de toneladas, en la que predominó la caña de azúcar con 30,5 millones de toneladas, seguida de la caña panelera con 13,6 millones de toneladas y el plátano con 4,6 millones de toneladas. La Figura 7-4 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).

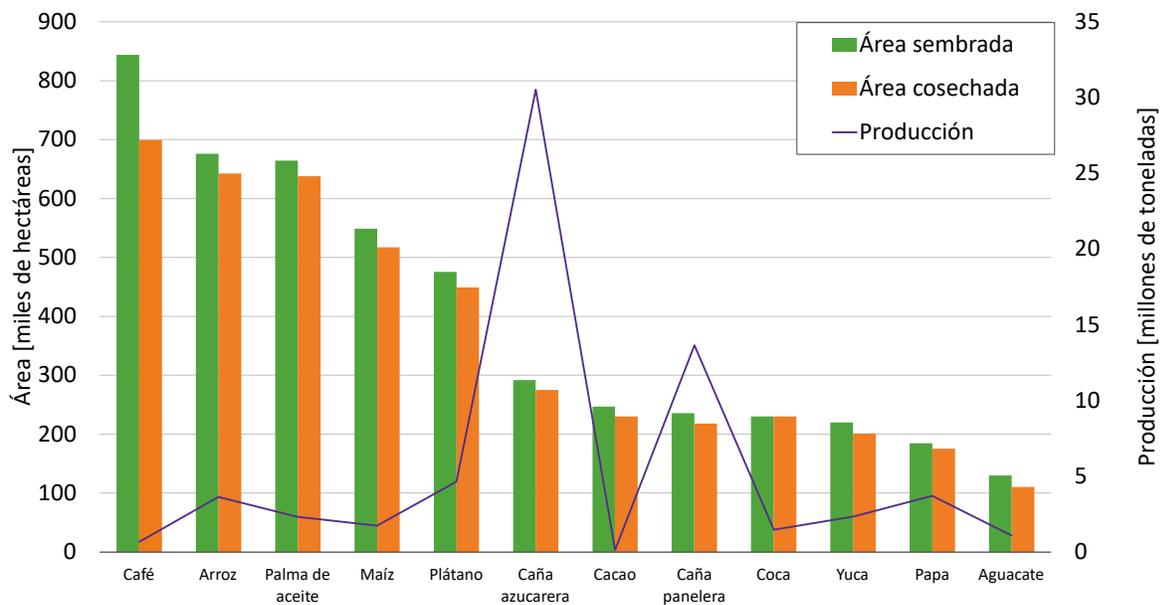


Figura 7-4. Área sembrada, área cosechada y producción de los principales cultivos del país en el año 2022. Fuente: (UPRA, 2022). Elaboración propia.

En la Tabla 7-1 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, concentrando 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 en su área de influencia.

*Tabla 7-1. Cultivos de mayor área sembrada y mayor producción en cada región durante el año 2022. Fuente: (UPRA, 2022). Elaboración propia*

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

En la Figura 7-5 se muestra la distribución del área sembrada en el país durante el año 2022. Se destaca que las regiones Andina y Caribe tienen las mayores áreas sembradas, ya que representan el 62,4 % del total nacional. En contraste, se observa que las regiones Amazónica e Insular presentan las áreas sembradas más reducidas, debido a que son las regiones con menor frontera agrícola y aptitud para la producción agropecuaria.

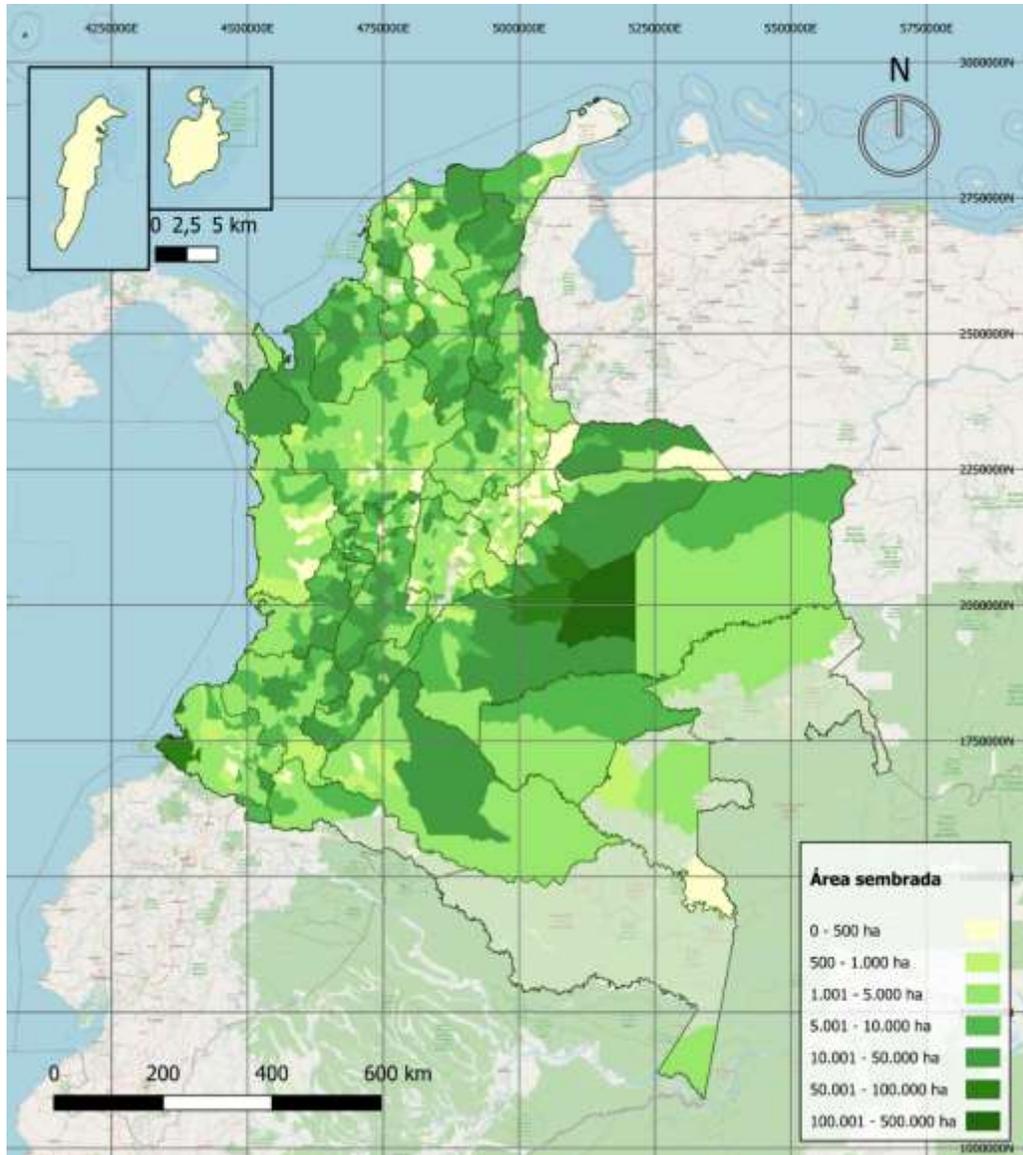


Figura 7-5. Área sembrada en Colombia durante el 2022. Fuente: (UPRA, 2022). Elaboración propia

En 2020, se cultivaron en Colombia un total de 9.680 hectáreas de flores y plantas ornamentales, con una producción de 194.975 toneladas. 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 hectáreas, 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 (Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020).

### 7.2.2 Producción pecuaria

La producción pecuaria del país se basa principalmente en la producción avícola, bovina y porcina, como se observa en la Figura 7-6, donde se muestra el porcentaje de animales por especie en el país. En el 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 ENA 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. Cabe destacar que la región Insular no reportó 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 destaca en la región Insular (UPRA & ICA, 2022)

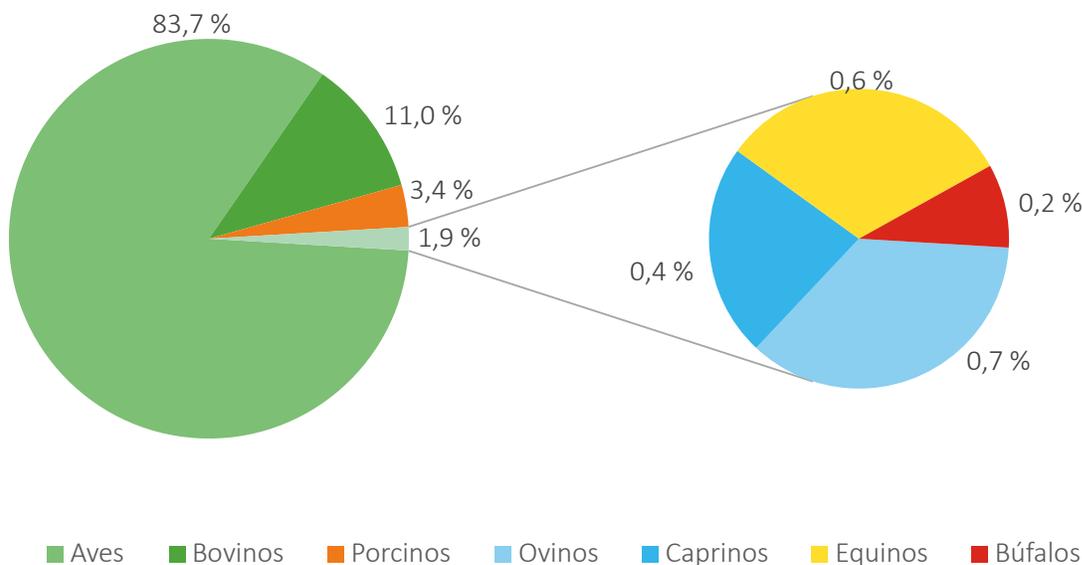


Figura 7-6. Porcentaje por especie de animal en el país durante el año 2022. Fuente: (UPRA & ICA, 2022). Elaboración propia

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 7-7 muestra la distribución de la producción pecuaria en cada región durante el año 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).

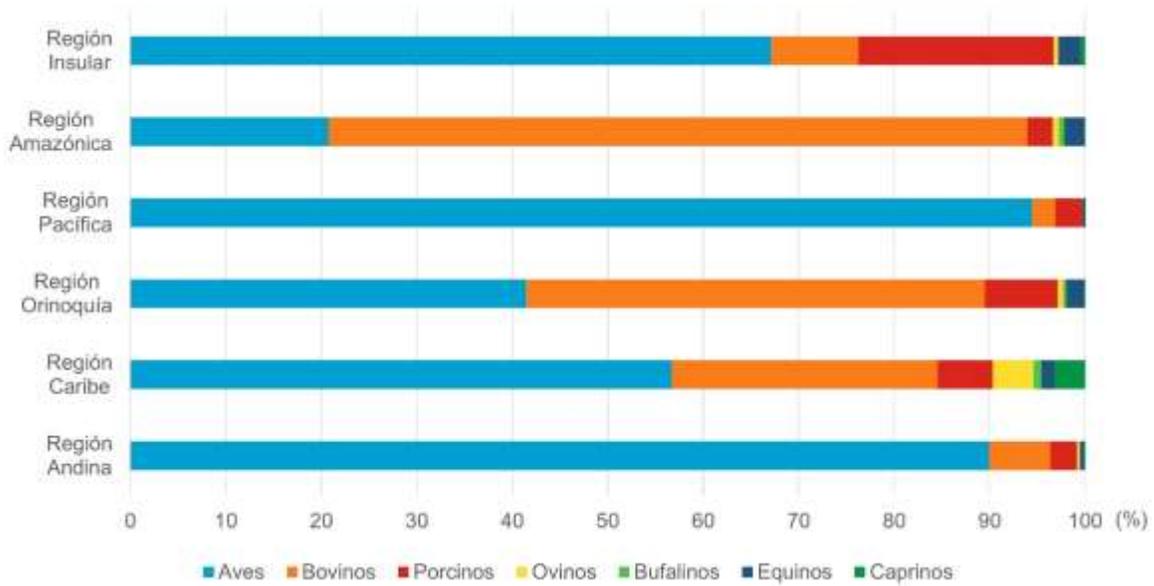


Figura 7-7. Distribución de la producción pecuaria de cada región por especie. (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) & Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), 2022). *Elaboración propia*

En 2022, la actividad pesquera en el país alcanzó un total de 9.094.140 toneladas, con dos sectores principales: la pesca artesanal, que representó el 54 % y la pesca industrial que conformó el 46 % restante. La Figura 7-8 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 29,9 % restante (Altamar et al., 2022).

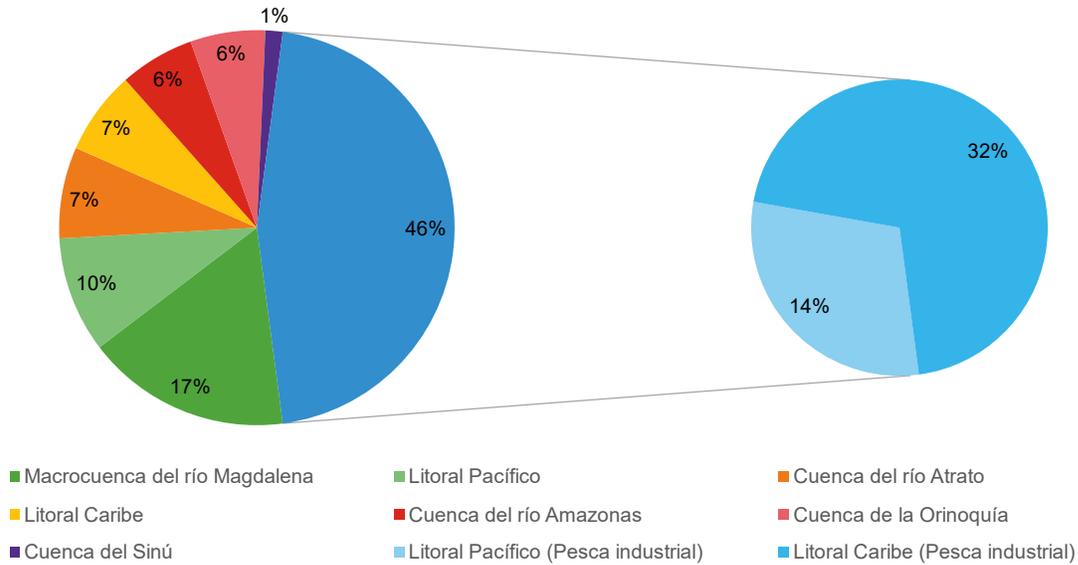


Figura 7-8. Distribución del desmarque de peces debido a la pesca artesanal y la pesca industrial en las cuencas y litorales del país. Fuente: (Altamar et al., 2022; Duarte et al., 2022). Elaboración propia

Es importante resaltar que 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 un 1,7 %. Es relevante mencionar 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 San Andrés, se reciben desembarques de caracol, langosta y diversos tipos de pesca blanca (INVEMAR, 2023). En la

Tabla 7-2 se especifican las principales especies desembarcadas en cada cuenca o litoral del país, así como los factores que afectan la actividad pesquera.

Tabla 7-2. Especies desembarcadas por pesca artesanal e industrial en cada cuenca o litoral del país y los factores que afectan su producción. Fuente: (Altamar et al., 2022; Duarte et al., 2022). Elaboración propia

Cuenca/Litoral	Especies	Factores que afectan la pesca
Río Magdalena	Bocachico, nicuro, bagre rayado y pincho.	Patrones hidrológicos y dinámica migratoria de los peces.

Cuenca/Litoral	Especies	Factores que afectan la pesca
Pacífico	<b>Pesca artesanal:</b> sierra, pelada blanca, atún aleta amarilla, camarón titi y piangua	Incremento de las lluvias y vientos.
	<b>Pesca industrial:</b> atún aleta amarilla, atún patiseco, pez el dorado, camarón blanco, camarón rojo, camarón café, camarón coliflor y pesca incidental de lenguado, merluza y	Reducción en el suministro de combustible por afectaciones de orden público.
Río Atrato	Bocachico, quicharo y dentón	Estacionalidad debido a las migraciones de especies
Caribe	<b>Pesca artesanal:</b> cojinoa negra, jurel aleta amarilla, ronco, camarón titi, langosta espinosa, caracol pala, caracol copey y pulpo.	Extensión del litoral
	<b>Pesca industrial:</b> 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

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 hectáreas para la producción monoespecie y 88,9 hectáreas 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 lo que respecta a 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 en 2021 alcanzó las 1105 toneladas, con la cachama blanca, la tilapia roja y la cachama híbrida contribuyendo conjuntamente con 995 toneladas (Roca-Lanao et al., 2022).

### 7.2.3 Industria de alimentos, bebidas y tabaco

Dada la riqueza agrícola y biodiversidad del país, la industria de alimentos procesados busca crear portafolios de productos sofisticados. 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 clave en la evolución de la industria alimentaria. Ha generado diversidad respaldada científicamente 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 7-9 se muestra la distribución de estas empresas en el país; predominan las compañías dedicadas al cultivo de alimentos, seguidas por las relacionadas con la elaboración y procesamiento de alimentos.

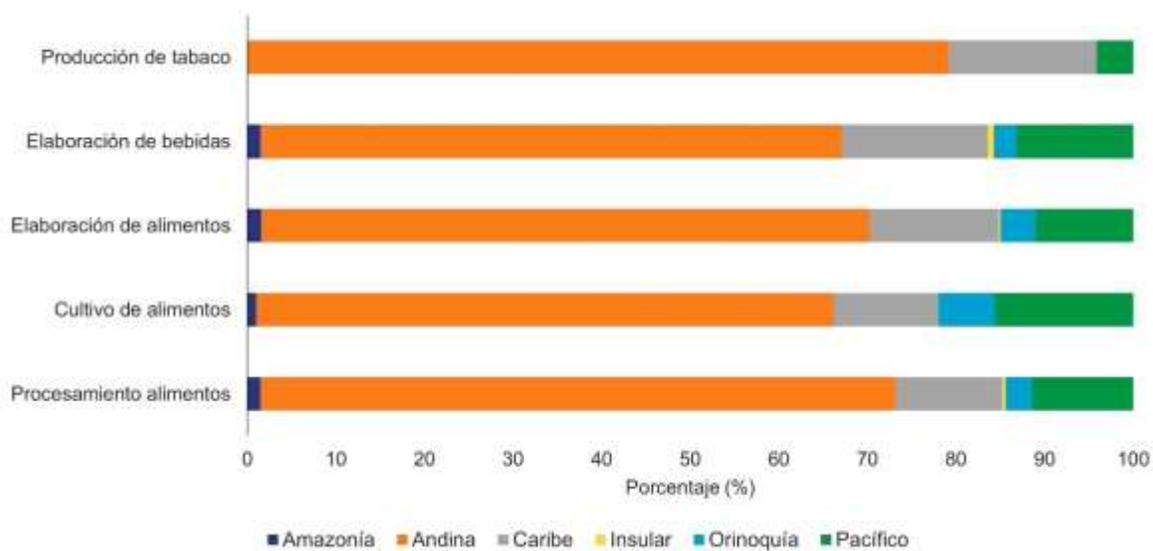


Figura 7-9. Distribución de las industrias de alimentos, bebidas y tabaco. Fuente (DANE, 2023). Elaboración propia

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).

#### 7.2.4 Consumo, pérdida y desperdicio de alimentos

Según los datos proporcionados por la ENA del 2019, el 58,5 % del área sembrada en Colombia experimentó pérdida 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 (Dirección Nacional de Planeación, 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 preparar 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 7-10 se muestran los niveles de inseguridad alimentaria en el país (Programa Mundial de Alimentos, 2023).

En contraste con los datos de la Encuesta Nacional de Situación Nutricional (ENSIN) del 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; Programa Mundial de Alimentos, 2023).

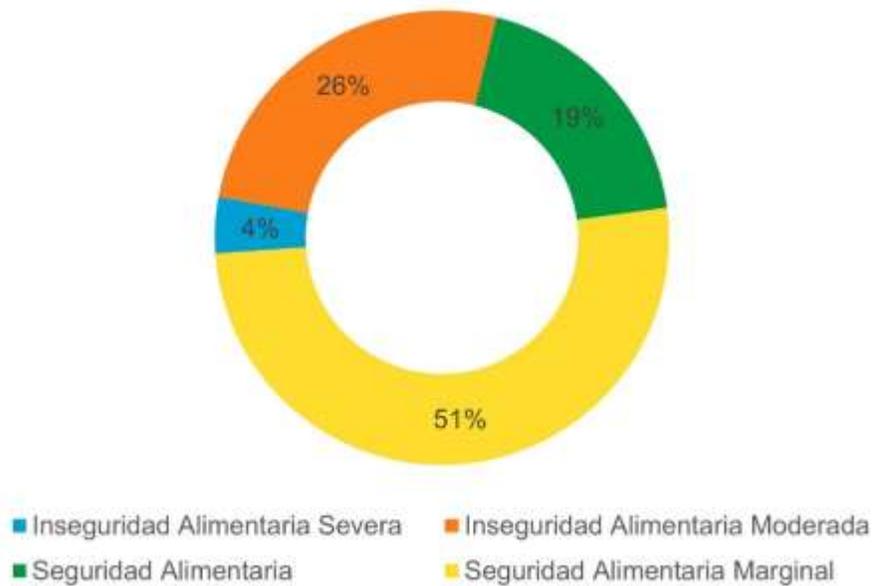


Figura 7-10. Niveles de inseguridad alimentaria en Colombia. Fuente: (Programa Mundial de Alimentos, 2023). Elaboración propia.

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 (Programa Mundial de Alimentos, 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 las precipitaciones (Programa Mundial de Alimentos, 2023).

La dependencia global de combustibles fósiles afecta la estabilidad de los precios de 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, la carencia de inversión en infraestructura, tecnología agrícola y áreas sociales como educación y salud perjudica 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 estas cuestiones y asegurar el Derecho Humano a la Alimentación (DHA), el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2024 establece tres pilares esenciales: la disponibilidad de los alimentos y 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 acuicultura. El segundo

pilar involucra la innovación y la implementación de tecnología en la producción, centrado en la transferencia de conocimiento intercultural, la adaptación de tecnologías y el desarrollo territorial. La tercera parte 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 (Departamento Nacional de Planeación, 2023).

### 7.2.5 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 gran oportunidad 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, 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 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 toneladas 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 aumento en las exportaciones, con un incremento del 20 % entre 2018 y 2021. Estas tres industrias representan oportunidades valiosas para el desarrollo económico y el reconocimiento internacional del país (FAOSTAT, 2021; La República, 2021; SIPRA, 2023a; 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 demuestra el 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 clave, 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.

### 7.3 Síntesis

El sector agropecuario en Colombia es diverso y productivo, abarcando un 37,8 % del territorio nacional, especialmente en las regiones Andina, Caribe y Orinoquía. En él, se destaca la aptitud para la producción de pastos estrella para el ganado, así como para actividades de producción avícola, porcícola y pesquera en ciertas regiones. Sin embargo, se enfrentan desafíos importantes debido a la falta de inversión en maquinaria agrícola y riego, lo que afecta la productividad y eficiencia del sector.

La producción agrícola se enfoca en cultivos permanentes como café, palma de aceite, plátano, caña de azúcar, cacao y banano. Mientras tanto, en cuanto a la producción pecuaria, las aves, el ganado bovino y los cerdos son prioritarios. La región Andina se destaca como la principal área para actividades agropecuarias, abarcando el 43 % del territorio sembrado y el 57 % del ganado del país. Del mismo modo, en el panorama nacional, la pesca es relevante, con un desembarque total de 9.094.140 toneladas en 2022, siendo el litoral Caribe y el Pacífico los principales contribuyentes.

La seguridad alimentaria representa un importante desafío en el país, ya que aproximadamente el 30 % de la población enfrenta inseguridad alimentaria. Esta problemática surge debido a diversas causas, como las pérdidas de cosechas causadas por eventos climáticos adversos y prácticas agrícolas inadecuadas, así como el desperdicio de alimentos a lo largo de la cadena de suministro y las desigualdades en su distribución. Para abordar este problema y aprovechar el potencial del sector agropecuario, es necesario implementar políticas integrales que fomenten la inversión en infraestructura y tecnología, fortalezcan las capacidades de los agricultores locales y mejoren la distribución equitativa y eficiente de los alimentos. Además, es esencial abordar la concentración excesiva de los mercados mayoristas en las ciudades, ya que esto contribuye a las pérdidas y desperdicios de alimentos y afecta negativamente la seguridad alimentaria en las áreas rurales.

El país presenta oportunidades de desarrollo en sectores como la producción de aguacate, cacao y banano, que han experimentado un crecimiento significativo en los últimos años. Además, la cría de porcinos, caprinos y aves reproductoras ofrece oportunidades valiosas para el desarrollo económico en diferentes regiones. Es fundamental

considerar las particularidades de cada departamento al diseñar estrategias que mejoren la calidad y cantidad de la producción agropecuaria y garanticen el abastecimiento de alimentos en todo el país.

El próximo capítulo analizará las emisiones de gases de efecto invernadero en los diversos sectores de Colombia y los planes de acción climática implementados para mitigar los impactos del cambio climático. Se examinarán las fuentes principales de emisiones y las estrategias adoptadas por el gobierno y otros actores para promover una economía baja en carbono y el desarrollo de energías renovables.

## 8 Emisiones y planes de acción climática

Colombia ha adoptado políticas y estrategias clave para abordar el desafío que constituye el cambio climático, la principal estrategia se dio 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, lanzando su Contribución Determinada a Nivel Nacional actualizada (NDC, por sus siglas en inglés) en 2020 con el objetivo de limitar el aumento de la temperatura global por debajo de los 1,5 °C respecto a los niveles preindustriales.

Junto con estos compromisos se han desarrollado múltiples 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).

### 8.1 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 un 20 % al año 2030. Posteriormente, en el año 2020 se realizó la actualización de la NDC de Colombia, incrementando la meta de reducción de emisiones de GEI, que pasó a ser del 51 % para el 2030, en dicha propuesta se identificaron las acciones de mitigación por sector productivo presentadas en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Adicionalmente, con el lanzamiento de la Estrategia Climática de Largo Plazo E2050, el país asumió como compromisos alcanzar la carbono-neutralidad para el año 2050, tener cero deforestación al 2030 y declarar como áreas protegidas el 30 % del territorio nacional en 2022.

*Tabla 8-1 Acciones de mitigación por sector productivo. Fuente: (Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC), 2020). Elaboración propia.*

Sector	Acciones de mitigación de emisiones
Agrícola y forestal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de la deforestación.</li> <li>• Fomento de plantaciones forestales y sistemas agroforestales.</li> <li>• Restauración, rehabilitación y recuperación ecológica.</li> <li>• Mejores prácticas de fertilización.</li> <li>• Ganadería sostenible (sistemas silvopastoriles intensivos, pastoreo racional).</li> <li>• Modelos más eficientes de uso del suelo; ordenamiento territorial.</li> </ul>
Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Campañas de eficiencia energética.</li> <li>• Sistemas de redes inteligentes.</li> <li>• Portafolio de energías renovables.</li> <li>• Esquemas de generación con fuentes no convencionales y sistemas híbridos.</li> <li>• Reducción de pérdidas de transporte de energía.</li> <li>• Flexibilización de demanda mediante esquemas de precios y de incentivos.</li> <li>• Captura y almacenamiento de carbono.</li> </ul>
Industria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia energética de equipos</li> <li>• Sustitución de carbón por biomasa e introducción de combustibles de menor intensidad en carbono (p.ej. gas natural).</li> <li>• Desarrollos tecnológicos en los procesos productivos.</li> </ul>

Sector	Acciones de mitigación de emisiones
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estándares de rendimiento y movilidad verde.</li> <li>• Renovación de la flota.</li> <li>• Vehículos eléctricos; uso de combustibles de menor intensidad en carbono.</li> <li>• Promoción del transporte público, sistemas públicos de bicicletas; desincentivos al uso del transporte privado; cobros por congestión.</li> <li>• Transporte multimodal (fluvial y férreo)</li> <li>• Optimización transporte carga.</li> </ul>
Vivienda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia energética e introducción de energéticos más limpios (fomento de la energía solar).</li> <li>• Renovación de vivienda.</li> <li>• Materiales y mejores técnicas de diseño y construcción.</li> <li>• Ciudades sostenibles.</li> </ul>
Gestión de residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovechamiento de residuos sólidos (compostaje).</li> <li>• Captura y quema de metano en rellenos sanitarios.</li> <li>• Captura y quema de metano en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.</li> </ul>

## 8.2 Mitigación y adaptación al cambio climático

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) de Colombia 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.

*Tabla 8-2 Síntesis del PNACC. Fuente: (Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), 2016). Elaboración propia.*

<b>Objetivo</b>	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.
<b>Enfoque sectorial</b>	El plan se estructura en torno a sectores clave, 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.
<b>Evaluación de riesgos</b>	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.
<b>Medidas de adaptación</b>	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.

<b>Coordinación y participación</b>	Se destaca la importancia de la coordinación entre diferentes entidades y sectores gubernamentales, del mismo modo la participación de actores clave, 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.
<b>Financiamiento</b>	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.

### 8.3 Emisiones

Para llevar a cabo el análisis de emisiones y absorciones se realiza una división por sectores, es importante recalcar que los países tienen sus inventarios de emisiones siguiendo las orientaciones metodológicas desarrolladas por el Panel Intergubernamental de 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: 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).

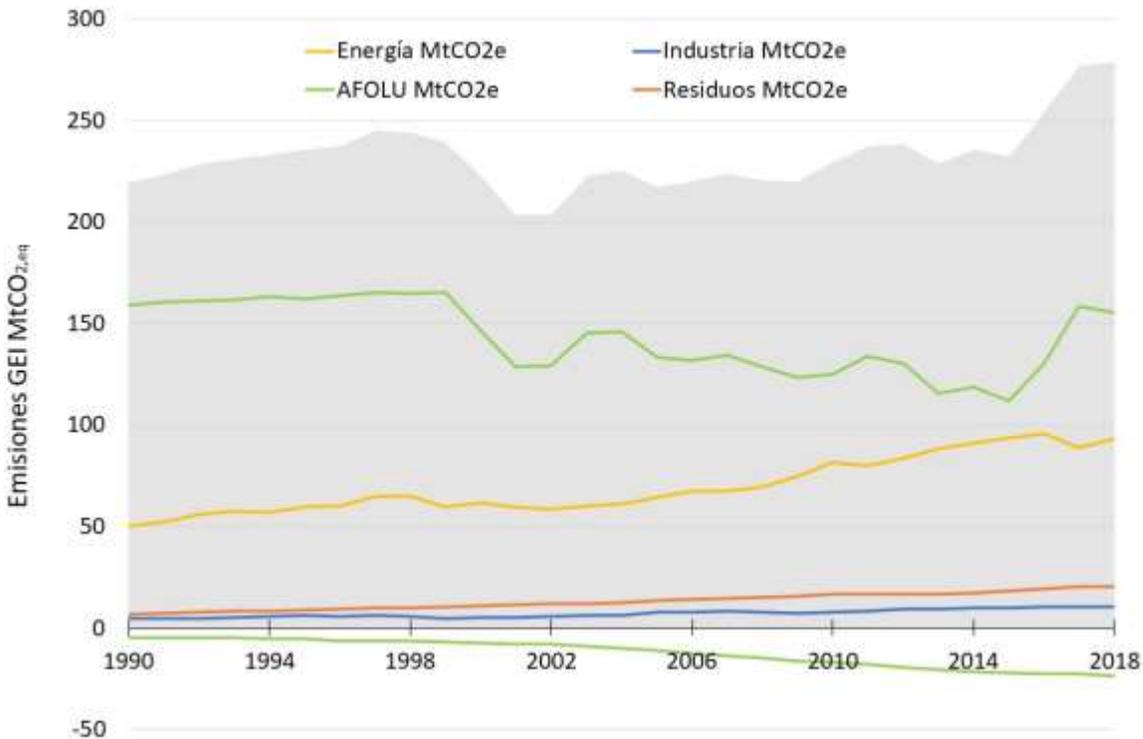
Adicionalmente a estos grupos IPCC, el inventario nacional de emisiones y absorciones separa y analiza los resultados en 8 diferentes sectores económicos (transporte, comercial, residencial, industrias manufactureras, minas y energía, agropecuario, forestal, saneamiento) cada sector económico está relacionado con uno a varios grupos IPCC como se observa en la Tabla 8-3, en esta publicación se analizan estos sectores en específico dado el enfoque de mitigación que se espera.

*Tabla 8-3 Sectores económicos involucrados en cada grupo IPCC. Fuente: (Inventario Nacional y departamental de Gases de Efecto Invernadero – Colombia (INGEI), 2018). Elaboración propia.*

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

Grupos IPCC	Sectores económicos
	Saneamiento

Teniendo lo anterior en cuenta se procede a realizar un análisis de las emisiones netas en el país, para ello se relacionan las emisiones y absorciones del país separada por grupos IPCC como se observa en la Figura 8-1, los resultados son expresados a manera de emisiones brutas (valores positivos), absorciones brutas (valores en negativo) y emisiones totales netas (emisiones brutas menos absorciones brutas) las cuales están representadas de manera total como la zona gris.



*Figura 8-1: Emisiones y absorciones históricas en Colombia por grupos IPCC. Fuente: (Tercer informe bial de actualización del cambio climático de Colombia con corte 2018 (BUR3), 2021). Elaboración propia.*

Con la figura anterior se deducen los porcentajes de participación de cada grupo IPCC en las emisiones netas del país, se observa que el grupo con menor participación es el industrial con un 3,8 % seguido del grupo de residuos con un 7,3 % de participación, estos grupos son bajos en comparación a los dos grupos con mayor participación, energía con un 33,3 % y el AFOLU con un 55,6 % de participación en emisiones netas, este último es el mayor influyente en las emisiones netas, sin embargo se observa que es el único grupo que genera absorciones, estas se deben a la regeneración del bosque natural y al crecimiento de las plantaciones forestales.

#### 8.4 Síntesis

Colombia ha adoptado medidas contundentes para abordar el cambio climático, destacando 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 refuerza estos compromisos, buscando la carbono-neutralidad para 2050, cero deforestaciones al 2030 y protección del 30% del territorio en 2022.

Las acciones específicas por sector abarcan desde prácticas agrícolas sostenibles hasta la promoción de energías renovables y eficiencia en la industria. Paralelamente, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) se enfoca en fortalecer la resiliencia del país, identificando y abordando riesgos en sectores clave.

El análisis de emisiones destaca la importancia de sectores energéticos y forestales. El AFOLU emerge como el principal contribuyente a las emisiones netas, pero también genera absorciones, destacando la regeneración forestal. Los desafíos incluyen la coordinación intersectorial y la movilización de recursos para apoyar a comunidades vulnerables.

En conjunto, Colombia enfrenta el cambio climático con un enfoque integral, desde metas ambiciosas hasta estrategias específicas por sector, subrayando la importancia de la adaptación y mitigación coordinadas.

## 9 Sistema energético

### 9.1 Balance energético nacional

En esta sección se describe el Balance Energético Colombiano (BECO), representado en el diagrama de Sankey de la Figura 9-1 (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.

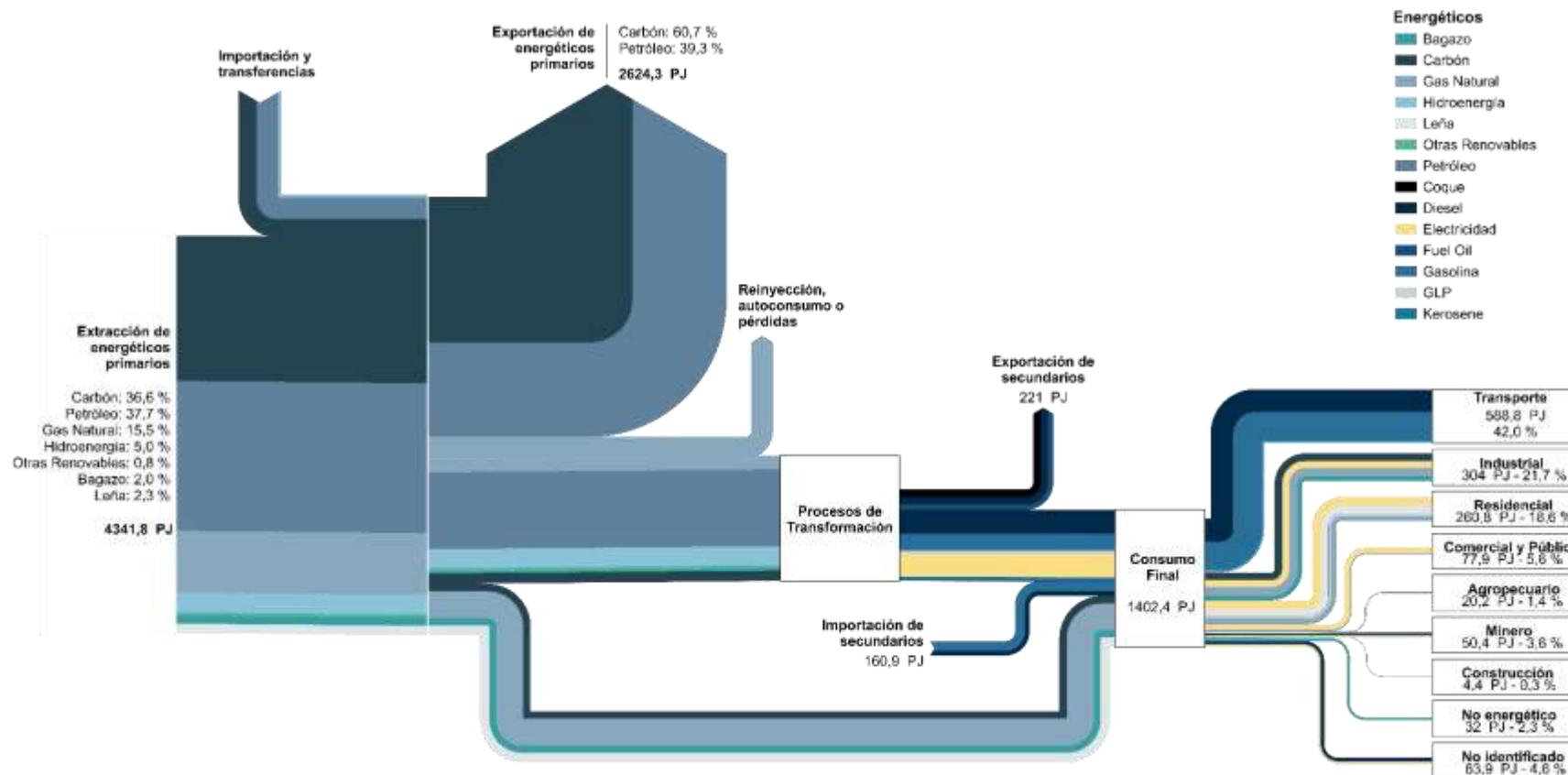


Figura 9-1: Diagrama de Sankey del Balance Energético Colombiano del año 2021. Fuente: (UPME, 2022). Elaboración propia.

### 9.1.1 Energía primaria

La extracción de energéticos primarios en el año 2021 se registró en 4341,8 PJ, de los cuales participan con un 37,7 % el petróleo, con 36,6 % el carbón, con 15,5 % el gas natural, 5 % hidroenergía; y por último fuentes de energía renovable como la leña con 2,3 %, bagazo 2 % y otras 0,8 %. Adicional a esta energía primaria, se realizó la importación de 15,4 PJ, principalmente de petróleo 89 % y gas natural.

La exportación de energía primaria en 2021 se registró en 2624,3 PJ, de los cuales el 60,7 % correspondió al carbón y el restante al petróleo. En el consumo interno de energía primaria, 1368 PJ se requirieron en centros de transformación de energéticos secundarios y 462,2 PJ tuvieron como fin un consumo directo en los sectores finales.

- 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 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 en el cual se estableció en 312 Mbl, 316 Mbl en 2028, 323 Mbl en 2019, 286 Mbl en 2020, 269 Mbl en 2021 y 275 Mbl en 2022. En cambio, la relación de reservas-producción (R/P) han 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).

La producción de gas natural desde el año 2017 ha tenido una tendencia creciente leve, con una producción de 10,17 Gm<sup>3</sup> en 2017; 10,93 Gm<sup>3</sup> en 2018; 11,07 Gm<sup>3</sup> en 2019; 10,79 Gm<sup>3</sup> en 2020; 11,19 Gm<sup>3</sup> en 2021 y 11,10 Gm<sup>3</sup> en 2022. Esta tendencia en la producción no se ha visto respaldada por un incremento en las reservas probadas, lo cual repercute que en el año 2017 la relación R/P se situara en 10 años, en 2018 se sitúe en 8 años y de 7,2 años en 2022 (ANH, 2023).

- Leña y bagazo

El plan nacional de sustitución de sustitución de leña reporta que el país consumió en el 2019 una cantidad de 5.818 kt de leña y de 5.647 kt de leña en 2021, en consumo residencial (UPM, 2022).

En la industria azucarera, según Asocaña, 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.

### 9.1.2 Energía secundaria

La capacidad de refinación del país se encuentra en las refinerías de Cartagena y de Barrancabermeja, con 206 kBD y 213 kBD, respectivamente. Con esto, se cuenta con una capacidad de producción de alrededor de 87,3 kBD de gasolina; 151,5 kBD de diesel; 37,6 kBD de jet fuel; y 5,2 kBD de gas licuado de petróleo.

En cuanto a la producción de biocombustibles, en el país se produjo 775 km<sup>3</sup> de biodiesel y 358,6 km<sup>3</sup> de alcohol carburante en 2022; en el año 2021 fue de 732,9 km<sup>3</sup> de biodiesel y 376,5 km<sup>3</sup> de alcohol carburante (SICOM, 2023).

### 9.1.3 Consumo final

- Sector transporte

El sector transporte es el de mayor consumo energético de la energía final en el país. Según las estadísticas del RUNT para mayo de 2023, en el país se encuentran 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 (RUNT, 2023). De este parque automotor, se registra que el 30 % tiene un rango de edad entre 0 y 5 años, el 27 % se encuentra entre 6 a 10 años, el 18 % entre 11 a 15 años y el 25 % tiene más de 16 años (RUNT, 2021). Adicionalmente, se tiene que, de la totalidad de este parque automotor, el 93,5 % es impulsado con gasolina, el 4,3 % con diésel, 1,7 % son híbridos, 0,4% son eléctricos y el 0,1 % restante son impulsados con gas natural (MinTransporte, 2021).

Según el balance energético colombiano para el 2021 (ver Figura 9-2), la mayor energía consumida en el sector se realiza por vehículos tipo camión (19 %), impulsados principalmente un 72 % por diésel, 26 % a gasolina y 2 % a gas natural; seguido por motos (16 %), impulsadas principalmente por gasolina; con un 12 % de participación en el consumo los automóviles (principalmente a gasolina), buses (70 % diésel, 27 % gasolina y 3 % gas natural), y taxis (66 % gasolina, 18 % diésel y 16 % gas natural); con 6 % de participación las camionetas (77 % gasolina, 21 % diésel y 2 % con gas natural) y microbuses (71 % diesel, 25 % gasolina y 3 % con gas natural); finalmente con un 4 % de participación se encuentran las busetas, las cuales se impulsan en un 72 % con diesel, 27 % con gasolina y 2 % con gas natural.

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

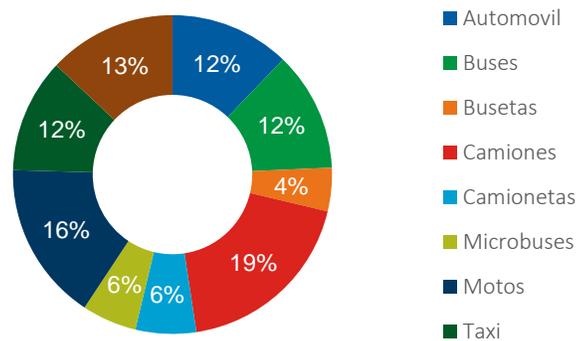


Figura 9-2. Consumo de energía por tipo de vehículo en 2021. Fuente: elaborado a partir de información de (UPME, 2021).

- Sector de energía térmica (calor)

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:

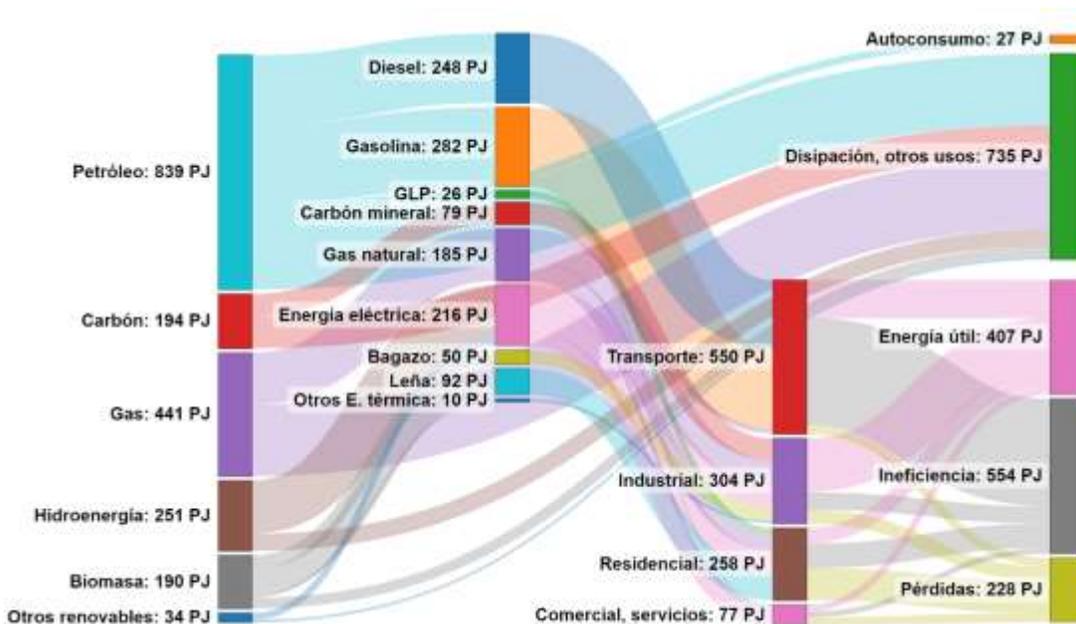
- Sector residencial: en este sector, el 67 % del consumo final de energía se realiza para la cocción de alimentos, el cual se realiza principalmente con leña (53 %), y en menor proporción gas natural (33 %), gas licuado de petróleo (13 %) y electricidad (1 %). Adicionalmente, la energía requerida en refrigeración y aire acondicionado representa el 16 %, la cual se suple en su totalidad con electricidad. Por último, 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 público: 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 se realiza un consumo energético equivalente entre el gas natural y el gas licuado de petróleo. Los servicios de refrigeración representan el 35 % del consumo de este sector y se realiza con la utilización de electricidad.
- Sector industrial: los principales sectores industriales que representan el mayor consumo de energía son 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 de 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 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 por gas natural (51 %), carbón (31 %) y en menor medida por electricidad (12 %) y bagazo (3 %).

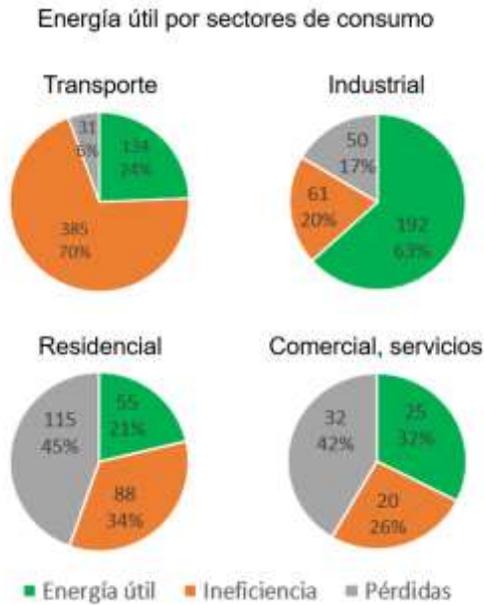
#### 9.1.4 Energía útil, ineficiencias y pérdidas

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 tiene una eficiencia global del 21 % en el sistema, entendida como la fracción de energía útil respecto a la energía primaria que ingresa (ver *Figura 9-3*). Por otra parte, si se analiza el aprovechamiento de energía útil con respecto a la energía final disponible para el consumo, se obtiene una eficiencia del 34 %.



*Figura 9-3. Diagrama de Sankey para el sistema energético colombiano en el año 2021. Fuente: elaboración propia partir de información de (UPME, 2021).*

Al analizar el consumo de energía final por sectores mostrado en la *Figura 9-3.*, 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 ineficiencia.



*Figura 9-4. Aprovechamiento de la energía final por sectores de consumo. Fuente: elaboración propia con información de (UPME, 2021).*

## 9.2 Generación de energía eléctrica

La capacidad instalada de energía eléctrica se compone de plantas de generación de recurso solar, eólico, térmico, hidráulico y cogeneración. El total de capacidad efectiva neta es de 19,024.19 MW en el 2023 (ver figura 9-10.). La energía hidráulica es el principal contribuidor con 12,584.08 MW instalados correspondiendo a un 66 % de la matriz de generación. Le siguen las plantas térmicas con 5,816.33 MW instalados y un porcentaje de 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 menor de 18.42 MW (XM, 2023). La generación de energía solar y eólica corresponde principalmente a plantas menores no despachadas centralmente.

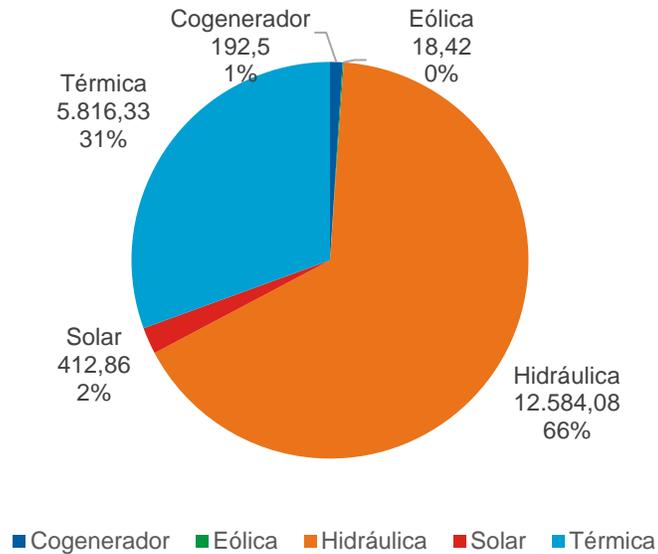


Figura 9-10. Capacidad instalada de generación eléctrica (MW;% ) 2023.

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. Continúa 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 representativas que operan las hidroeléctricas de más de 20 MW. Cada agente posee un grupo de unidades que va desde las 5 unidades hasta las 41 unidades. Estas unidades pueden estar asociadas geográficamente a diferentes plantas generadoras. El principal operador de generación es empresas públicas de Medellín con un total de 41 unidades y 30507 MW instalados. Le sigue ENEL Colombia con 20 unidades instaladas con capacidad total de aproximadamente 2900 MW e ISAGEN con 2755 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 que se encuentran 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 las 10 unidades 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 figura 9-11.). Las plantas solares de capacidad menor no se despachan centralmente. Son operadas directamente por comercializadores o auto generadores.

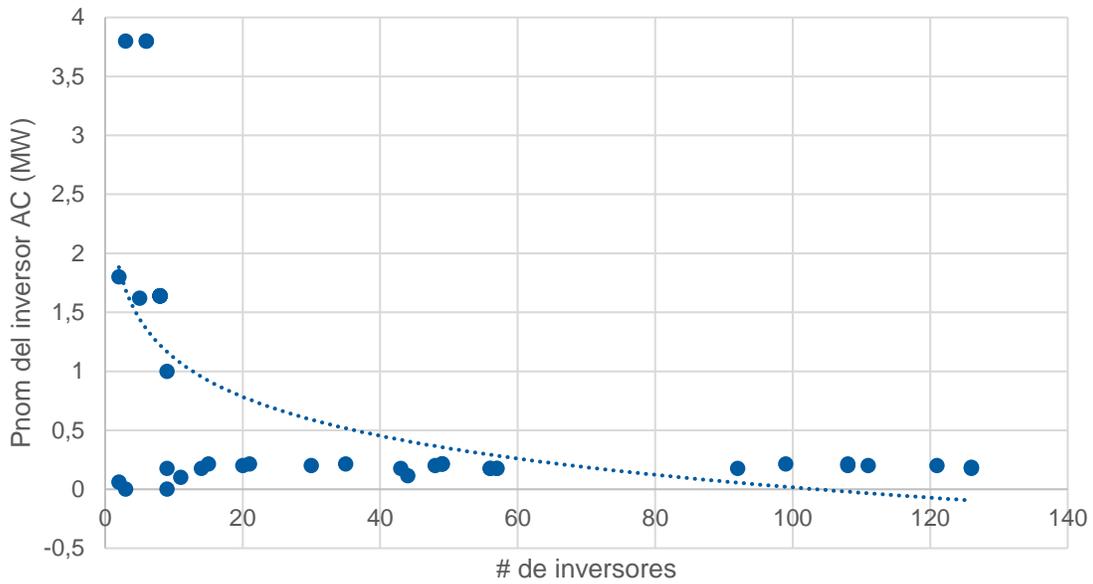


Figura 9-11. Potencia nominal de inversores en plantas solares por número de inversores utilizados por planta, año 2023. Fuente (XM, 2023). Elaboración propia

La figura 9-12. presenta la distribución frecuencial 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 a 24] MW siendo estas las más grandes. Actualmente en el sistema no se encuentran plantas con capacidad instalada por encima de los 30 MW.

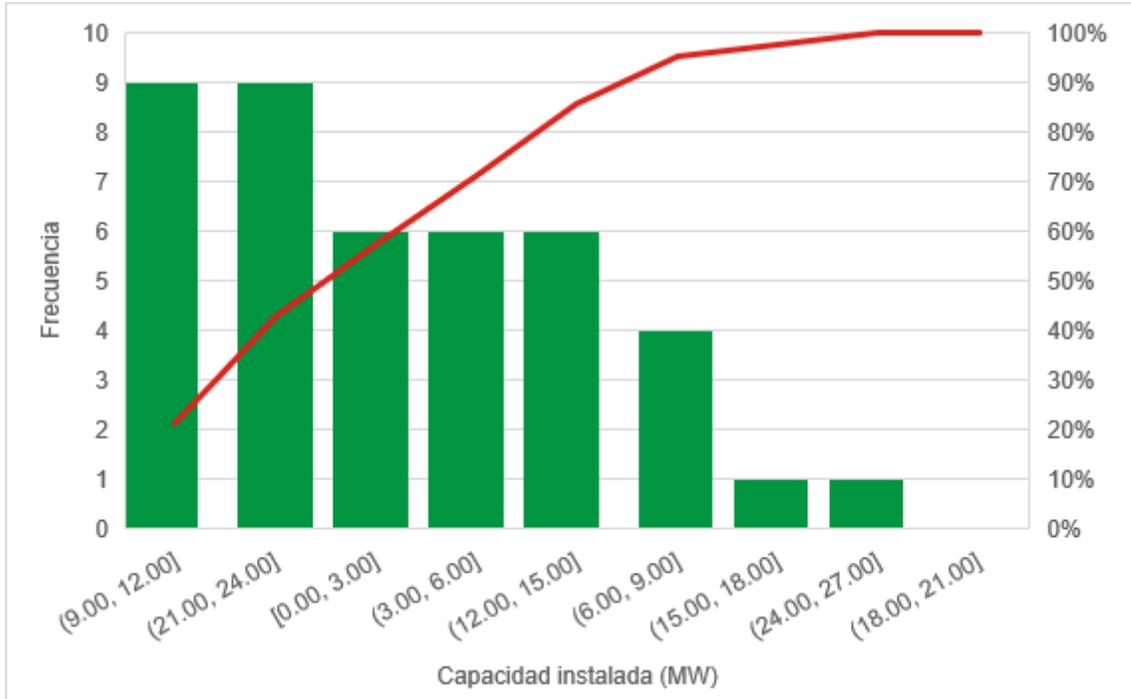


Figura 9-12. Diagrama de Pareto de la distribución frecuencial de capacidad instalada de las plantas solares por rango de capacidad. Fuente: Superservicios, 2023. Elaboración propia.

### 9.2.1 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 proyecto 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 a su etapa de desarrollo teniendo tres fases. En la fase 1 se registran proyectos en fase de prefactibilidad, donde se tiene un análisis técnico-económico de las alternativas de inversión, se identifican restricciones al desarrollo del proyecto y principales fuentes de financiación. En la fase 2, 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. Donde 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 9-13. Presenta el consolidado de número de proyectos por tecnología por año a partir del 2007 hasta el 2022.

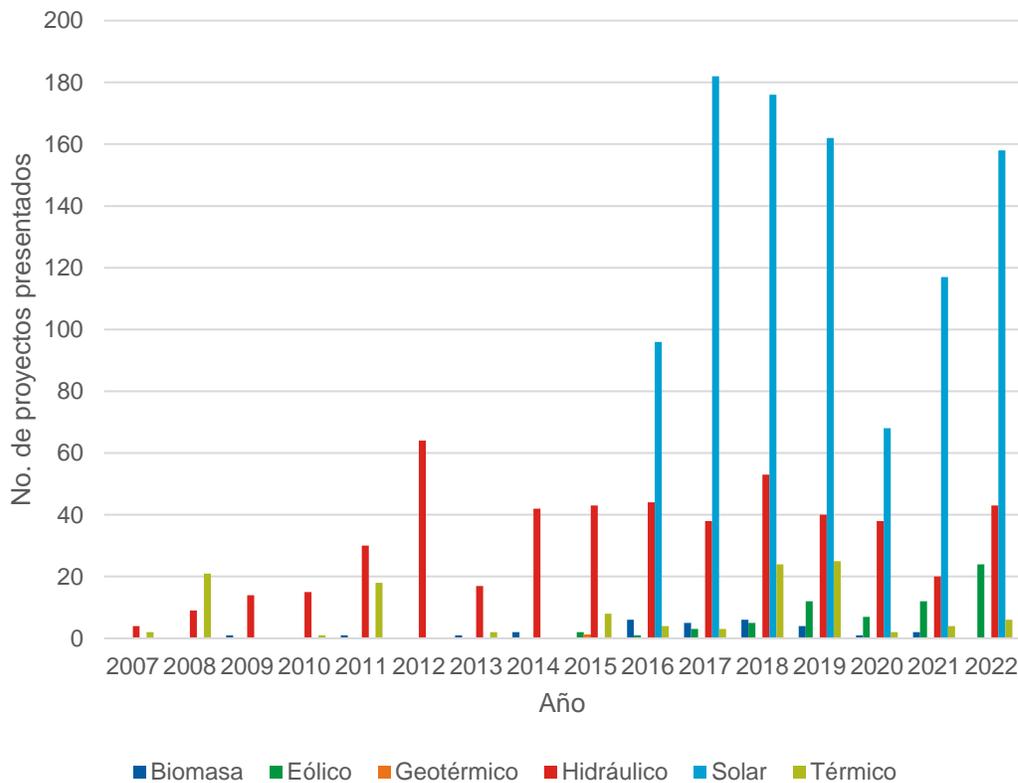


Figura 9-13. Número de proyectos presentados por año por tecnología a corte de diciembre 30, 2022. Fuente: (UPME, 2022). Elaboración propia.

Del total de proyectos presentados durante los últimos 15 años, el 57% de los proyectos son de energía solar con un total de 959 a partir de 2016. El número de proyectos presentados anualmente en energía solar este 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 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 20015, con la mayor cantidad de proyectos registrados desde 209 a 201 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.

El registro de proyectos por departamento y tecnología con corte en la semana 27 de 2023 se presenta en la figura a continuación. Los proyectos detallados se encuentran en fases 1 y 2 de desarrollo. Los proyectos registrados en fase con fechas de entrada en operación 20223-2026 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 en Caldas, 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 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 costa adentro en la Guajira, Bolívar y Antioquia con una capacidad sumada de 1427 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 por 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. Generación eléctrica con agua, en particular con la tecnología de 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 costa adentro 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 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 20MW hasta 800 MW. De tecnología 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 de menos de 40 MW y un proyecto en Antioquia de 90 MW. En energía solar se presenta un total de 4051 MW de capacidad por proyectos. Es notorio que existe una diferencia significativa en las fechas de ingreso de los proyectos de energía solar con respecto a los proyectos de energía eólica. Los proyectos de energía solar. Los grandes proyectos solares tienen fechas máximas de entrada en operación del 2027 entrando la mayoría en 2025 mientras que las fechas de entrada de los proyectos de eólica costa afuera son del 2032 en adelante y las fechas de entrada de proyectos de costa adentro más lejana es el 2027. En la figura 9-14. Se presenta el total de capacidad a instalar por tipo de energía por departamento en el listado de proyectos registrados en la UPME. La guajira tiene el mayor valor de capacidad a instalar con más de 100 MW de energía solar y 4000 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 fotovoltaica. Cauca es el departamento con mayor capacidad a instalar en energía hidráulica. Proyectos de plantas térmicas de gas natural se encuentran en

atlántico, Valle del Cauca y Cesar. En total en las fases 1, 2 y 3 están registrados proyectos por un total de 21399.5 MW.

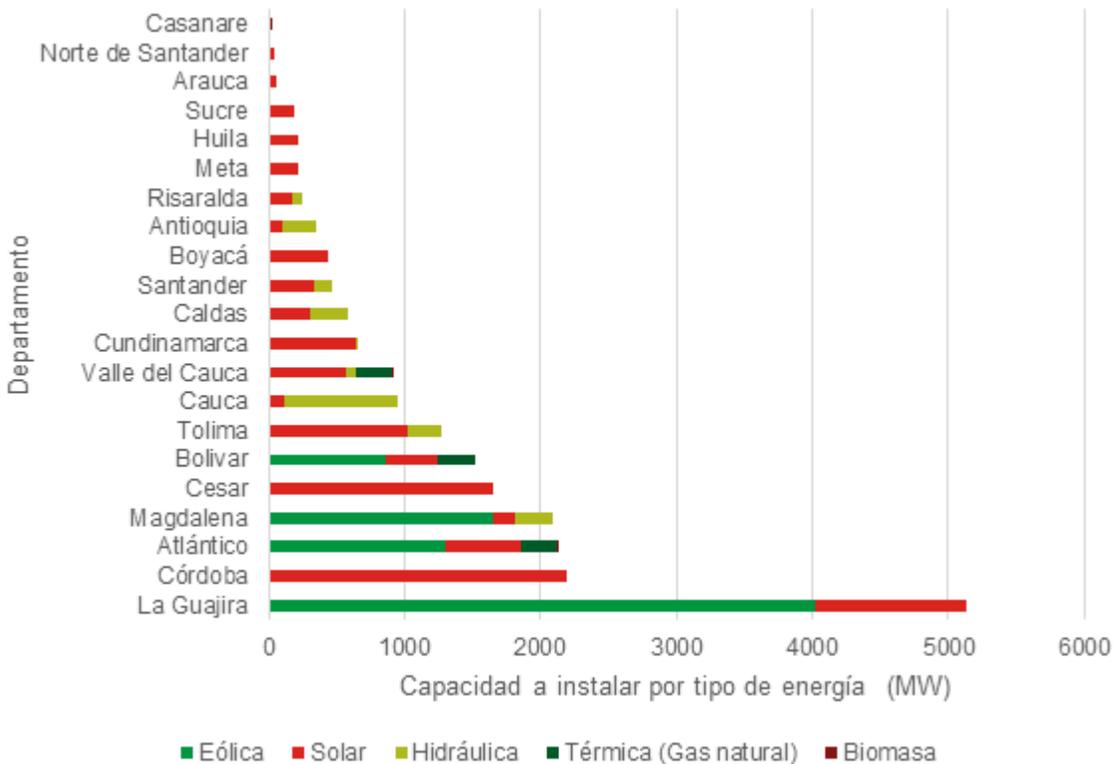


Figura 9-14. Capacidad por instalar en proyectos de generación para cada Departamento, categorizada por tecnología. Incluye todos los proyectos vigentes en fase 1, 2, y 3 con corte de la semana 27 de 2023. Fuente: UPME. Elaboración propia.

### 9.3 Mercado de Energía Mayorista (MEM)

El mercado de energía mayorista es el mercado entre generadores y comercializadores colombianos sobre un único producto que es la 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 CREG. Es un mercado de libre competencia que involucra a los agentes de generación y comercialización de energía. 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 < 20MW 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 (ver figura 9-8.)

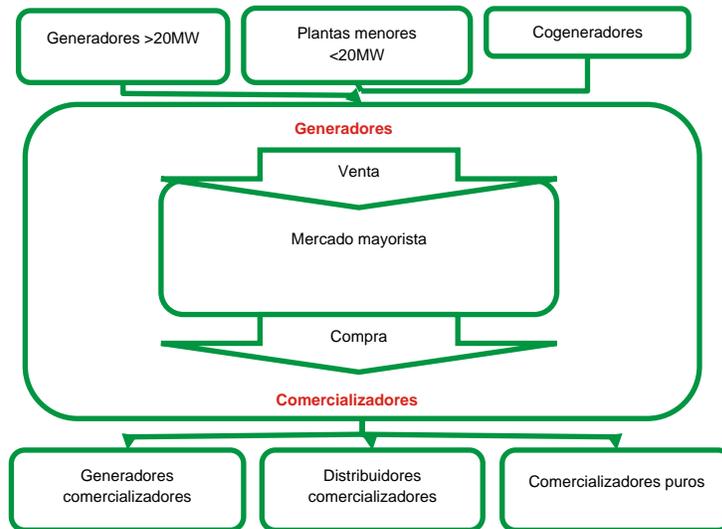


Figura 9-8. Esquema del mercado de energía mayorista (MEM) colombiano. Fuente: CREG

El reglamento de operaciones del 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, 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 (Comisión de Regulación de Energía y Gas [CREG], 2008).

En las transacciones del mercado mayorista se tiene: 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 spot (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 usuario sea 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 serado. 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 (CREG, 2008). La figura 9-9 presenta las transacciones en el mercado de energía mayorista en abril de 2023. El precio bolsa del kWh oscila entre \$150 y \$250 entre el año 2022 y 2023. Los contratos bilaterales presentan un elevado valor de transacciones con respecto a las transacciones en bosa. Las transacciones en bolsa tienen una variabilidad alta comparada con los contratos bilaterales.

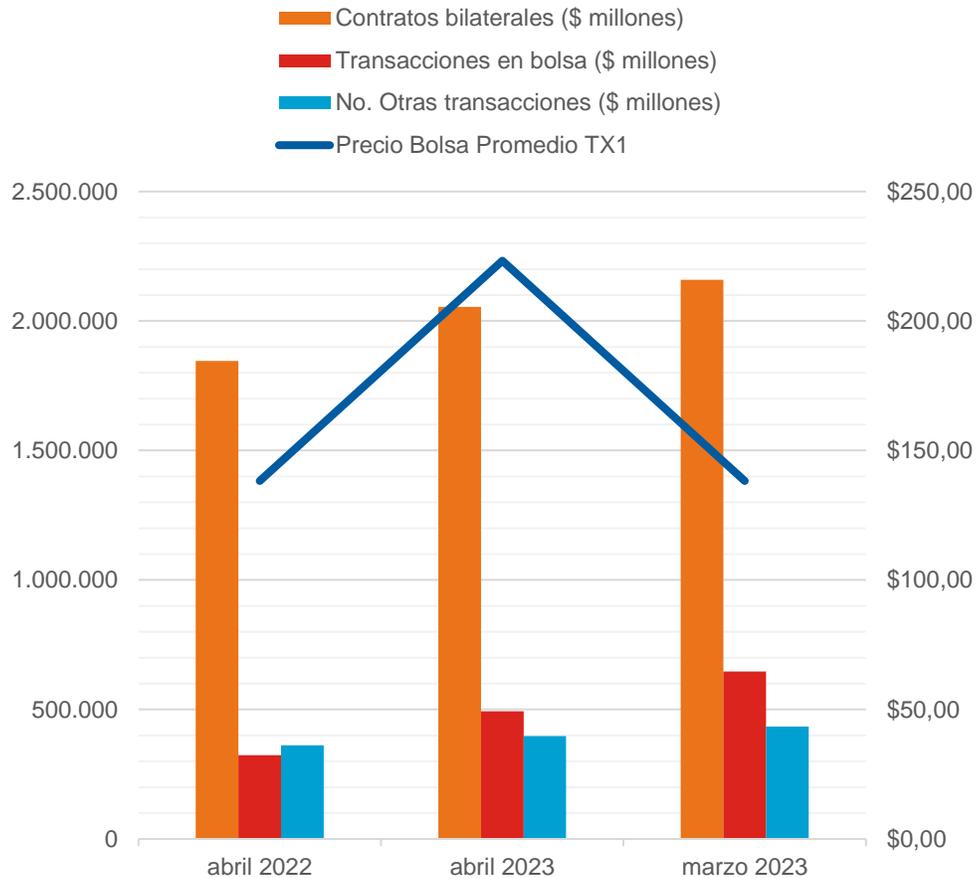


Figura 9-9. Transacciones del mercado de energía mayorista, abril 2023. Fuente: (Mercados de derivados de commodities energéticos [Derivex], 2023).

#### 9.4 Mercado de energía minorista

El mercado de energía minorista es el mercado que 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 de 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,

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

$$cu_{f,m} = cf_m,$$

donde  $cu_{v_{n,m}}$  es el componente variable de la fórmula para el nivel de tensión  $n$  en el mes  $m$ ;  $cu_{f_m}$  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, este costo es independiente del sitio donde se genera. Esta energía puede comprarse tanto en el mercado spot como en contratos bilaterales. La variable  $t_m$  corresponde al costo de 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. 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 geográfica. 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 un mercado donde los usuarios pueden elegir un comercializador y negociar con el 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 (Organización latinoamericana de Energía [OLADE], 2013).

La demanda de energía de usuarios regulados del SIN para los años 2015-2022 se presenta en la Figura 9-17.

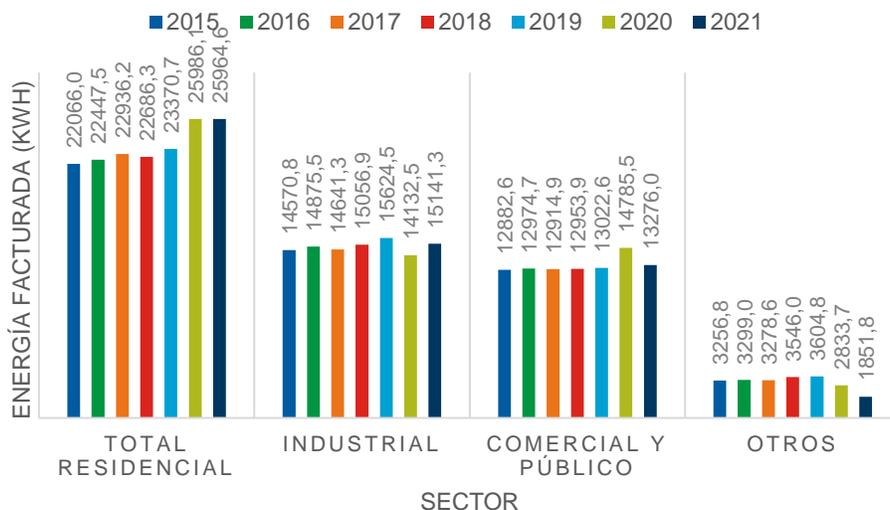


Figura 9-17. Comportamiento de la demanda de electricidad de usuarios regulados 2015-2016. Fuente: (Superservicios, 2023). Elaboración propia.

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 significativo del 11.2 % en el año 2020 que es el año de la pandemia. Adicionalmente la demanda de electricidad creció en el sector comercial y público este mismo año, 2020, en un 13.5 %. En correspondencia el sector industrial y otros disminuyeron en -9.5 % y 21,4 % respectivamente. Para el año 2021 la demanda de electricidad en el sector industrial aumentó en un 7.1 %. Esto pudo deberse a la salida del aislamiento de la pandemia COVID. La demanda en el sector comercial disminuyó significativamente ese año en un porcentaje de -10.2 %. El sector otros continuó disminuyendo. El sector industrial, residencial comercial y oficial aumentaron en promedio durante el periodo de tiempo estudiado pero la variación en demanda de electricidad en el sector otros fue negativa (ver tabla 9-6.).

Tabla 9-6. Variación anual de la demanda de electricidad por sectores. Fuente: (Superservicios, agosto 19, 2023)

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%

La tarifa media anual por sectores se presenta en la Tabla 9-7. La tarifa media está en el rango entre \$ 516.72 y \$ 539.3 por kilovatio hora para los sectores residencial comercial oficial y otros durante los últimos 5 años. En el sector industrial la tarifa promedio es más baja con un valor \$ 100 menor siendo \$ 459.5 en promedio el valor del KWh en el periodo 2018-2021. El mayor incremento en la tarifa se dio en el 2020 con un incremento del 17.5 % para el sector oficial, disminuyendo está de nuevo en el 2021. Las tarifas han aumentado en promedio por sector alrededor de \$ 30. 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 creó, las tarifas deberán modificarse (OLADE, 2013).

*Tabla 9-7. Tarifa media de electricidad por sectores por año y porcentaje de variación anual por sector. Fuente: (Superservicios, agosto 20, 2023)*

Año	Variación anual residencial	Tarifa media Residencial (\$/kWh)	Variación anual industrial	Tarifa media Industrial (\$/kWh)	Variación anual comercial	Tarifa media Comercial (\$/kWh)	Variación anual oficial	Tarifa media Oficial (\$/kWh)	Variación anual otros	Tarifa media Otros (\$/kWh)
2018	6.0%	523.3	8%	426.0	13.8%	516.3	16.6%	541.5	2.7%	521.0
2019	5.4%	551.4	5%	447.9	-4.3%	493.9	-5.7%	510.9	6.9%	556.7
2020	-4.4%	527.2	11%	496.1	9.4%	540.4	17.5%	600.3	2.2%	569.0
2021	3.7%	546.8	-6%	467.9	-4.5%	516.3	-11.6%	530.9	10.3%	510.4
Prom.	2.7%	537.2	4.4%	459.5	3.6%	516.72	4.2%	545.9	0.4%	539.3

El índice de cobertura de energía eléctrica 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 Andres con Índices de cobertura aproximados a 100 %. Los departamentos de Chocó, Amazonas, putumayo, Guaviare, Guainía tiene coberturas entre el 60 % y el 80 %. Con coberturas entre el 80 % y el 100 % se encuentran la mayoría de los departamentos restantes

El ICEE puede desagregarse por ICEE rural vs. ICEE urbano. El índice de cobertura urbano está en la gran mayoría de municipios por encima del 80 %; el ICEE rural presenta una mayor dispersión encontrando 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, Magdalena y Norosí, Bolívar (ver figura 9-18.).

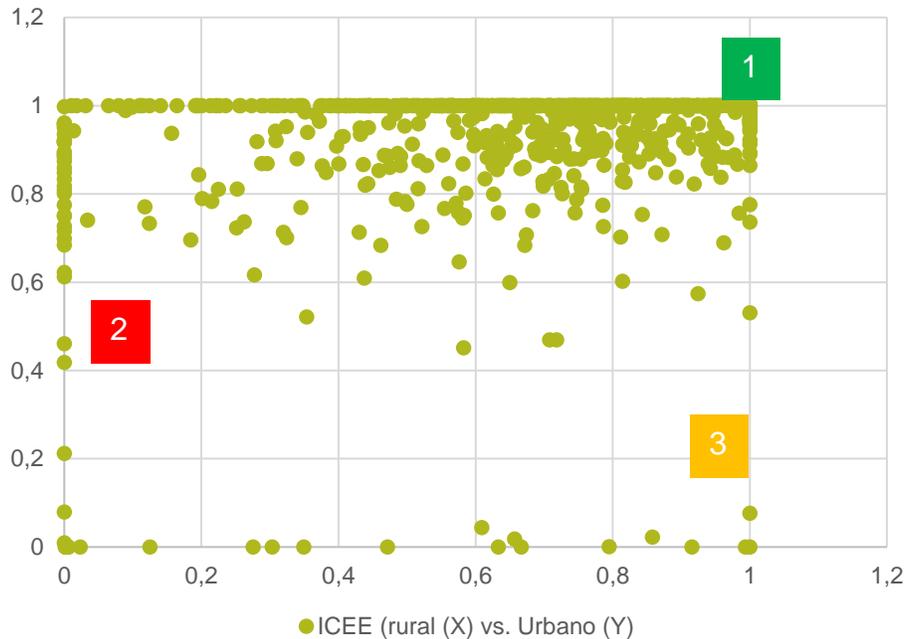


Figura 9-18. Índice de cobertura de energía eléctrica por municipio comparado rural vs. Urbano. Los municipios se dividen en 3 grupos. Municipios con cobertura urbana y rural aceptable. Municipios con cobertura urbana aceptable, pero cobertura rural deficiente y municipios con cobertura rural y urbana deficiente.

### 9.5 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 (e.g., generadores, transmisores, distribuidores y comercializadores) garantizando 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 103 agentes generadores representando el 35 % del total de agentes del sistema, 14 agentes transportadores, representando el 5 % del total de agentes del sistema, 38 agentes distribuidores, representando el 13 % de agentes del sistema y más de 138 agentes comercializadores, representando el 48 % de los agentes de sistema. Los agentes generadores son los encargados de operar las plantas de generación de electricidad proveniente de diferentes fuentes de energía como hidráulica, térmica, solar, eólica y cogeneración. El SIN se componen 25,792 kilómetros 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 kilovoltios y el Sistema de Transmisión Regional (STR) donde las redes operan a tensiones entre 110 kilovoltios y 220 kilovoltios. En el STN se cuentan 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 amperios y 1880 amperios para líneas de 230 kV. Para las líneas de 500kV está entre 878 y 2476 Amperios (ver Fig. 9-15.).

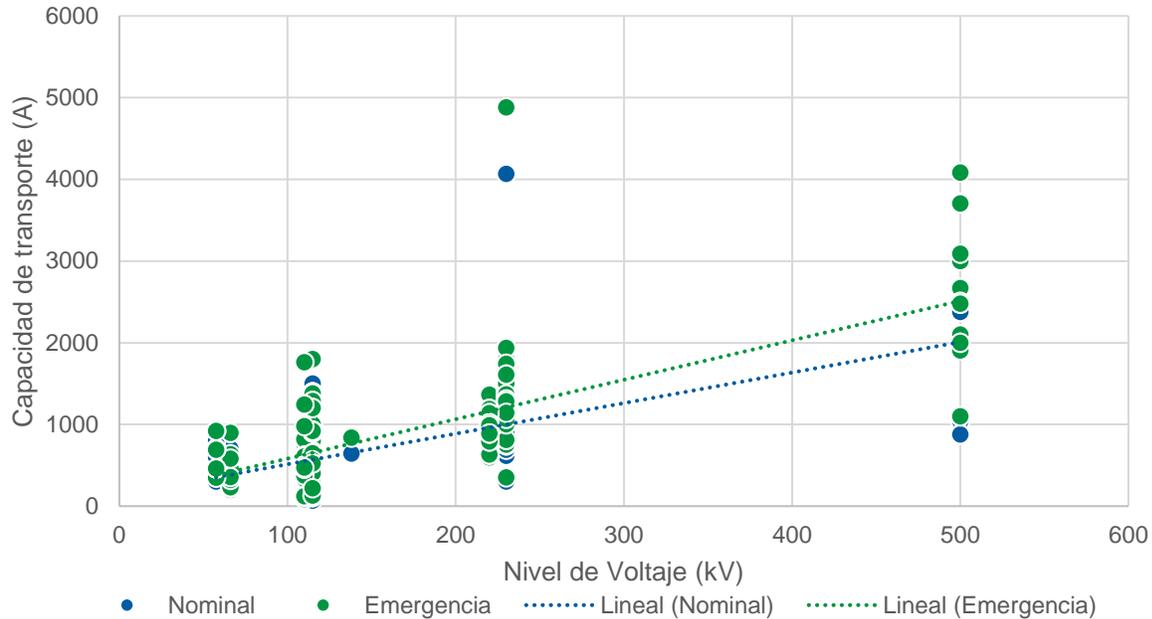
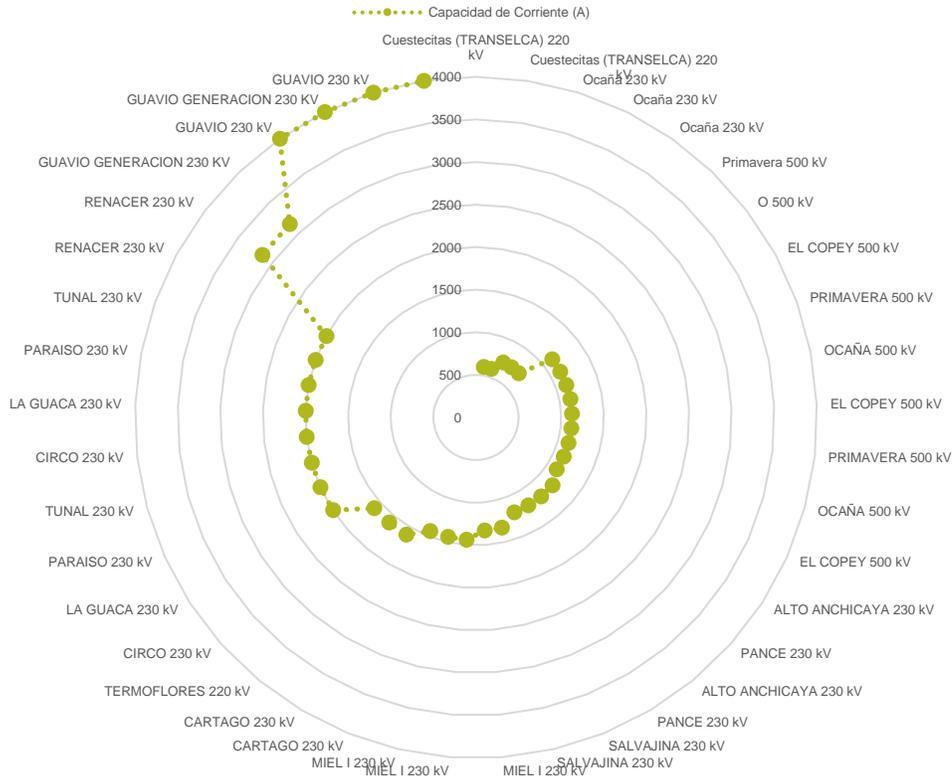


Figura 9-15. Capacidad de transporte líneas de transmisión SIN 2023. Niveles de voltaje 500 kV, 220 kV, 230 kV, 138 kV, 115 kV, 110 kV, 66 kV, 57.5 kV. Fuente (XM, 2023). Elaboración propia.

En el STR se tienen 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 110kV (XM,2023). El SIN cuenta con estaciones de transformación a tensiones de 500 kV, 230 kV y 220 kV. En 500 kV se cuenta con 9 subestaciones con capacidad de corriente nominal en cada una de 1125 amperios. Al nivel de tensión de 230 kV se cuenta con 38 subestaciones con capacidades de corriente entre alrededor de 2000 amperios y en algunos casos hasta 4000 amperios (ver figura 9-16.). Adicionalmente, el SIN incluye interconexiones internacionales con Ecuador y Venezuela. La interconexión con Ecuador se realiza en el departamento de Nariño. La interconexión con Ecuador cuenta con interconexiones a 230 kV con una capacidad de importaciones de 360 MW y una capacidad de exportaciones de 500 MW. 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 el departamento de la Guajira y la estación Cuatricentenario en Zulia, Venezuela y Entre la estación San Mateo en Colombia y la estación Corozo, en Venezuela. Las líneas de interconexión eléctrica con Venezuela se encuentran en estado no operativo. EL SIN es operado y administrado por XM – Compañía de Expertos en Mercados. Desde el Centro Nacional de Despacho (CND). EL CND se encarga de planear, programar, coordinar supervisar y controlar la operación diaria integrada de la generación y transmisión del SIN.

Figura 9-16.



Capacidad de corriente de bahías de acople de subestación SIN 2023. Niveles de voltaje 500 kV, 230 kV, 220 kV. Fuente (XM, 2023). Elaboración propia.

Junto con XM diferentes entidades del Gobierno nacional participaron en la gestión del SIN; entre ellas 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). A regulación del sistema la realiza la omisión 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 el 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 115 kV, 34.5 kV, 13.2 kV y 208 V. clasificados en cuatro grupos de tensión: El nivel de tensión 1 es menor a 1kV, el nivel de tensión 2, en el rango [1, 30] kV; nivel de tensión 3 en el rango [30 57,5] kV; nivel de tensión 4 entre [57.5, 220] kV. Los grupos de nivel 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, acciones para reestablecer servicio en caso de falla (Comisión de regulación de Energía y Gas [CREG], 2017).

## 9.6 Zonas no interconectadas

Las Zonas No Interconectadas (ZNI) son aquellos municipios o localidades en los cuales no se tiene una interconexión eléctrica con el SIN. Las ZNI del país alcanzan un 52 % del territorio. Para el año 2020, 16 Departamentos tenían ZNI. A continuación, se listan los departamentos: Amazonas, Bolívar, Choco, 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 una baja densidad demográfica de la zona que los conforma y dificultades técnicas, ambientales o sociales para su articulación al SIN. La densidad poblacional en estas zonas puede ser de 1 habitante por kilómetro cuadrado que contrasta con una densidad demográfica de 44 habitantes por kilómetro cuadrado en los territorios conectados al SIN. Debido a esto la viabilidad técnica y económica de proyectos de interconexión en estas zonas es limitado por tanto 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 son zonas con índices de necesidades básicas insatisfechas altos donde los usuarios no cuentan con recursos económicos para sostener el servicio. En las ZNI el servicio de electricidad se presta principalmente con la generación de energía mediante plantas diesel, paneles solares y pequeñas centrales hidroeléctricas (Superservicios, 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 total de usuarios del servicio de electricidad en zonas no interconectadas para el año 2022 es de 242238, con un 94.7% de usuarios pertenecientes al del sector residencial, 5.2 % pertenecientes al sector comercial y oficial 0.1 % pertenecientes al sector industrial. La variación de usuarios en el sector residencial es de 11.8 % en el año 2019, -4.9 % en el año 2020, -12 % en el año 2021. La demanda de electricidad ha venido disminuyendo considerablemente desde 2020 año en que se vivió la pandemia del COVID. El número de usuarios comerciales y oficiales se mantiene aproximadamente constante (ver Figura 9-19.). El número de usuarios de ZNI es significativamente bajo si se compara con los usuarios dl SIN

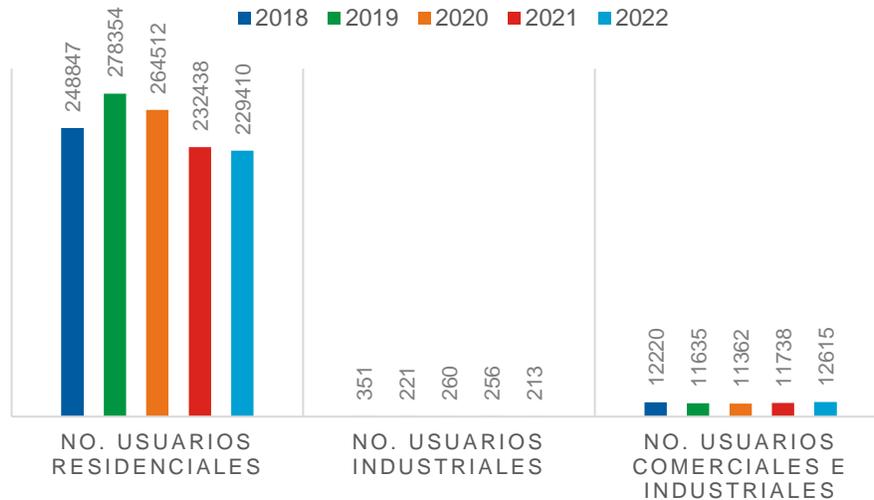


Figura 9-19. Número de usuarios total nacional del servicio de electricidad en ZNI por sectores para los años 2018-2022- Fuente: (Superservicios, 2023). Elaboración propia.

La demanda de electricidad en las ZNI 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 de energía facturada en el sector residencia se mantiene en un rango entre 212 y 225 GWh. Los valores de energía facturada anuales para el sector comercial y oficial presentan variaciones importantes para el año 2020 que es el año en que se experimentó el aislamiento debido a la pandemia del Coronavirus. Aun cuando el sector comercial y oficial es significativamente menor en número de usuarios con respecto al sector residencial, la energía facturada por el sector es bastante alta. Para el año 2022, del total de energía facturada en ZNI nacional fue de aproximadamente 398.27 GWh-año. De este total el 53.2 % fue energía facturada al sector residencial, el 45.6 % del sector comercial y oficial, y el 1.14 % del sector industrial. En la figura 9-20. Se observa la evolución de la energía facturada en zonas no interconectadas para los años 2018-2022. El sector industrial presenta un valor de facturación significativamente bajo en las ZNI, que no cambia en el tiempo.

La electricidad disponible en las ZNI se genera principalmente en todas las regiones del país con plantas diésel. El costo de generación por zona no se encuentra significativamente relacionado con el precio del galón de gasolina en centros de acopio. EL costo del kWh oscila en el rango entre los \$ 800 y \$ 1825. Con precios de la gasolina principalmente alrededor de \$ 6454 para el año 2022 (ver figura 9-21.). 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 (ver figura 9-22). Buenaventura es el centro de acopio de compra de combustible 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 de Antioquia se encuentra Pereira y Medellín, supliendo más de 190 puntos de generación con plantas diésel y en la región central se encuentra Tocancipá supliendo 9 puntos de generación de electricidad registrados en ZNI. Del consumo de combustibles y la ubicación geográfica se encuentra que un elevado porcentaje de áreas de ZNI se encuentra en la región del pacífico.

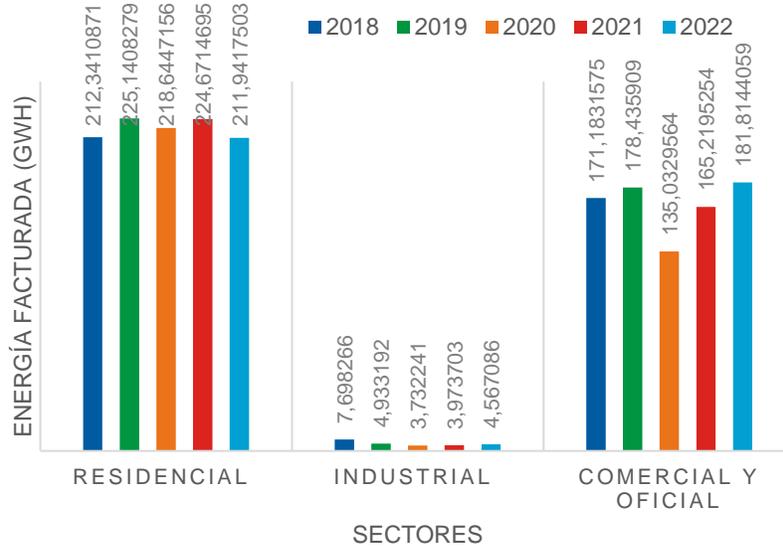


Figura 9-20. Total nacional de electricidad por sectores en ZNI para los años 2018-2022- Fuente: (Superservicios, 2023). Elaboración propia.

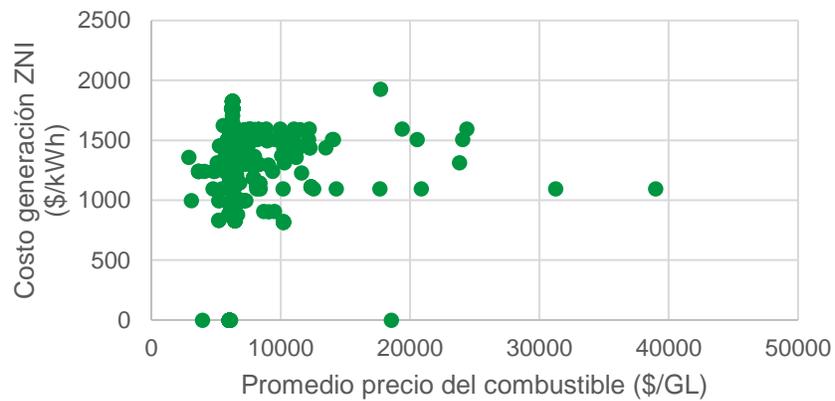


Figura 9-21. Comparación del promedio del precio del combustible con el costo de generación en ZNI a nivel nacional año 2022. Fuente: (Superservicios, 2022). Elaboración propia.

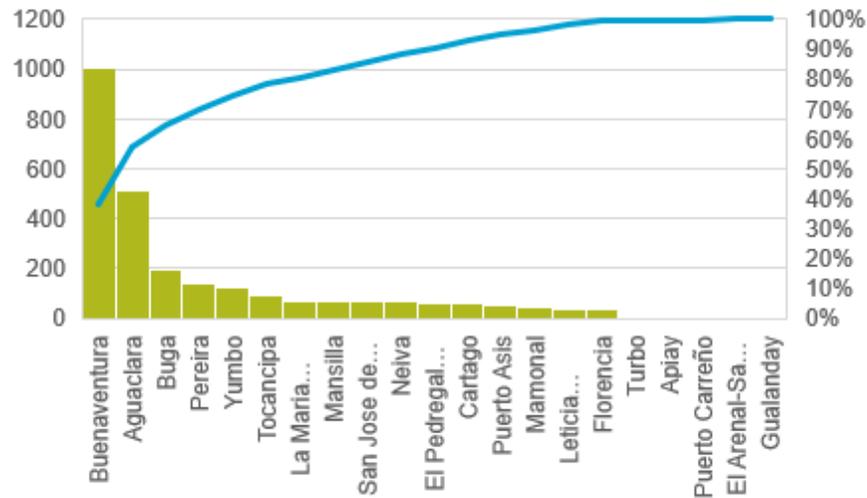


Figura 9-22. Diagrama de Pareto para la frecuencia de localización de centros de acopio de combustible para generación de electricidad en ZNI a nivel nacional. Fuente: Superservicios, 2023. Elaboración propia.

### 9.7 Reservas de combustibles fósiles

Las reservas de hidrocarburos en Colombia las estima la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH, 2023), la cual reportó las reservas probadas de 2.074 Mbl de petróleo y de 79,8 Gm<sup>3</sup> (2.817 Gpc) de gas natural. Las reservas probadas de petróleo se encuentran principalmente en el Departamento del 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 %, el 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 restantes Departamentos.

Por otro lado, 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 ubican en las zonas carboníferas de La Guajira y Cesar, seguido la de Boyacá con un 20 % y con un 12 % la de Cundinamarca (Servicio Geológico Colombiano, 2023).

En la Figura 9-5 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.

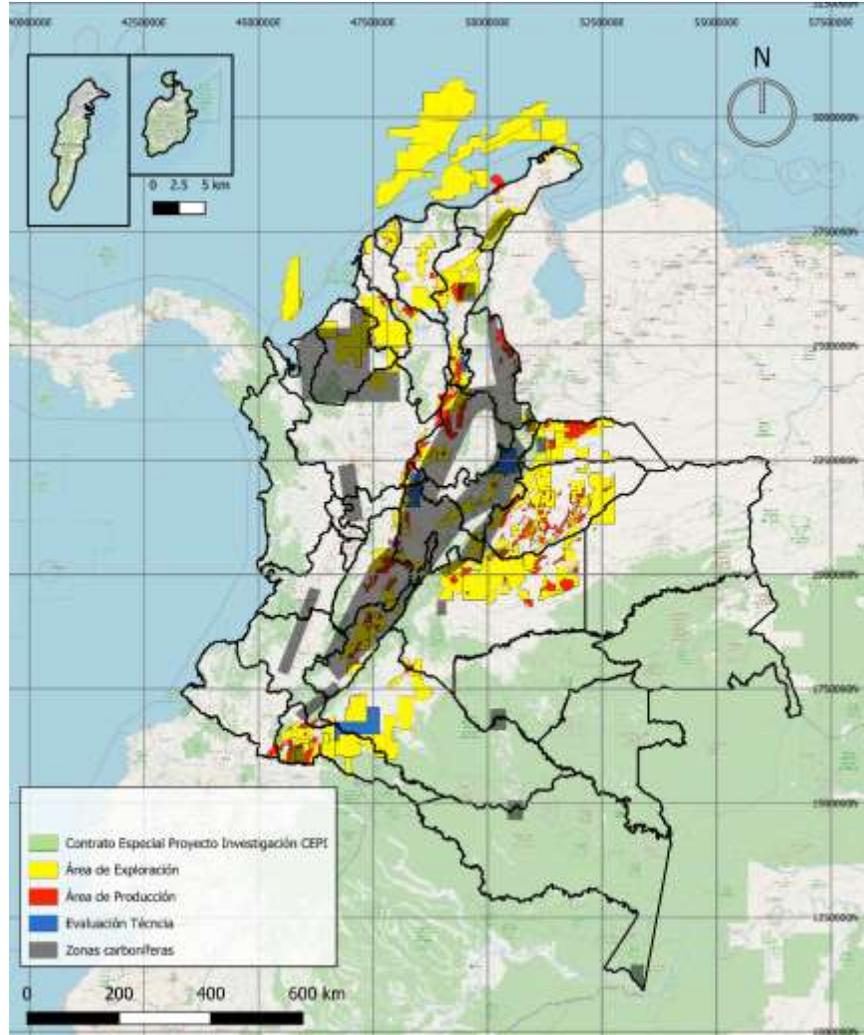


Figura 9-5: Mapa de áreas hidrocarburíferas y zonas carboníferas de Colombia. Fuente: (ANH, 2023; Servicio Geológico Colombiano, 2023), elaboración propia.

## 9.8 Potenciales de energías renovables

### 9.8.1 Energía solar fotovoltaica

Colombia cuenta con un diverso potencial solar a lo largo de su territorio. Este potencial observado en la Figura 9-6, expresado como la Irradiancia Global Horizontal promedio anual, tiene un máximo en el norte de la región Caribe entre 5,5 y 6 kWh/m<sup>2</sup> diario y valores mínimos entre 3 y 3,5 kWh/m<sup>2</sup> por día en la región Pacífica. De igual forma, Colombia cuenta con regiones con altos potenciales para aprovechamiento fotovoltaico, como resulta ser el Departamento de La Guajira, la región de la costa Caribe, la región de la Orinoquía y en la zona Andina, la región los valles del río Cauca y el río Magdalena.

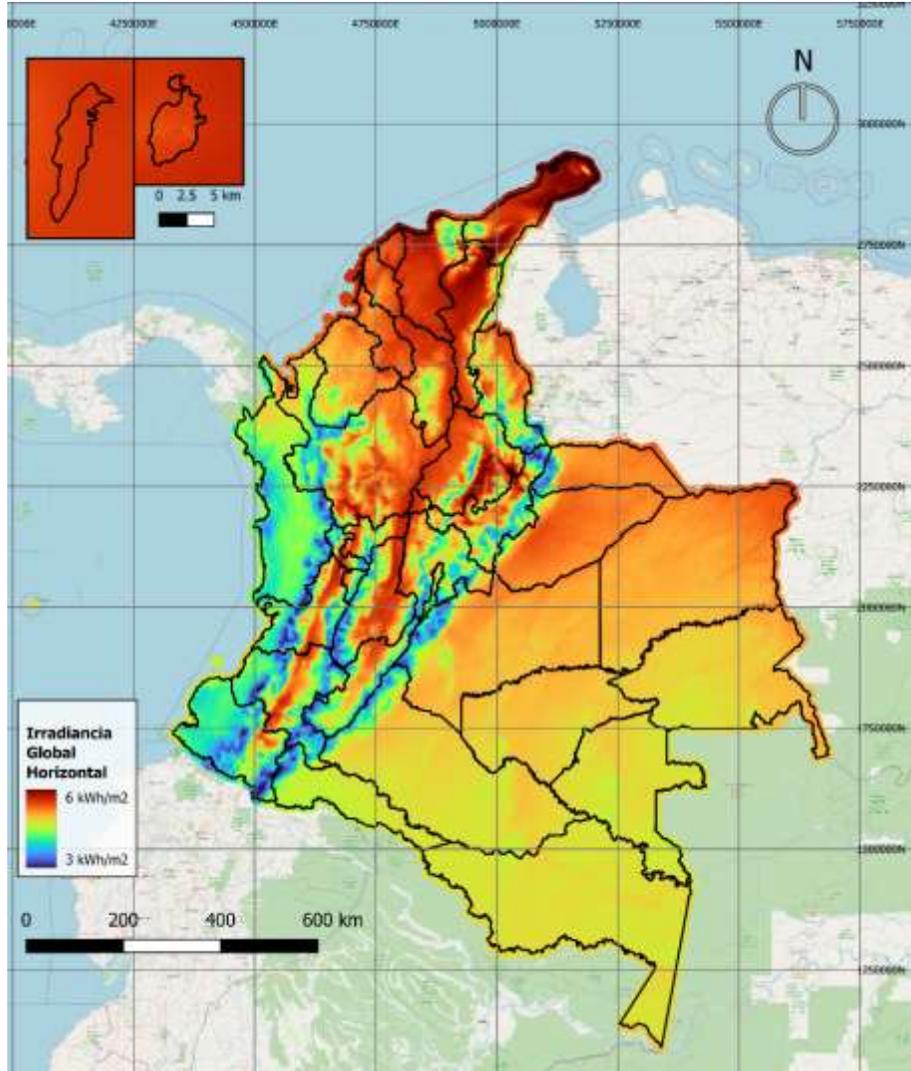


Figura 9-6: Mapa da la irradiancia global horizontal de Colombia.  
Fuente: (The World Bank, 2023), elaboración propia.

### 9.8.2 Energía eólica

Colombia cuenta con un buen potencial eólico principalmente ubicado en la península de La Guajira y de costa a fuera en el mar caribe, como se observa en el mapa de la densidad de potencia promedio en la Figura 9-7. También se resalta que dentro del 10 % de las áreas con mayores vientos en el territorio, cuentan con un promedio de velocidad de viento de 5,85 m/s con una densidad de potencia promedio de 259 W/m<sup>2</sup>. No obstante, se logran identificar ubicaciones específicas con óptimos potenciales eólicos en la región andina y en las Islas de San Andrés y Providencia para su aprovechamiento.

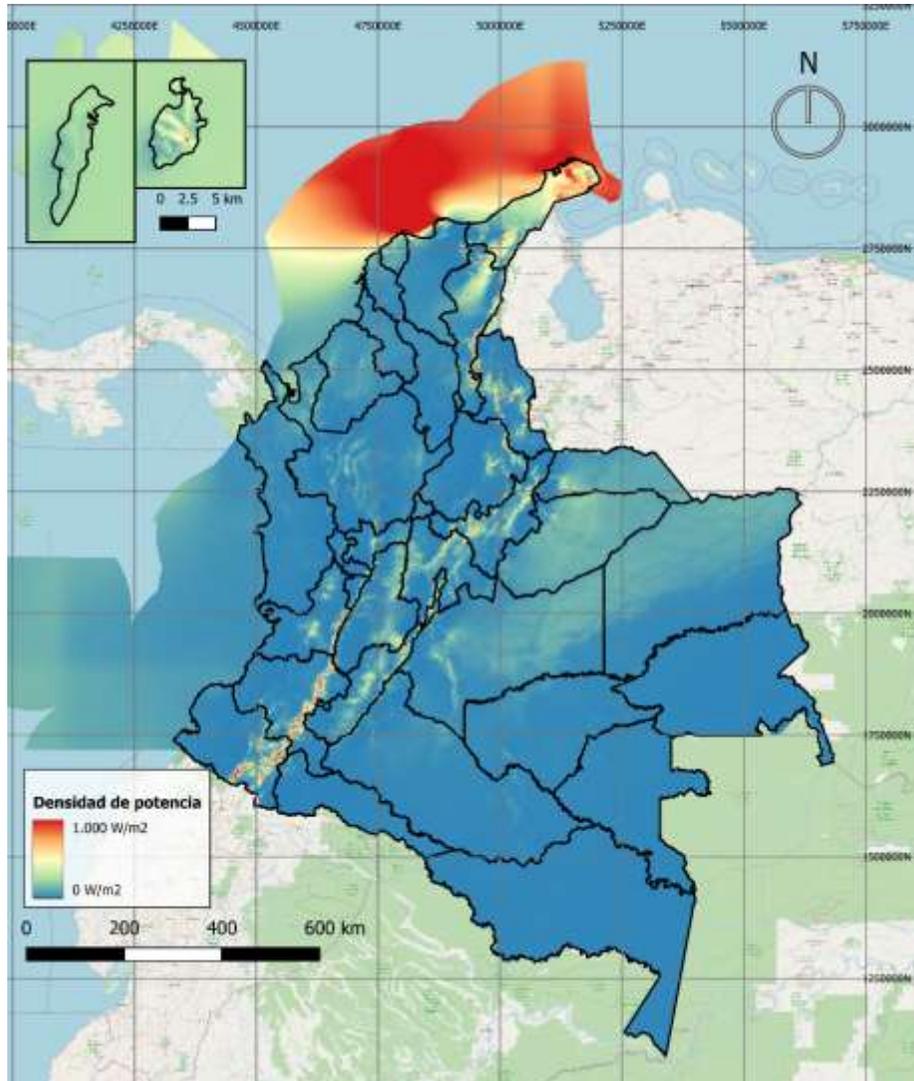


Figura 9-7: Mapa de densidad de potencia promedio de Colombia a 100 m de altura. Fuente: (The World Bank, 2023), elaboración propia.

### 9.8.3 Hidroenergía

Colombia por su relieve y condiciones climatológicas presenta condiciones óptimas para la generación hidroeléctrica en gran parte del territorio nacional. En la Figura 9-8 se muestra el mapa del potencial hidroenergético teórico del país, en el potencial de la red hidrográfica se encuentra distribuido en todo el territorio con excepción de la región Caribe.



Figura 9-8: Mapa del potencial energético de Colombia. Fuente: (UPME, 2015)

Adicionalmente, en la Tabla 9-1 se puede identificar el potencial hidroenergético por tipo de central de capacidad de potencia 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), de un total de 56,19 GW en todo el territorio de Colombia.

Tabla 9-1: Potencial hidroenergético acumulado por tipo de central y área hidrográfica. Fuente: (UPME, 2015)

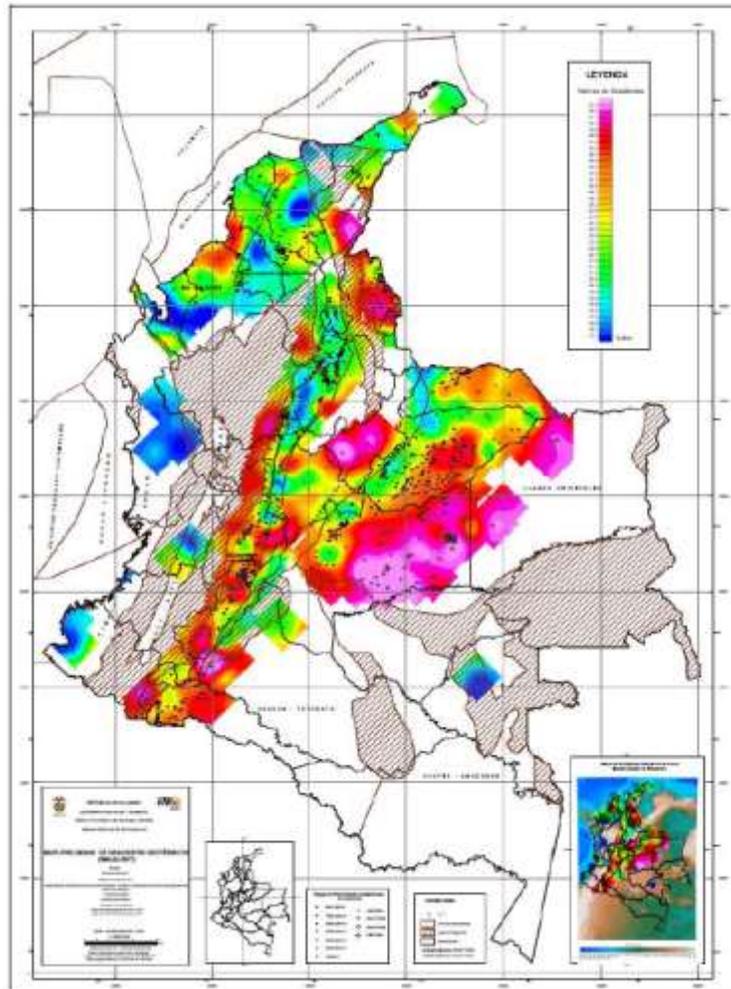
Potencial por tipo de central [kW]

Área hidrográfica	Pico	Micro	Mini	Pequeñas	Grandes	
					Entre 20 y 40 MW	Mayores a 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
<b>Total por tipo de central</b>	<b>1.533</b>	<b>15.209</b>	<b>143.132</b>	<b>4.785.606</b>	<b>8.113.222</b>	<b>43.129.063</b>

#### 9.8.4 Geotérmica

La energía geotérmica es energía térmica formada por flujos constantes de calor desde el núcleo de la tierra hacia la superficie terrestre, generado por procesos naturales o artificiales de acumulación y calentamiento del subsuelo. El potencial por territorio para la energía geotérmica se puede medir por el gradiente geotérmico que es el aumento de temperatura terrestre en relación con la profundidad, sus unidades son 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.

En la Figura 9-9 se presenta el mapa de potencial geotérmico para Colombia. El mapa presenta varias anomalías positivas localizadas en las cuencas de Caguán-Putumayo, Cordillera Oriental, Catatumbo y los Llanos orientales. Anomalías negativas se observan en las cuencas sedimentarias de La Guajira, Sinú – San Jacinto, valle inferior del Magdalena, Urabá, Chocó y Tumaco. Las zonas rosas y rojas presentan el mayor gradiente geotérmico mientras que las zonas azules y verdes presentan el menor gradiente geotérmico.



*Figura 9-9: Mapa del potencial geotérmico de Colombia. Fuente: (ANH, 2009)*

#### 9.8.5 Biomasa residual

La biomasa residual del país posee características que la convierten en una fuente de energía muy atractiva. Los residuos procedentes de diversas actividades, como la agricultura, la ganadería, la silvicultura y los residuos sólidos urbanos, tienen potencial para ser transformados en energía renovable. Es posible estimar el potencial energético teniendo en cuenta las posibles restricciones en su aprovechamiento. Así, es posible distinguir entre el potencial teórico, que se refiere a la energía física teóricamente utilizable y el potencial técnico, que forma parte del potencial teórico pero tiene en cuenta las restricciones de uso y acceso a la biomasa (Batidzirai et al., 2012; Buritica et al., 2020).

En el sector de la producción agrícola, los potenciales se calculan teniendo en cuenta los principales cultivos del país, que generan alrededor de 99 millones de toneladas de residuos al 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 9-2 proporciona detalles sobre el potencial energético de los residuos de los principales cultivos en el país, donde se destaca el cultivo de caña de azúcar como el de mayor potencial energético con unos valores de 150,3 PJ/año para el potencial teórico y 15,3 PJ/año para el potencial técnico.

Tabla 9-2: Potencial energético de la biomasa residual 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: a: (UPRA, 2022). Elaboración propia.

En el ámbito de la producción pecuaria, se consideran las principales especies criadas en el país, que producen alrededor de 255 millones de toneladas de estiércol al año. Este volumen representa un potencial energético teórico de 980,1 PJ/año. Sin embargo, si se tiene en cuenta la disponibilidad real, el potencial energético técnico disminuye a 462,4 PJ/año. Los detalles sobre el potencial energético de los residuos de estos animales se presentan en la Tabla 9-3. 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.

Tabla 9-3: Potencial energético teórico y técnico de la biomasa residual de la producción pecuaria del país.

Especie	Cantidad de cabezas [millones de animales] <sup>a</sup>	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

Especie	Cantidad de cabezas[millones de animales] <sup>a</sup>	Total residuos [kt/año]	Potencial teórico [PJ/año]	Potencial técnico (PJ/año)
Búfalos	0,4	4.853,0	18,9	9,5

Fuente: a: (UPRA & ICA, 2022). Elaboración propia.

Considerando las principales especies forestales sembradas en el territorio, que producen aproximadamente 3,0 millones de toneladas de residuos al año, incluyendo pulpa, aserrín y residuos de bosque, se estima un potencial energético teórico de 57,7 PJ/año y teniendo en cuenta un factor de disponibilidad de 0,5, se determina 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, teniendo en cuenta la población estimada del país para el año 2023, que es de 52,2 millones 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 alcanza los 12 millones de toneladas anuales. 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.

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, como 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 9-10 muestra la contribución de cada sector a la generación de residuos, al potencial energético teórico total y al potencial técnico total. Es importante destacar que 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.

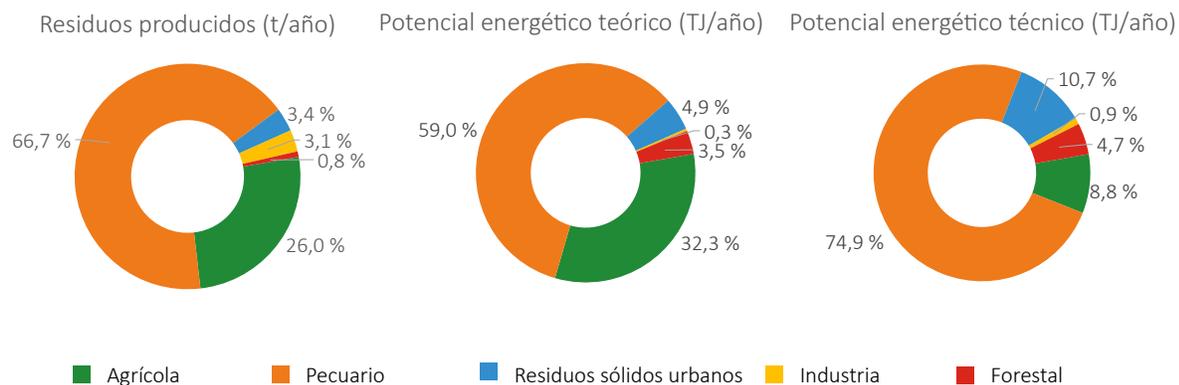


Figura 9-10: Aporte de cada sector al potencial técnico de la biomasa. Elaboración propia

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 podrían adoptar las empresas de producción de alimentos, bebidas y tabaco para crear una economía circular.

Sin embargo, 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 evitaría la deforestación y el cambio de uso de suelos para obtener materias primas para biocombustibles (OECD, 2022).

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 lo tanto, es fundamental promover prácticas agropecuarias que logren un equilibrio adecuado entre la producción agropecuaria y la generación de energía renovable. De este modo, se optimizará 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 podría 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 para energías no convencionales y la inseguridad por grupos armados en áreas rurales, que disuade la inversión (Sagastume Gutiérrez et al., 2020).

De igual forma, 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, pues 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).

## 9.9 Síntesis

Colombia cuenta con una diversidad abundante de recursos energéticos, tanto renovables como fósiles. La planificación estratégica y la inversión en tecnologías sostenibles son cruciales para optimizar el aprovechamiento de estos recursos y avanzar hacia una matriz energética más limpia y sostenible. Además, la gestión eficiente de los residuos y la promoción de tecnologías avanzadas son elementos clave para utilizar de manera sostenible el potencial de la biomasa residual y contribuir a una economía circular.

El análisis del panorama eléctrico abarca tanto el Sistema Interconectado Nacional (SIN) como las Zonas No Interconectadas (ZNI). En el SIN, se destaca la compleja red de generadores, transmisores, distribuidores y comercializadores que aseguran el suministro eléctrico en todo el país. Por otro lado, las ZNI, que comprenden el 52% del territorio, presentan desafíos únicos debido a su baja densidad demográfica y a dificultades técnicas, sociales y ambientales. Se enfatiza la importancia de emplear fuentes no convencionales de energía renovable en estas zonas. El mercado minorista, la demanda y tarifas de electricidad, eficiencia energética, sostenibilidad, retos y perspectivas futuras, proporcionan una visión integral de la infraestructura eléctrica en el país.

## 10 Conclusiones

Colombia presenta una población diversa y en crecimiento, con avances notables en la reducción de la pobreza multidimensional y monetaria. Sin embargo, persisten importantes desafíos en términos de desigualdad y vulnerabilidad, reflejados en indicadores como el coeficiente de Gini y las disparidades entre regiones. A pesar de los avances en la mejora de las condiciones de vida, el impacto de la pandemia evidenció la fragilidad de ciertos sectores y la necesidad de políticas más inclusivas que promuevan la equidad y el bienestar, especialmente en áreas rurales y entre poblaciones vulnerables. Consolidar los logros sociales alcanzados requiere un enfoque integral que combine el crecimiento económico con estrategias efectivas de redistribución.

En términos económicos, Colombia ha experimentado transformaciones significativas desde la década de 1980, con una marcada desindustrialización y el auge de los sectores de servicios, particularmente el comercio. Aunque la explotación de recursos naturales y el comercio exterior han dinamizado la economía, esta continúa siendo vulnerable a las fluctuaciones internacionales en los precios de productos básicos. Problemas estructurales como el desempleo, la informalidad y una base tributaria débil limitan el desarrollo económico sostenible. Sin embargo, las inversiones en energías limpias y la transición hacia una economía más diversificada representan oportunidades cruciales para fortalecer la resiliencia económica, reducir la dependencia de los recursos naturales y fomentar el crecimiento sostenible.

El sector de hidrocarburos enfrenta múltiples conflictos sociales derivados de su cadena de valor, que abarcan disputas territoriales, tensiones ambientales y conflictos laborales. Según Duarte Torres et al. (2021), abordar estos desafíos requiere un enfoque centrado en la planificación territorial, la participación ciudadana y la responsabilidad empresarial. La implementación de políticas públicas que fomenten la transparencia, el respeto por los derechos colectivos y la cooperación entre actores es esencial para mitigar las tensiones y garantizar una transición energética justa y sostenible, beneficiando tanto a las comunidades como al entorno.

En el ámbito de la ciencia, tecnología e innovación (CTel), los proyectos respaldados por el Sistema General de Regalías (SGR) han impulsado avances significativos en sectores estratégicos como minas y energía. La inversión creciente en investigación y desarrollo (I+D), apoyada por el sector privado y fuentes internacionales, ha fortalecido las capacidades nacionales, aumentando la formación de doctores y mejorando las perspectivas de desarrollo sostenible. Estos logros posicionan a Colombia como un país con potencial para liderar iniciativas de innovación que integren sostenibilidad y crecimiento económico.

El ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad enfrenta desafíos complejos debido a la diversidad geográfica, climática y socioeconómica del país. Factores como la distribución desigual de recursos hídricos, el uso inadecuado del suelo y las limitaciones en la actualización de los planes de ordenamiento territorial afectan el desarrollo integral. La transformación de ecosistemas, el impacto de la minería y los cultivos ilícitos, así como las amenazas climáticas, subrayan la urgencia de implementar políticas integrales que promuevan la conservación ambiental y la equidad territorial. Garantizar la sostenibilidad implica priorizar las áreas potencialmente vulnerables y fomentar prácticas de desarrollo que respeten los principios de equilibrio ambiental y justicia social.

La biodiversidad de Colombia, resultado de su ubicación geográfica y condiciones climáticas únicas, es uno de sus mayores activos naturales. Ecosistemas estratégicos como manglares, glaciares y bosques tropicales desempeñan un papel fundamental en la regulación hídrica y la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, el cambio climático, la expansión urbana y las presiones económicas amenazan la integridad de estos ecosistemas. Proteger y restaurar estas áreas es esencial para garantizar la seguridad hídrica y ambiental a largo plazo, especialmente en regiones altamente vulnerables. El compromiso con la gestión sostenible de estos recursos naturales es clave para asegurar un desarrollo equilibrado y resiliente.

En el sector agrícola, reducir las brechas regionales y potenciar la producción sostenible son objetivos prioritarios para garantizar la seguridad alimentaria y el desarrollo económico. Invertir en el desarrollo rural integral, mejorar las condiciones para los agricultores y promover prácticas agropecuarias sostenibles permitirán aprovechar el potencial agrícola del país, fomentando un crecimiento equitativo y sostenible en todas las regiones. Estas iniciativas deben estar respaldadas por estrategias basadas en el conocimiento detallado de las características específicas de cada territorio.

Colombia enfrenta un panorama energético diverso, caracterizado por la coexistencia de abundantes recursos fósiles, un alto potencial en energías renovables y desafíos significativos en términos de eficiencia y acceso universal. Si bien los combustibles fósiles y la capacidad hidroeléctrica dominan la matriz energética actual, los avances en proyectos de energía solar, eólica y biomasa reflejan un compromiso con la transición hacia fuentes más limpias. No obstante, superar barreras en las Zonas No Interconectadas, optimizar la eficiencia energética en sectores clave y fomentar prácticas sostenibles en el sector agropecuario son acciones fundamentales para construir un futuro energético sostenible y competitivo. Además, fortalecer la infraestructura energética, garantizar el acceso equitativo y promover la innovación tecnológica en el sector energético son pasos necesarios para satisfacer la demanda futura y asegurar un desarrollo inclusivo en todo el territorio.

## 11 Bibliografía

### 11.1 Condiciones socioeconómicas

- CEPAL, C. E. (2022). *Panorama Social de América Latina y el Caribe 2022*. Santiago.
- DANE. (2021). *Proyecciones demográficas. Serie Nacional 1950- 2070*. Bogotá, D.C.
- DANE. (2022). *Pobreza monetaria y grupos de ingreso en Colombia Resultados 2021*. Bogotá.
- DANE. (2023). *Estadísticas Vitales. Nacimientos y defunciones*. Bogotá, D.C.
- DANE. (2023a). Indicadores de pobreza monetaria y desigualdad.
- Weikert, F. (2021). *Infraestructura resiliente: un imperativo para el desarrollo sostenible*. Santiago: CEPAL.

### 11.2 Economía, infraestructura y empleo

- CEPAL. (2023). *Estadísticas tributarias en 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.
- DANE. (2019). *Indicadores históricos de competitividad en Mercado Laboral*. Bogotá, D.C.
- DANE. (2023). Producto interno bruto PIB.
- DANE. (2023a). Balanza comercial.
- DANE. (2023b). Exportaciones.
- DANE (2023c). Importaciones.
- DANE. (2023d). Gran Encuesta Integrada de Hogares.
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2023). *Marco Fiscal de Mediano Plazo 2023*. Bogotá, D.C.
- Rodrik, D. (2015). Premature Industrialisation. *National Bureau of Economic Research*.
- Weikert, F. (2021). *Infraestructura resiliente: un imperativo para el desarrollo sostenible*. Santiago: CEPAL.

### 11.3 Desafíos y tensiones sociales

- 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 Gonzáles, N. (2021). *Diagnóstico de la conflictividad social en el sector de hidrocarburos y análisis de actores*. Instituto de Estudios Interculturales. Pontificia Universidad Javeriana - Cali.

### 11.4 Ciencia, Tecnología e Innovación

- Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2023). Inversión en actividades de Ciencia Tecnología e Innovación. <https://inversion.ocyt.org.co/>

### 11.5 Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad

- IDEAM. (2023). *Estudio Nacional del Agua*.
- IDEAM. (2017). *Mapa de ecosistemas continentales, marinos y costeros de Colombia*.
- IDEAM. (2018). *Mapa de cobertura de la tierra Periodo 2018*.

IDEAM. (2013). *ZONIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS E HIDROGEOLÓGICAS DE COLOMBIA*.  
 Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2022). *INFORME NACIONAL DE COBERTURAS DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO y ASEO - 2021*. Superintendencia de Servicios Públicos Domésticos.

## 11.6 Sistemas agroalimentarios

- Alfonso, K. (2017). Cinco departamentos concentran 41,8% de la maquinaria agrícola. *LaRepublica*.
- 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*.
- 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](http://www.andi.com.co/Home/Camara/16-industria-de-alimentos)
- Colombia productiva. (2020). *Alimentos procesados: una oportunidad de crecimiento*.
- CONTEXTOGANADERO. (2023, March 1). *5 bondades del pasto estrella*.
- DANE. (2020). *Encuesta Nacional Agropecuaria - ENA*.
- DANE. (2022). *Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2022*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2022>
- DANE. (2023). *Geovisor Directorio de Empresas 2023*. <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/economia/directorio-estadistico-de-empresas/>
- Departamento Nacional de Planeación. (2023). *Plan Nacional de Desarrollo*.
- Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales, & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). *Cadena de Flores, Follajes y Ornamentales*.
- Dirección Nacional de Planeación. (2016). *Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia*. [www.dnp.gov.co](http://www.dnp.gov.co)
- Distritos de Riego activos*. (2023). <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Distritos-de-Riego-activos/rtxu-twjm/data>
- Duarte, L. O., García, E., Tejada, K., Cuello, F., Gil-Manrique, B., De León, G., Curiel, J., Cuerdo, C., Vargas, O., Isaza, E., Manjarrés- Martínez, L., & Reyes-Ardila, H. (2022). Estadísticas de desembarco y esfuerzo de las pesquerías artesanales de Colombia 2022. In *SEPEC* (Issue Año).
- 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, Unión Europea, & Cirad. (2022). *Perfil de sistemas alimentarios - Colombia*. <https://doi.org/10.4060/cc2298es>
- FAOSTAT. (2021). *Trades - Crops and livestock products*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL/visualize>
- IDEAM. (2022). Estudio nacional del agua. In *Ministerio de Medio Ambiente*.
- INVEMAR. (2023). *Caladeros de pesca*. <https://invemar.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=1d493d99a9a2459ca9a2bdc4b52e740>

- La República. (2021). El cacao especial colombiano puede tener tanto potencial como el café especial. *LaRepública*.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). *Boletín Estadístico Forestal - Septiembre 2022*.
- 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). Economía Porcícola. *Revista Porkcolombia*.
- Programa Mundial de Alimentos. (2023). *Evaluación de seguridad alimentaria para población Colombiana*.
- 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>
- UPRA. (2022). *Evaluaciones agropecuarias municipales - Base Agrícola 2019 - 2022*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. [https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva\\_2022.aspx](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 & Instituto Colombiano Agropecuario. [https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva\\_2022.aspx](https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva_2022.aspx)

### 11.7 Emisiones y planes de acción climática

- 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/ijeep.12733>

### 11.8 Sistema energético

- 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/ijeep.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>

- Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). (2023). Informe de recursos y reservas con corte diciembre de 2022, insumo para la Transición Energética Justa en Colombia. [https://www.anh.gov.co/documents/21617/Informe\\_de\\_Reservas\\_\\_y\\_Recursos\\_Contingentes\\_de\\_Hidrocarburos\\_2022\\_pfMyhzQ.pdf](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 ded 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
- Celsia. (2021). *Documento Sistema Interconectado Nacional*. <https://www.celsia.com/wp-content/uploads/2021/02/Documento-de-trabajo-sobre-el-Sistema-Interconectado-Nacional.pdf>
- Comisión de regulación de Energía y Gas, [CREG]. (2017). *Cartilla Distribución de Energía Eléctrica*. [https://www.ariae.org/sites/default/files/2017-05/distribucion\\_energ\\_electrica.pdf](https://www.ariae.org/sites/default/files/2017-05/distribucion_energ_electrica.pdf)
- Comisión de regulación de Energía y Gas, [CREG]. (2013). *Zonas No Interconectadas*. <https://creg.gov.co/publicaciones/7821/zonas-no-interconectadas/>
- 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>
- Mercados de derivados de commodities energéticos [Derivex]. (2023). *Informe ejecutivo mensual mercado eléctrico colombiano mayo 2023*. <https://www.derivex.com.co/resources/documentos/666.pdf>
- FAO. (2014). *Natural Resources Module - Agricultural Residues Component*. <https://www.fao.org/energy/bioenergy/bioenergy-and-food-security/assessment/befs-ra/natural-resources/en/>
- 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., & Tibocho 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.

- Khan, M. U., Ahmad, M., Sultan, M., Soho, I., Ghimire, P. C., Zahid, A., Sarwar, A., Farooq, M., Sajjad, U., Abdeshahian, P., & Yousaf, M. (2021). Biogas production potential from livestock manure in Pakistan. *Sustainability (Switzerland)*, 13(12), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su13126751>
- OECD. (2022). Energy sector trends and clean energy prospects. In *Enabling Conditions for Bioenergy Finance and Investment in Colombia, Green Finance, and Investment*. OECD Publishing.
- Organización latinoamericana de energía [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. <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>
- 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/>
- Rúa Bustamante, C. V. (2019). La producción caprina en Colombia. *Tierras Caprino*, 28, 55.
- 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>
- Sistema de Información de la Cadena de Distribución de Combustibles (SICOM). (2023) Boletín Estadístico. <https://www.sicom.gov.co/index.php/boletin-estadistico>
- Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO). (2023). Producción, regalías y comercio exterior. <https://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/Informacion-estadistica-minera.aspx>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [Superservicios]. (2021). *Zonas No interconectadas – ZNI Informe sectorial de la prestación del servicio de energía eléctrica 2021*. [https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/informe\\_sectorial\\_zni\\_2021%20%281%29.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/informe_sectorial_zni_2021%20%281%29.pdf)
- Unidad de Planeación Minero Energética [UPME] & Pontificia Universidad Javeriana [PUJ] (2015). *Atlas del Potencial Hidroenergético de Colombia 2015*. Unidad de Planeación Minero Energética UPME. [https://biblioteca.minenergia.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=6034&shelfbrowse\\_itemnumber=8141](https://biblioteca.minenergia.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=6034&shelfbrowse_itemnumber=8141)
- Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (2018a). *Metodología y resultados de la estimación del Índice de Cobertura de Energía Eléctrica ICEE-2018*. Bogotá. [https://www1.upme.gov.co/siel/PIEC/2019-23/2019/Anexo3\\_Metodologia\\_ICEE\\_2018\\_paraComentariosDic5.pdf](https://www1.upme.gov.co/siel/PIEC/2019-23/2019/Anexo3_Metodologia_ICEE_2018_paraComentariosDic5.pdf)
- Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (2018b). *Registro de proyectos de generación de energía eléctrica*. Gobierno Nacional, Ministerio de Minas y Energía. [Imprimir \(upme.gov.co\)](http://imprimir.upme.gov.co)

- Unidad de Planeación Minero Energética [UPME] (2021). *Informe de Balances de Energía 2006-2021*. Recuperado en Agosto 7, 2023 de <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/BECO.aspx>
- Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (2022). Balance energético colombiano. <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/BECO.aspx>
- Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (2023a, Julio). *Informe de registro de proyectos de generación semana 26 de 2023*. Recuperado en Agosto 8, 2023, de Inscripción de proyectos de generación: <https://www1.upme.gov.co/siel/Pages/Inscripcion-proyectos-generacion.aspx>.
- Unidad de Planeación Minero Energética [UPME] (2023b). Informe de avance proyectos de generación-Julio 2023. Subdirección de energía eléctrica – grupo de generación. Informe\_Avance\_proyectos\_Generacion\_Julio\_2023.pdf (upme.gov.co)
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2022). *Evaluaciones agropecuarias municipales - Base Agrícola 2019 - 2022*. [https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva\\_2022.aspx](https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva_2022.aspx)
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), & Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2022). *Evaluaciones agropecuarias municipales - Base pecuaria 2019-2022*. [https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva\\_2022.aspx](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-bitá-energía-limpia-para-el-vichada/>

## 12 Lista de siglas

ACOLGEN	Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica
ACSN	Autodefensas Conquistadores de la Sierra Nevada
ACTI	Actividades Científicas, Tecnológicas y de Innovación
ACPM	Aceite Combustible Para Motores
ADR	Agencia de Desarrollo Rural
AGC	Autodefensas Gaitanistas de Colombia
ANM	Agencia Nacional de Minería
ANDI	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia
ANH	Agencia Nacional de Hidrocarburos
ANLA	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
ANT	Agencia Nacional de Tierras
CIDH	Comisión Interamericana de Derechos Humanos
CINEP	Centro de Investigación y Educación Popular
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
ECV	Encuesta nacional de Calidad de Vida
ELN	Ejército de Liberación Nacional
ENA	Encuesta Nacional Agropecuaria
ENA	Estudio Nacional del Agua
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations(Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
FARC-EP	Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia - Ejército del Pueblo
FIP	Fundación Ideas para la Paz
FNCER	Fuentes No Convencionales de Energía Renovable
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GHI	Global Horizontal Irradiance (Irradiancia Global Horizontal)
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
ICEE	Índice de Cobertura de Energía Eléctrica
IDEAM	Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi

INVEMAR	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático)
IPSE	Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MinAmbiente	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MinCiencias	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación
MINCIT	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
MinEducación	Ministerio de Educación Nacional
MinEnergía	Ministerio de Minas y Energía
MinHacienda	Ministerio de Hacienda y Crédito público
NBI	Necesidades Básicas Insatisfechas
NDC	Nationally Determined Contributions (Contribuciones Determinadas a nivel Nacional)
OCA	Observatorio de Conflictos Ambientales
OEA	Organización de los Estados Americanos
OIT	Organización Internacional del Trabajo
ONG	Organización No Gubernamental
PARES	Fundación Paz y Reconciliación
PBOT	Plan Básico de Ordenamiento Territorial
PDET	Programas de Desarrollo de Enfoque Territorial
PIB	Producto Interno Bruto
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNN	Parques Nacionales Naturales de Colombia
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
REDESCA	Relatoría Especial sobre los Derechos Económicos, Sociales, Culturales y Ambientales
RUNAP	Registro Único Nacional de Áreas Protegidas
SER Colombia	Asociación de Energías Renovables Colombia
SEPEC	Sistema del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano
SGC	Servicio Geológico Colombiano

SIN	Sistema Interconectado Nacional
SIPRA	Sistema de Información para la Planificación Rural Agropecuaria
SIPSA	Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario
SSPD	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
STAR	Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales
SZH	Subzonas Hidrográficas
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
UNGRD	Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética
UPRA	Unidad de Planeación Rural Agropecuaria
ZH	Zonas Hidrográficas
ZNI	Zonas No Interconectadas
ZPI	Zonas Potencialmente Inundables

## 13 Anexos

### 13.1 Anexo A: Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad

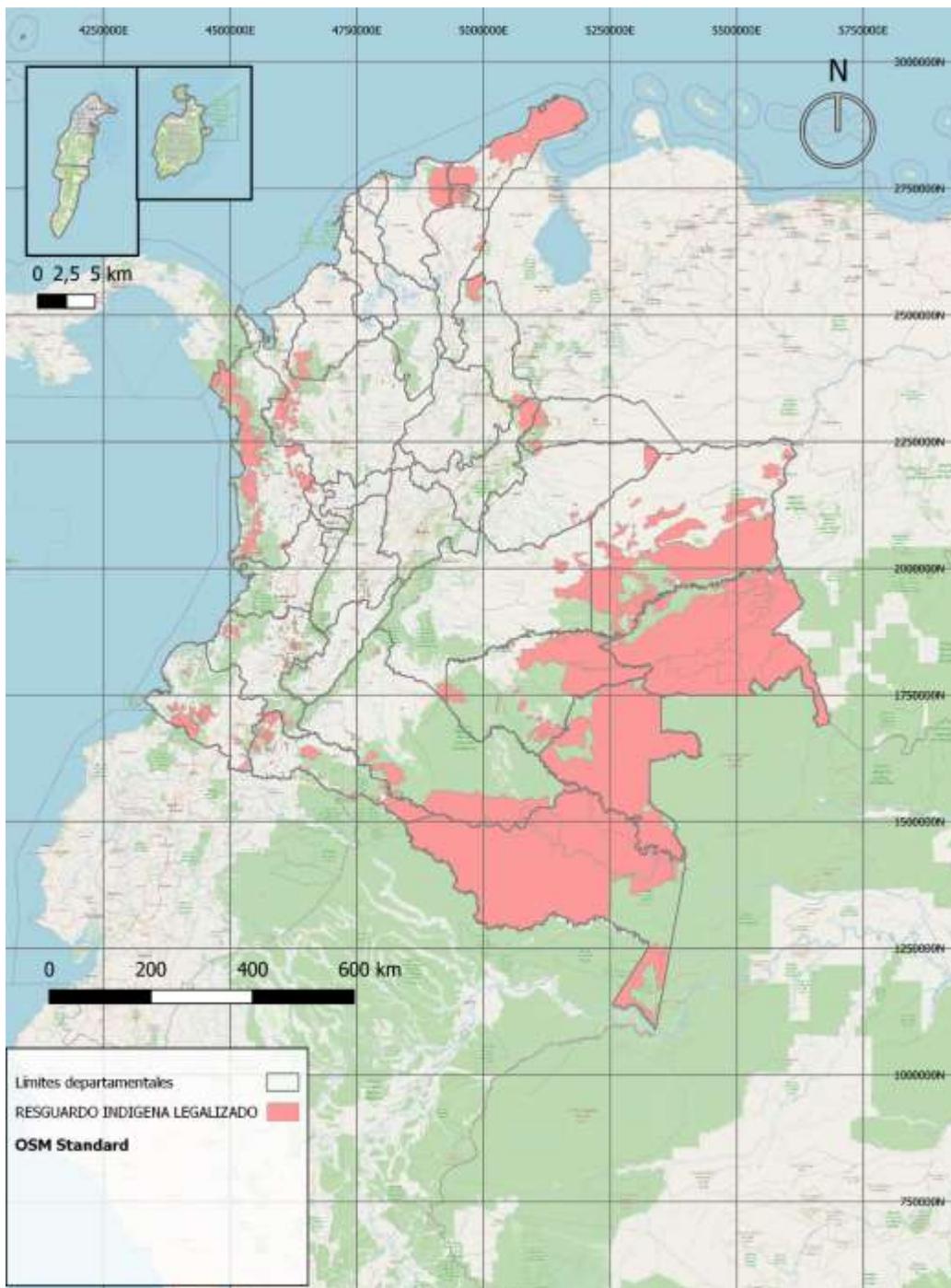


Figura 13-1. Resguardos Indígenas legalizados. Fuente: Igac. Elaboración propia.

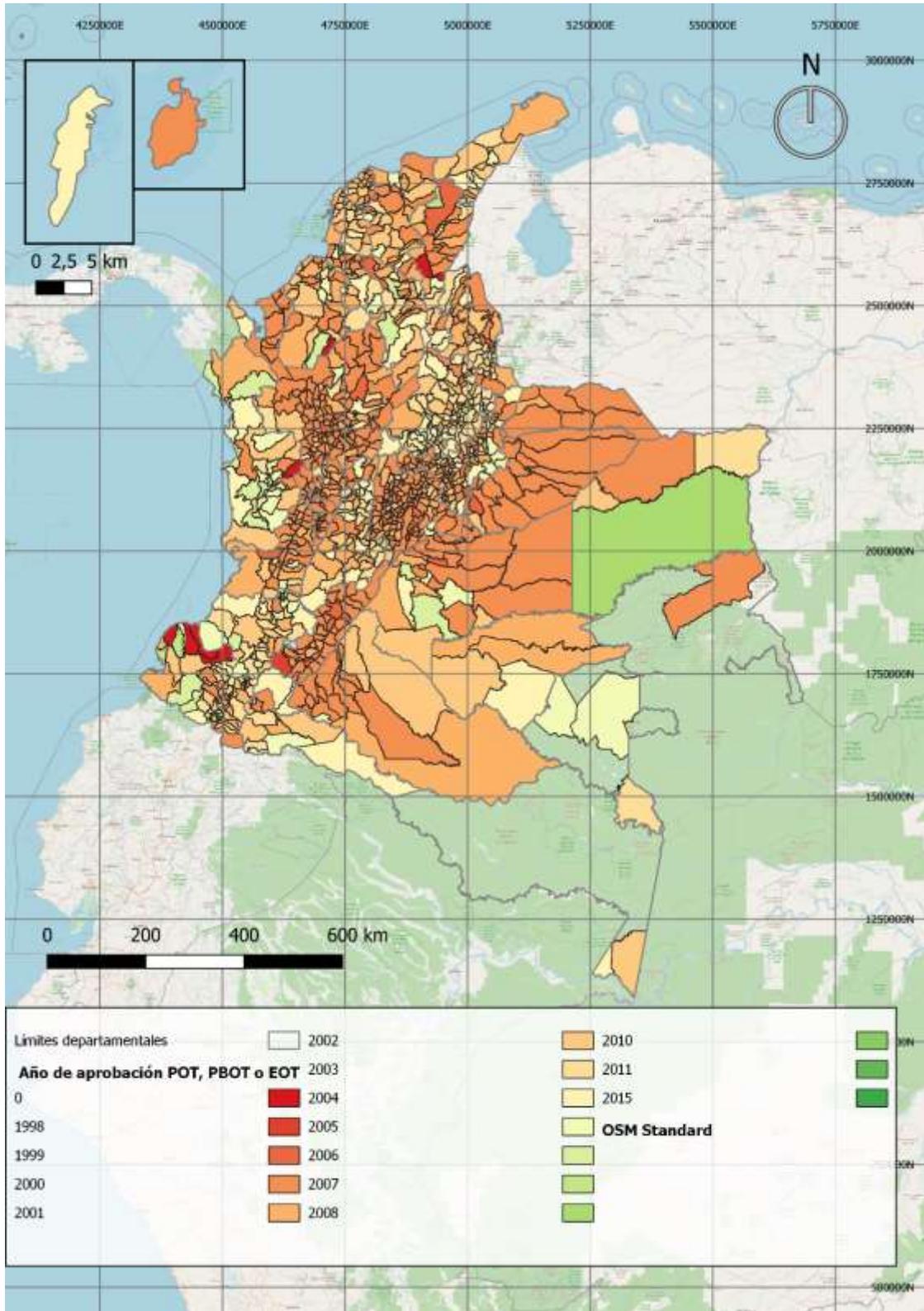


Figura 13-2. Año de aprobación del POT, PBOT o EOT. Fuente: Igac. Elaboración propia

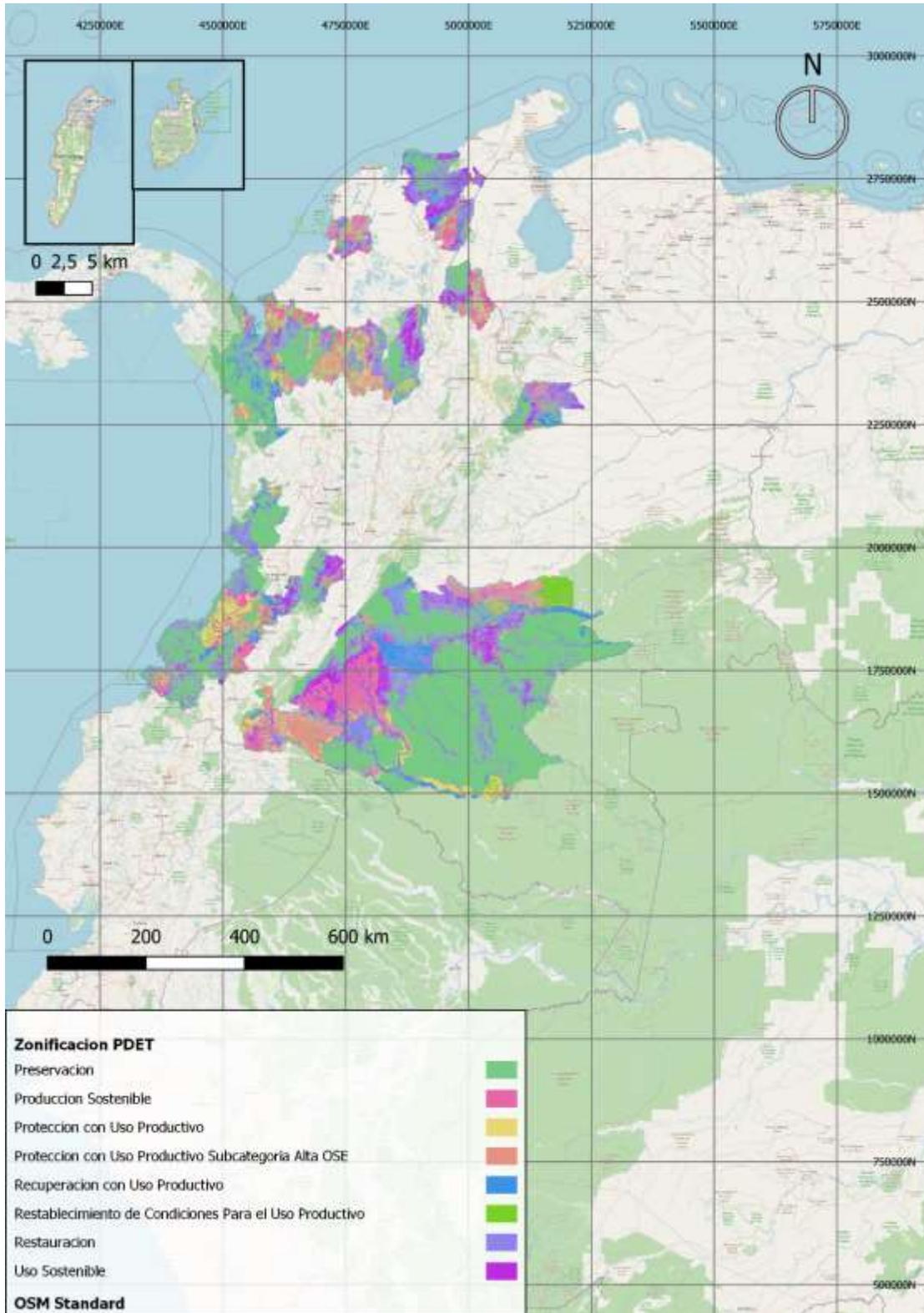


Figura 13-3. Zonificación PDET. Fuente: Igac. Elaboración propia

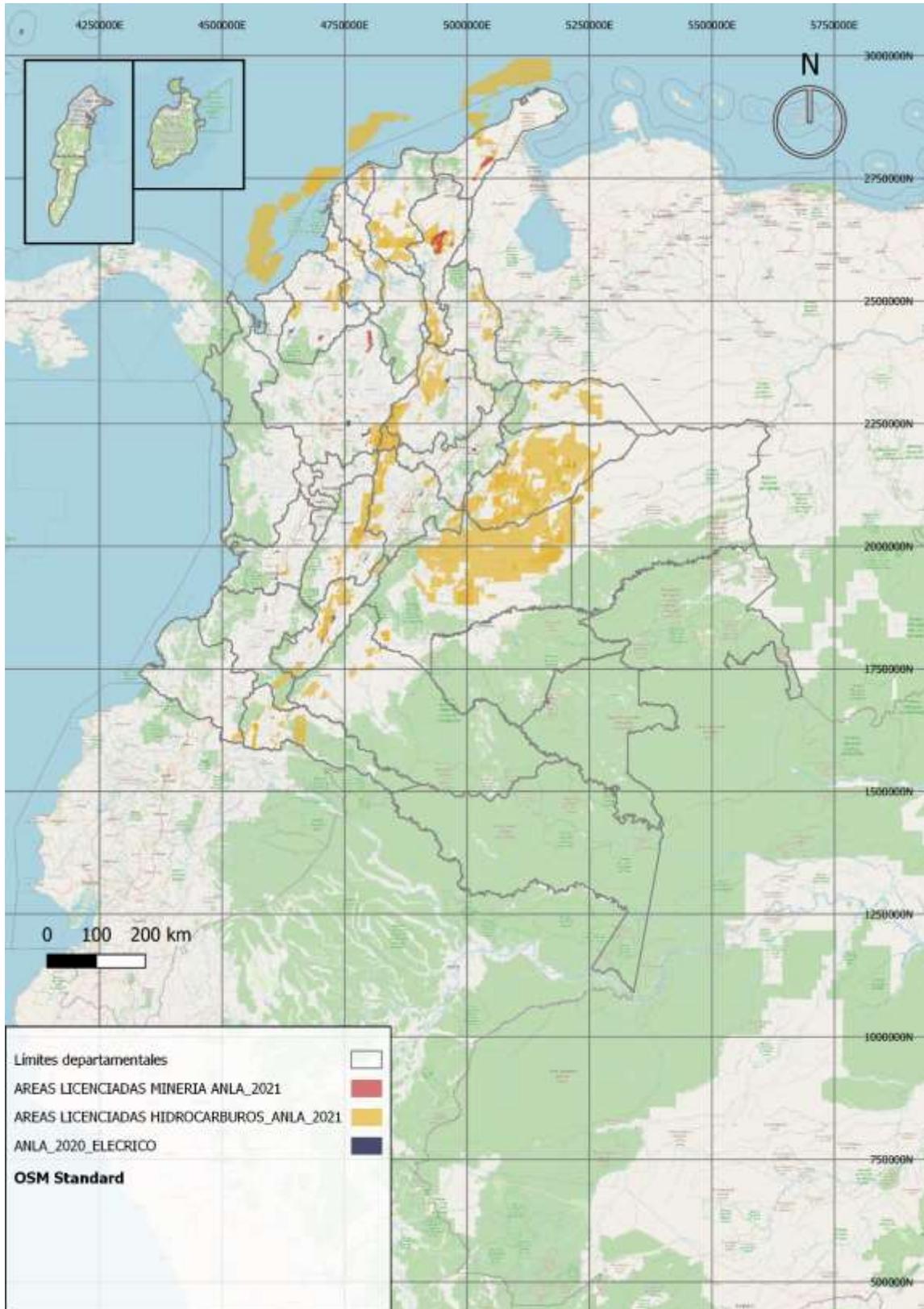


Figura 13-4. Áreas licenciadas en minería, hidrocarburos y electricidad. Fuente: UPME. Elaboración propia

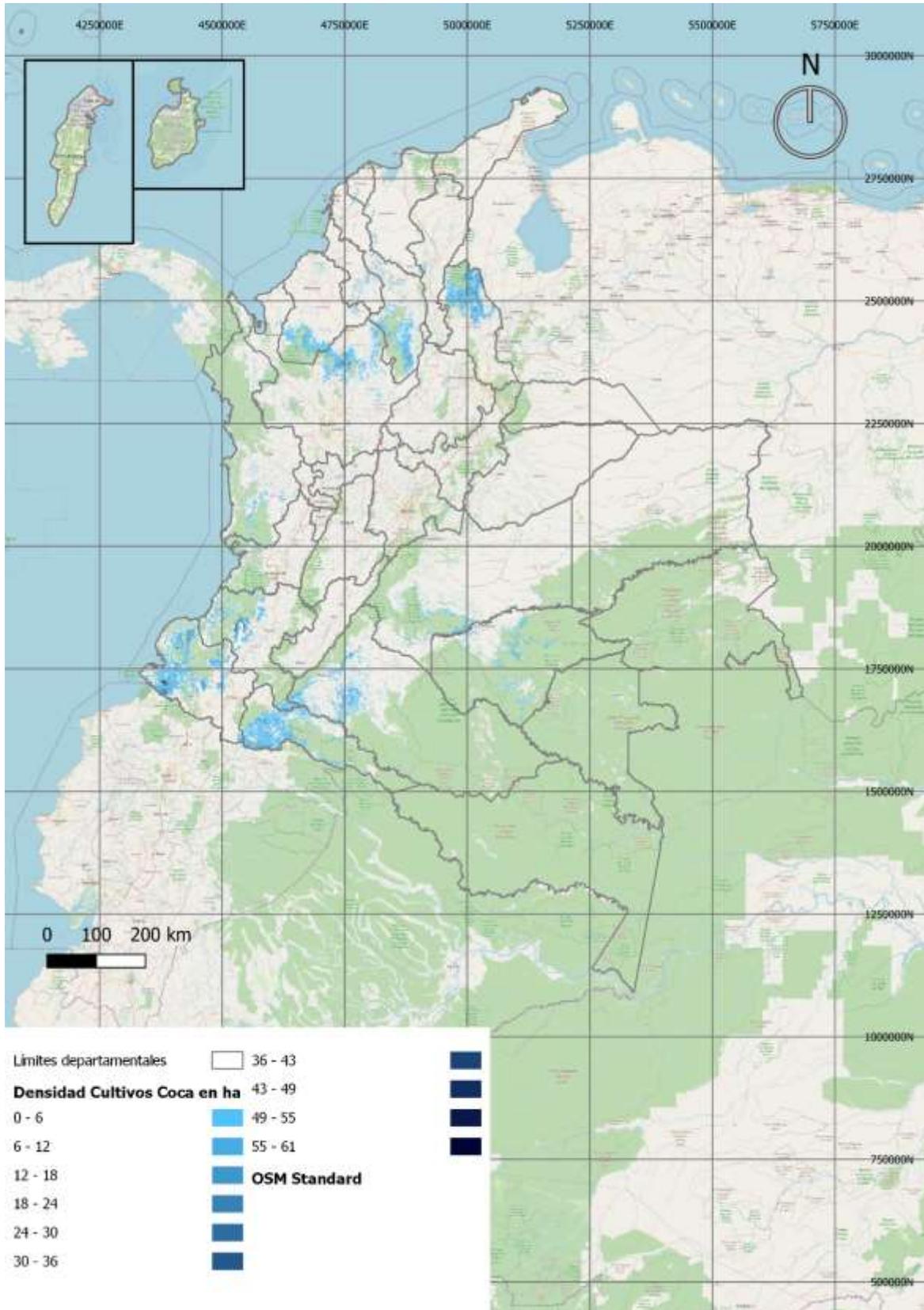


Figura 13-5. Densidad de cultivos de coca en el país. Fuente: ideam. Elaboración propia

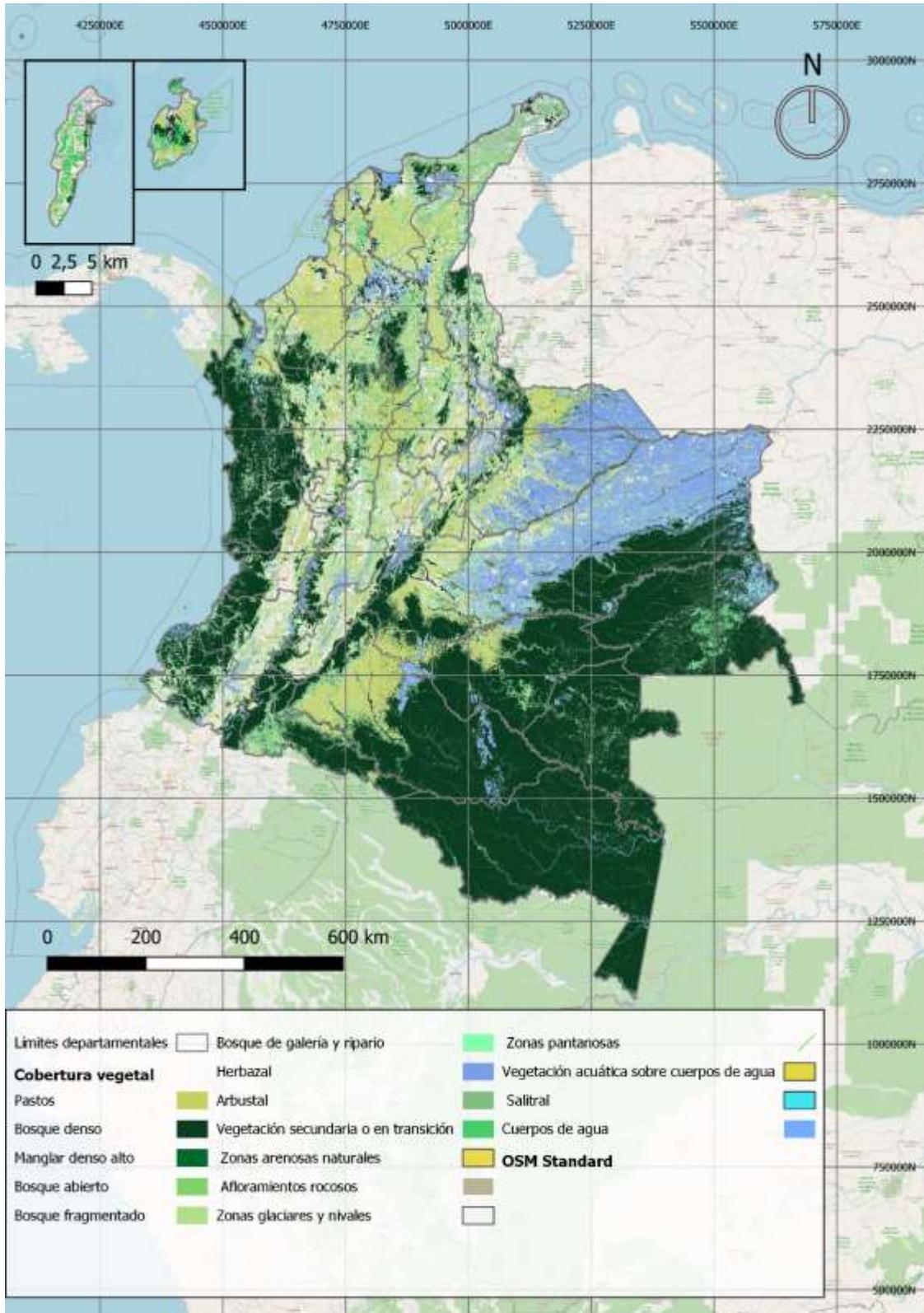


Figura 13-6. Cobertura vegetal en el país. Fuente: ideam. Elaboración propia

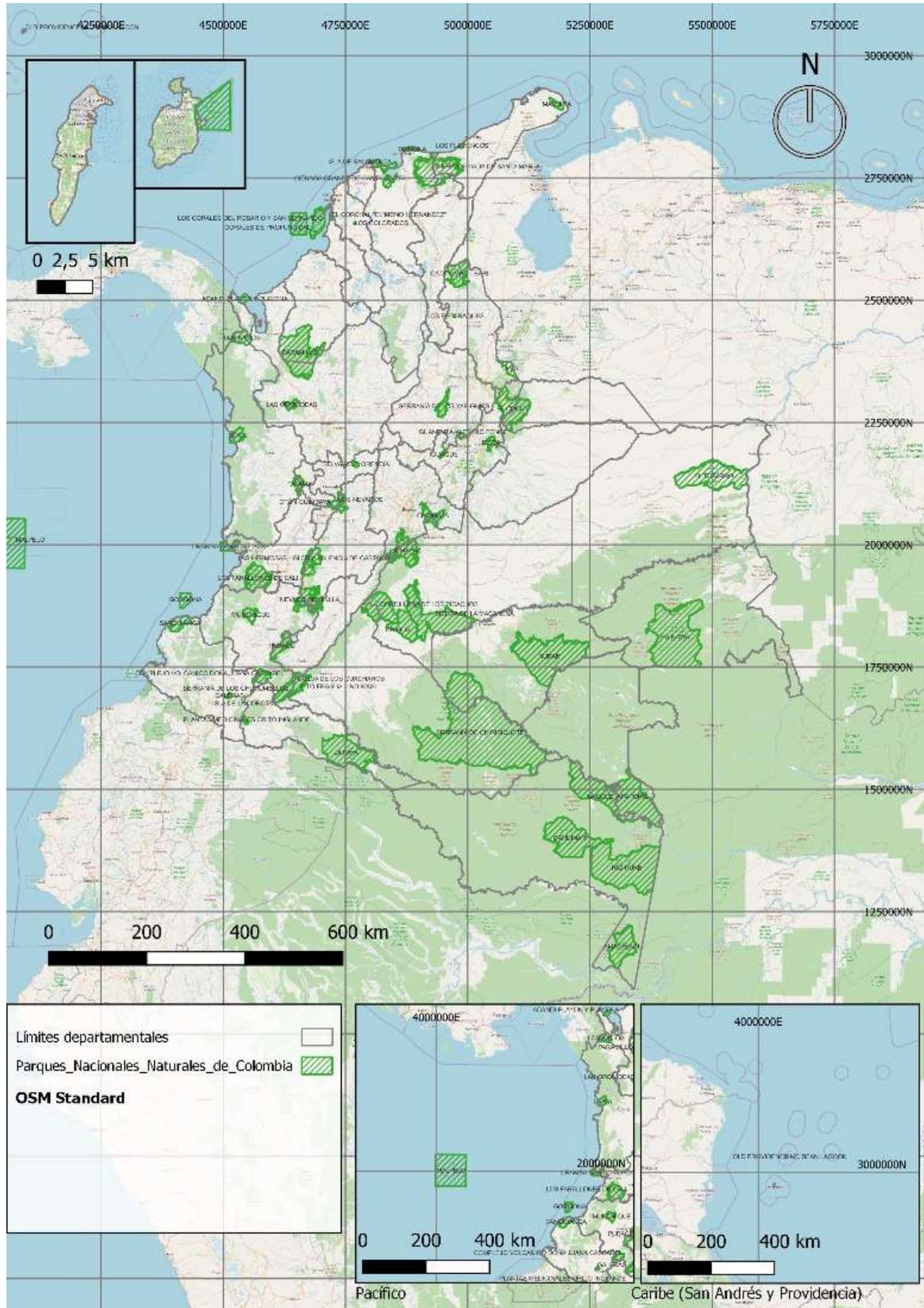


Figura 13-7. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Fuente: ideam. Elaboración propia

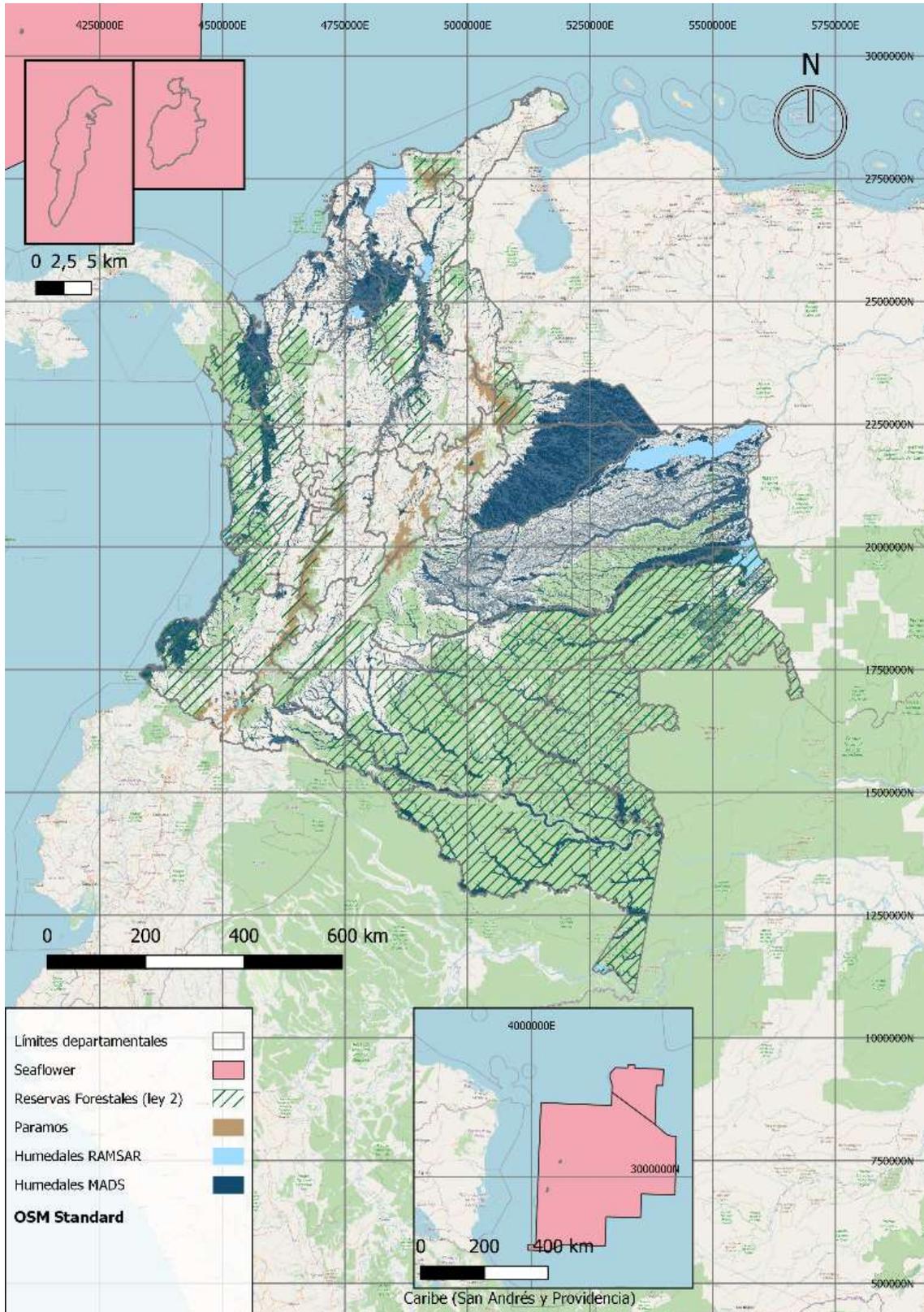


Figura 13-8. Áreas de importancia de conservación. Fuente: Ideam. Elaboración propia

Tabla 13-1. Diferencia de precipitación para el año 2040.

Departamento	Diferencia de precipitación 2040	% de para	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: Ideam. Elaboración propia.*

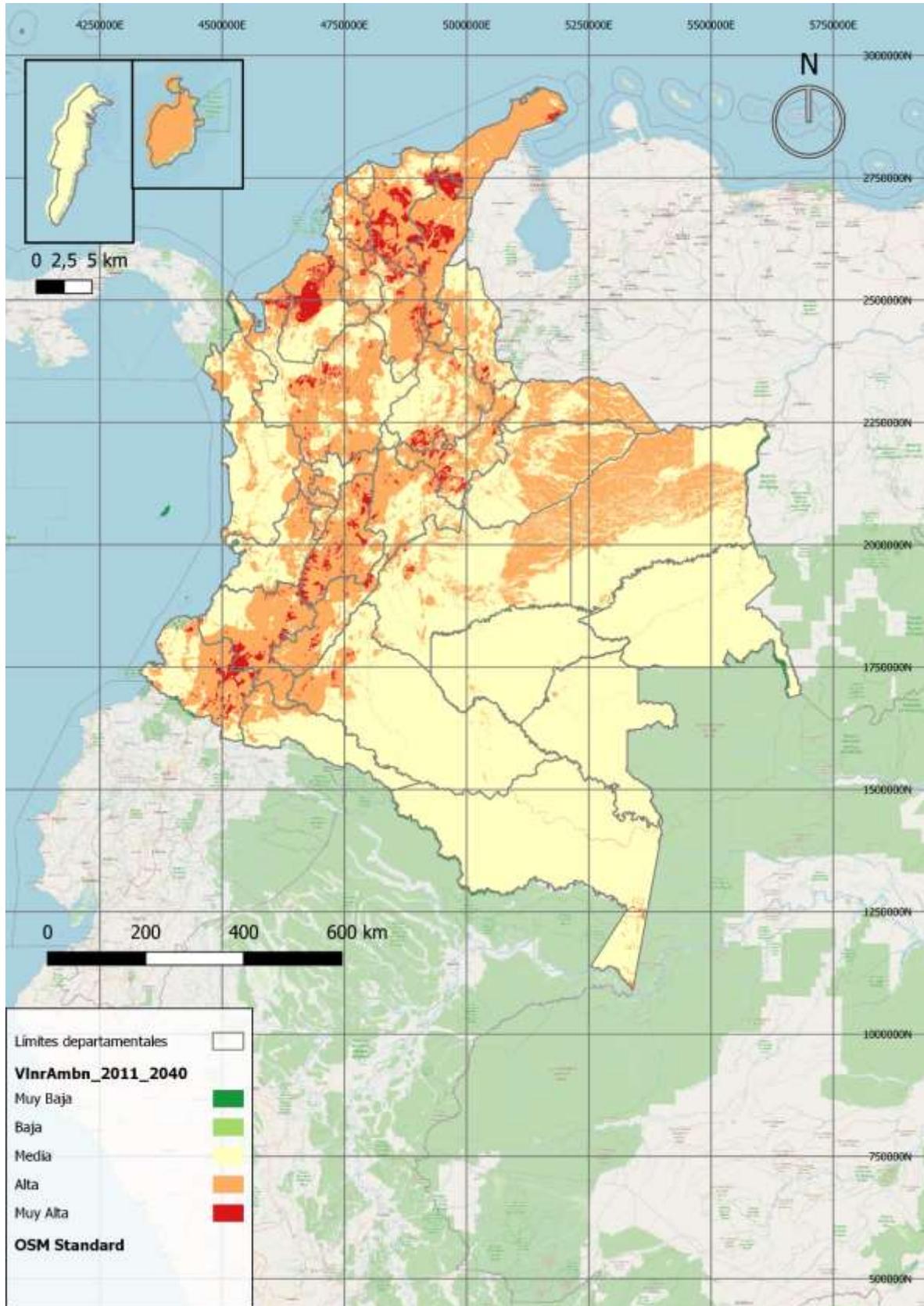


Figura 13-9. Vulnerabilidad ambiental en el país. Fuente: ideam



Figura 13-10. Demanda hídrica por área hidrográfica en sectores. Fuente estudio nacional de agua, ideam. Elaboración propia

IUA En % de SZH (año medio)



Figura 13-11. Índice de uso del agua en número de subzonas hidrográficas en año medio Fuente estudio nacional de agua, ideam. Elaboración propia

IUA En % de SZH (año seco)



Figura 13-12. Índice de uso del agua en número de subzonas hidrográficas en año seco. Fuente estudio nacional de agua, ideam. Elaboración propia

### 13.2 Anexo B: Aptitud de producción e índice de crecimiento agropecuario

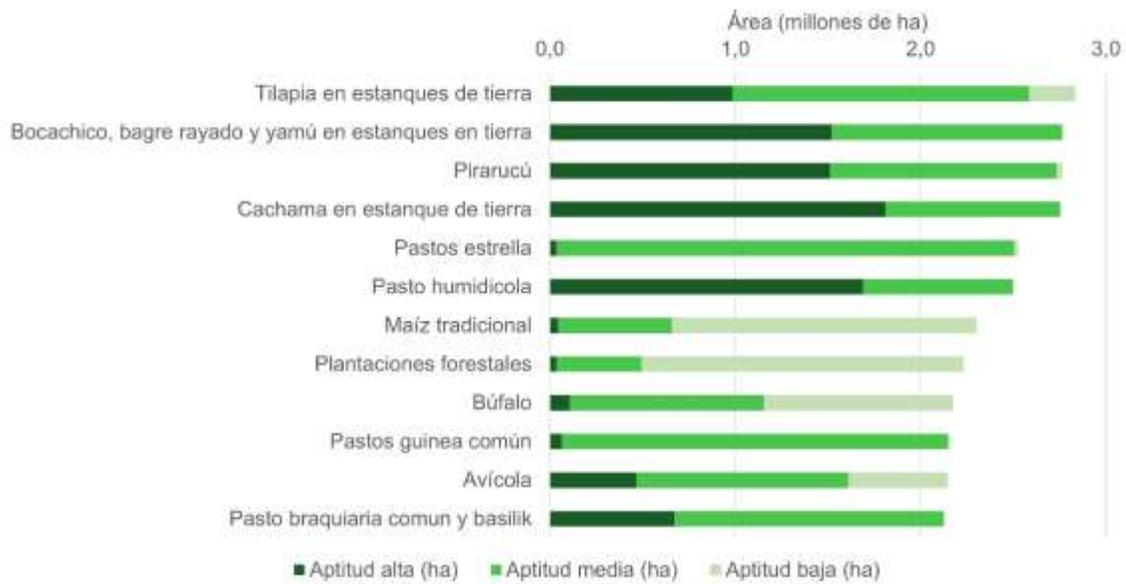


Figura 13-13. Aptitudes agropecuarias del suelo de la región amazónica.



Figura 13-14. Aptitudes agropecuarias del suelo de la región andina.



Figura 13-15. Aptitudes agropecuarias del suelo de la región caribe.

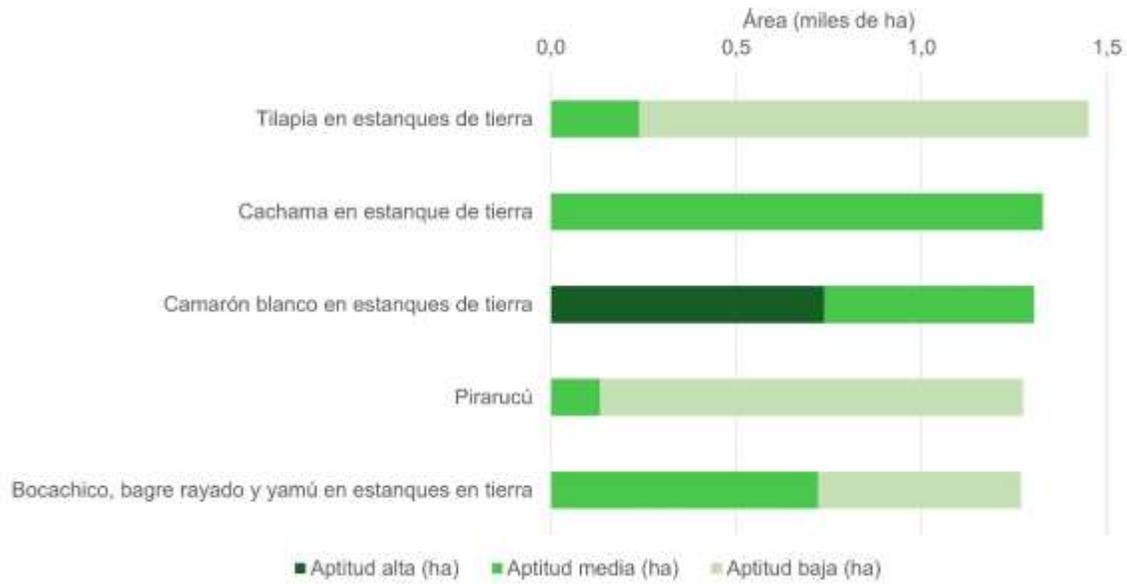


Figura 13-16. Aptitudes agropecuarias del suelo de la región insular.

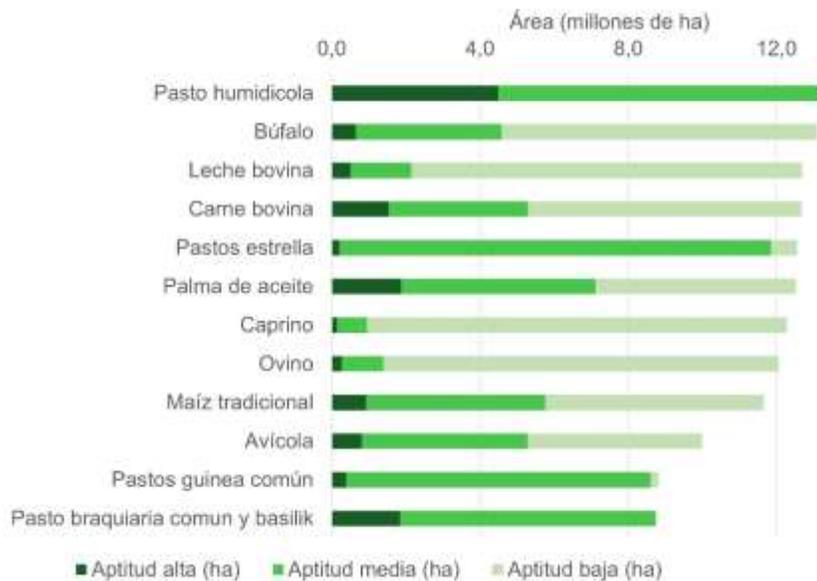


Figura 13-17. Aptitudes agropecuarias del suelo de la región orinoquía.

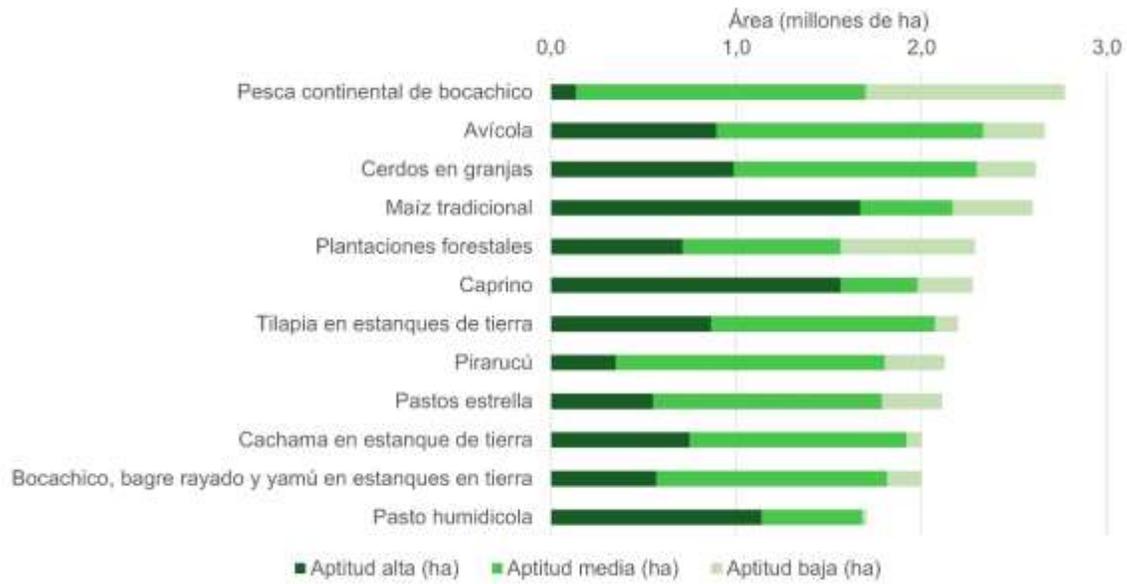


Figura 13-18. Aptitudes agropecuarias del suelo de la región pacífica.

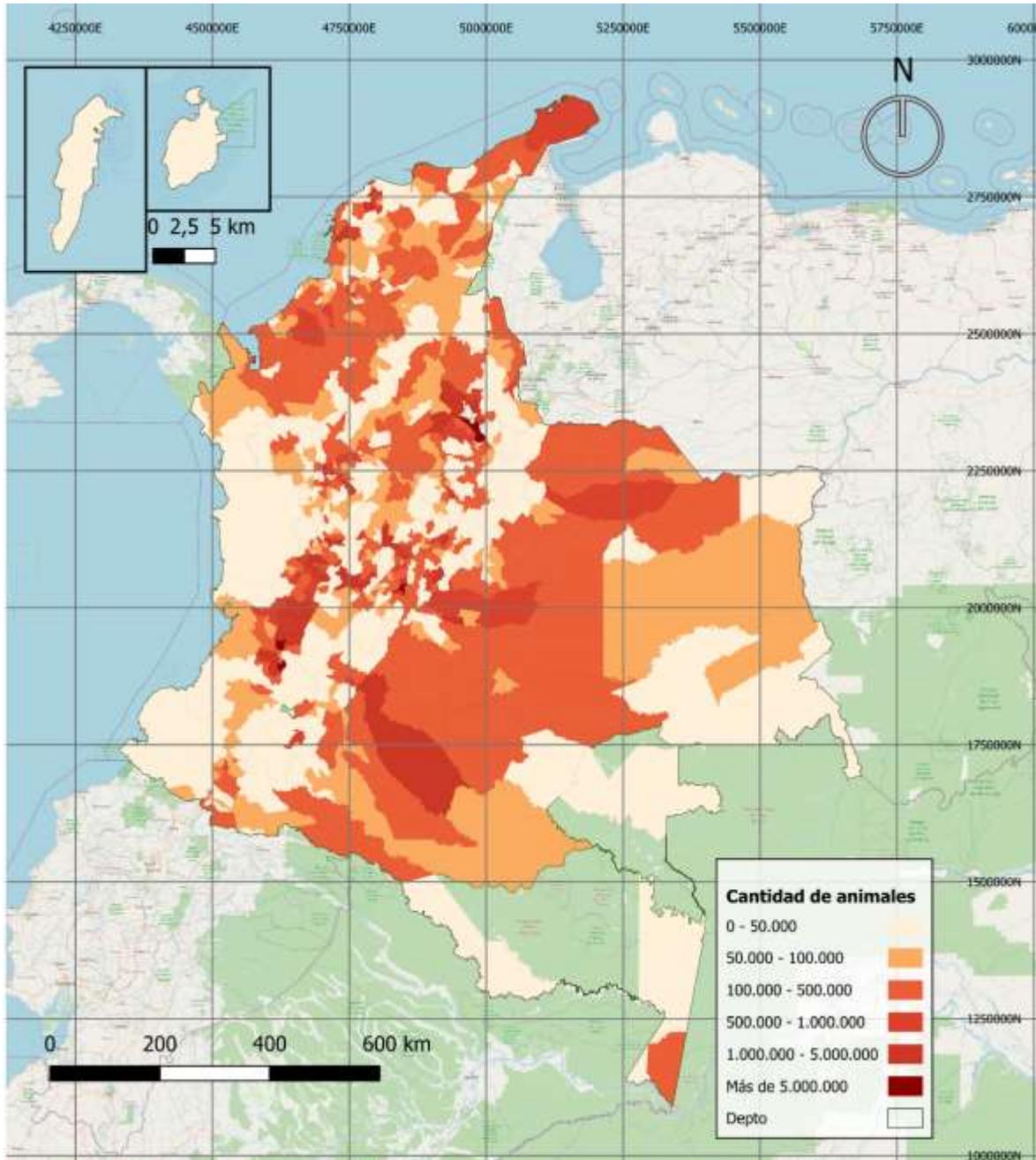


Figura 13-19. Distribución de la cantidad de animales en Colombia durante el año 2022. Fuente: (UPRA & ICA, 2022). Elaboración propia.

Tabla 13-2. Aptitud agrícola y de pastos en cada departamento del país (SIPRA, 2023a)

Departamento	Productos agrícolas		Pastos	
	Aptitud alta	Aptitud media	Aptitud alta	Aptitud media
Amazonas	Cacao	Cebolla bulbo	Pasto humidicola	Pastos estrella

Departamento	Productos agrícolas		Pastos	
	Aptitud alta	Aptitud media	Aptitud alta	Aptitud media
	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 pará 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 pará 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

Departamento	Productos agrícolas		Pastos	
	Aptitud alta	Aptitud media	Aptitud alta	Aptitud media
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
	-	-	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

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

Tabla 13-3. Aptitud pecuaria de los departamentos del país (SIPRA, 2023a)

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

Departamento	Aptitud alta	Aptitud media
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
	Carne bovina	Cerdos en granja
Guainía	Cachama en estanques de tierra	Búfalo
	Tilapia en estanques de tierra	Ovino

Departamento	Aptitud alta	Aptitud media
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

Departamento	Aptitud alta	Aptitud media
	-	Bocachico, bagre rayado y yamú en estanque de tierra
Vichada	Cerdos en granjas	Avícola
	-	Búfalo

### 13.3 Anexo C Sistema energético

Tabla 13-4. 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 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup>	15359,0 <sup>a</sup>	0,4 <sup>a</sup>
	Paja	2,2 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>	14170,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
Cacao	Cáscara	1,5 <sup>b</sup>	0,8 <sup>h</sup>	11700,0 <sup>e</sup>	0,7 <sup>f</sup>
Café	Hoja	0,2 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup>	15464,0 <sup>a</sup>	0,3 <sup>a</sup>
	Pulpa	2,4 <sup>a</sup>	0,3 <sup>a</sup>	16856,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
	Tallo	3,2 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>	19046,5 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
Caña azucarera	Hojas y parte alta	0,3 <sup>a</sup>	0,5 <sup>a</sup>	18.114,5 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>
	Bagazo	0,3 <sup>a</sup>	0,5 <sup>a</sup>	17.028,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
Caña panelera	Hojas y parte alta	0,3 <sup>a</sup>	0,5 <sup>a</sup>	18.114,5 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
	Bagazo	0,4 <sup>a</sup>	0,5 <sup>a</sup>	14.448,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
Maíz	Hoja	0,3 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup>	14845,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
	Mazorca	0,2 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>	18030,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
	Rastrojo	2,6 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>	14487,5 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
Palma de aceite	Cuesco	0,1 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup>	18251,5 <sup>a</sup>	0,6 <sup>a</sup>
	Fibra	0,1 <sup>a</sup>	0,4 <sup>a</sup>	15914,5 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup>
	Raquis	0,3 <sup>a</sup>	0,6 <sup>a</sup>	17663,0 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>
Papa	Cáscara	0,4 <sup>i</sup>	0,2 <sup>i</sup>	16.000 <sup>i</sup>	0,0 <sup>j</sup>
Plátano	Fruto rechazado	0,4 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>	13079,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
	Raquis	1,0 <sup>a</sup>	0,9 <sup>a</sup>	11547,5 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
	Tallo	4,8 <sup>a</sup>	0,9 <sup>a</sup>	12316,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
Yuca	Afrecho	0,1 <sup>b</sup>	0,9 <sup>d</sup>	15262,2 <sup>b</sup>	0,2 <sup>c</sup>

Fuente: 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). Elaboración propia

Tabla 13-5. 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 <sup>a</sup>	0,1 <sup>d</sup>	13.058,3 <sup>j</sup>	0,4 <sup>l,m</sup>
Ovinos	912,5 <sup>b</sup>	0,7 <sup>e</sup>	13.058,3 <sup>j</sup>	0,4 <sup>l,m</sup>
Bovinos	7.989,9 <sup>c</sup>	0,8 <sup>f</sup>	18.895,0 <sup>k</sup>	0,5 <sup>f</sup>
Aves	14,6 <sup>c</sup>	0,3 <sup>g</sup>	14.798,8 <sup>j</sup>	0,3 <sup>n</sup>
Porcinos	463,6 <sup>c</sup>	0,9 <sup>h</sup>	14.790,0 <sup>h</sup>	0,8 <sup>m</sup>
Equinos	4.562,5 <sup>b</sup>	0,8 <sup>i</sup>	19.100 <sup>k</sup>	0,5 <sup>b</sup>
Búfalos	10741,95 <sup>c</sup>	0,8 <sup>f</sup>	19.600 <sup>k</sup>	0,5 <sup>b</sup>

Fuente: 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). Elaboración propia.

Tabla 13-6. Parámetros usados para el cálculo del potencial energético de las principales especies forestales del país.

Especie	Factor de residuo (decimal)	Incremento Anual Medio (m <sup>3</sup> /ha)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	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: (Guio-Pérez et al., 2016).