

# Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Arauca

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

nexos



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

## Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Arauca

### 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.....	6
2.3	Pobreza .....	8
2.4	Necesidades básicas insatisfechas .....	8
2.5	Síntesis .....	9
3	Economía, infraestructura y producción.....	10
3.1	Producto Interno Bruto.....	10
3.2	Comercio exterior.....	10
3.3	Empleo y desempleo.....	11
3.4	Estructura fiscal .....	11
3.5	Infraestructura.....	11
3.6	Síntesis .....	12
4	Desafíos y tensiones sociales.....	13
4.1	Factores ambientales .....	13
4.2	Factores contextuales .....	15
4.3	Síntesis .....	17
5	Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad.....	18
5.1	División político-administrativa .....	18
5.2	Usos del suelo (Cobertura de tierra) .....	19
5.3	Hidrología.....	21
5.4	Ecosistemas estratégicos .....	23
5.5	Climatología y recursos hídricos.....	24
5.6	Recursos ecosistémicos .....	27
5.7	Síntesis .....	29
6	Sistemas agroalimentarios .....	31
6.1	Usos del suelo.....	31
6.2	Producción de alimentos .....	32
6.3	Síntesis .....	39
7	Emisiones y planes de acción climática.....	40
7.1	Mitigación y adaptación al cambio climático.....	40

7.2	Emisiones por sectores .....	41
7.3	Síntesis .....	44
8	Sistema energético.....	46
8.1	Balance energético departamental.....	46
8.2	Infraestructura energética .....	51
8.3	Potenciales de energías renovables .....	52
8.4	Síntesis .....	59
9	Conclusiones.....	60
10	Bibliografía.....	61
10.1	Condiciones socioeconómicas .....	61
10.2	Economía, infraestructura y producción.....	61
10.3	Desafío y tensiones sociales .....	61
10.4	Ordenamiento territorial para la sostenibilidad .....	62
10.5	Sistemas agroalimentarios.....	63
10.6	Emisiones y planes de acción climática.....	64
10.7	Sistemas energéticos .....	65
11	Anexos .....	71
11.1	Anexo A: Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad .....	71
11.2	Anexo B: Índice de crecimiento agropecuario.....	79
11.3	Anexo C: Sistema energético .....	80

## 1 Introducción

En el corazón del oriente colombiano, limitando con Venezuela, se extiende el departamento de Arauca, una región que refleja una rica diversidad geográfica y cultural. Este diagnóstico territorial ofrece una visión integral del departamento y destaca áreas cruciales para su desarrollo en aspectos sociales, económicos, ambientales y tecnológicos. Mediante este análisis, se pretende entender los desafíos y tensiones que definen este territorio, con la finalidad de desarrollar estrategias concretas que fomenten un desarrollo sostenible en beneficio de sus habitantes y en la preservación de sus recursos naturales.

Arauca, con sus vastas llanuras y una rica herencia cultural, alberga una población diversa que convive con las particularidades de su entorno. Este diagnóstico comenzará explorando las dinámicas socioeconómicas del departamento, desde aspectos demográficos y de salud hasta la evaluación de la pobreza y desigualdad. Se indagará en el sistema económico, analizando indicadores clave como el Producto Interno Bruto, el comercio exterior y la infraestructura que impulsa el desarrollo.

El tejido social de Arauca será examinado a fondo, incluyendo conflictos territoriales, derechos fundamentales, seguridad ciudadana, grupos armados y la percepción ciudadana. A continuación, se explorará el ordenamiento territorial, destacando la división político-administrativa, los resguardos indígenas, los planes de ordenamiento territorial municipales, el uso del suelo, la hidrología, los ecosistemas estratégicos y la climatología.

La seguridad alimentaria y los sistemas agroalimentarios serán objeto de análisis en cuestiones como el uso del suelo, la producción y consumo de alimentos, la industria alimentaria, y la gestión de pérdida y desperdicio de alimentos. Adicionalmente, se revisarán los planes de acción climática, enfocándose en la mitigación y adaptación al cambio climático, así como las emisiones por sectores. Por último, se examinará el sistema energético, evaluando el potencial de energías renovables, el balance y la infraestructura energéticas.

Este diagnóstico, busca ofrecer una visión completa y esencial de Arauca, proporcionando información clave para orientar la planificación y toma de decisiones en esta región única, donde convergen desafíos socioeconómicos y la necesidad imperante de un desarrollo sostenible que preserve y potencie sus recursos.

## 2 Condiciones socioeconómicas

Arauca es un departamento que tiene el 0,6 % de la población del país y presenta grandes necesidades socioeconómicas. A continuación, se presentarán las principales variables departamentales y nacionales sobre demografía, salud, pobreza y necesidades básicas insatisfechas.

### 2.1 Población

El departamento de Arauca tiene una población de 313.097 personas en 2023, equivalente al 0,6 % de la población nacional. En términos proporcionales, la estructura de población del departamento es semejante al promedio nacional, con un porcentaje ligeramente superior en niños y jóvenes, y más bajo en adultos y adultos mayores, como se observa en la Tabla 2-1. Con respecto al sexo, el 50,01 % son mujeres y el 49,9 % hombres, que equivale a una proporción menor de mujeres con respecto al promedio nacional (DANE, 2022).

Tabla 2-1. Población de Arauca y Colombia por grupo etario. Año 2023

	Población Arauca (personas)	Porcentaje Arauca (%)	Población Colombia (personas)	Porcentaje Colombia (%)
Niños (0 a 13 años)	78.871	25,2	10.823.738	20,7
Jóvenes (14 a 28 años)	81.598	26,1	12.701.952	24,3
Adultos (29 a 64 años)	130.353	41,6	23.459.171	44,9
Adultos mayores (más de 65 años)	22.275	7,1	5.230.642	10
<b>TOTAL</b>	<b>313.097</b>	<b>100</b>	<b>52.215.503</b>	<b>100</b>

Fuente: DANE (2022)

### 2.2 Salud

En Arauca el 88,2 % de la población se encuentra afiliada al sistema general de seguridad social en salud, porcentaje inferior al promedio nacional (94,7 %) (DANE, 2023). Apenas el 11,5 % se encuentra en el régimen contributivo, muy inferior al promedio del país (44,9 %). En términos del nivel de acceso real a servicios de salud, el 71,4 % de los municipios de Arauca se ubican en un nivel muy bajo, y el 28,3 % restante en nivel bajo (Instituto Nacional de Salud, 2019).

#### 2.2.1 Natalidad

En el periodo 2011-2022, Arauca ha representado el 0,7 % de los nacimientos totales del país, con un promedio de nacimientos anuales de 4.346 personas. Los nacimientos crecieron desde 2015 hasta el año 2018, donde llegó a un pico de nacimientos con 4.986 personas. Para los siguientes años cayó el número de nacimientos y para el año 2022 fueron inferiores a los observados desde 2015, como se observa en la Figura 2-1. La tasa bruta de natalidad es de 19,27 en 2022, superior al promedio nacional (14,76). Frente a la esperanza de vida al nacer, se ubica en 75,78 años en 2022, por debajo de la esperanza de vida promedio de Colombia (76,89) (Ministerio de Salud y Protección Social, 2022).

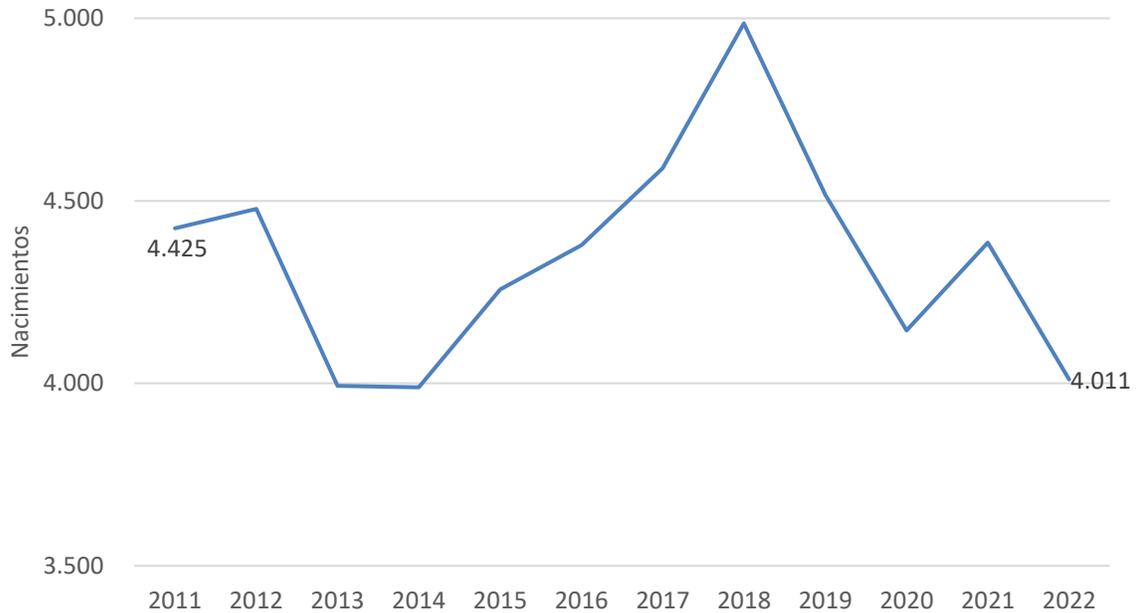


Figura 2-1. Nacimientos en el departamento de Arauca. Años 2011 – 2022. Fuente: DANE. Estadísticas vitales de nacimientos y defunciones (2022).

### 2.2.2 Mortalidad

En términos de defunciones no fetales, las cifras han incrementado desde el año 2011. Se han pasado de 882 defunciones no fetales en el 2011, hasta 1.478 defunciones en 2022 (DANE, 2022), como se observa en la Figura 2-2. La tasa bruta de mortalidad por mil habitantes fue de 5,1 por mil habitantes en 2022, por debajo del promedio nacional para el mismo año (6,28) (Ministerio de Salud y Protección Social, 2022).

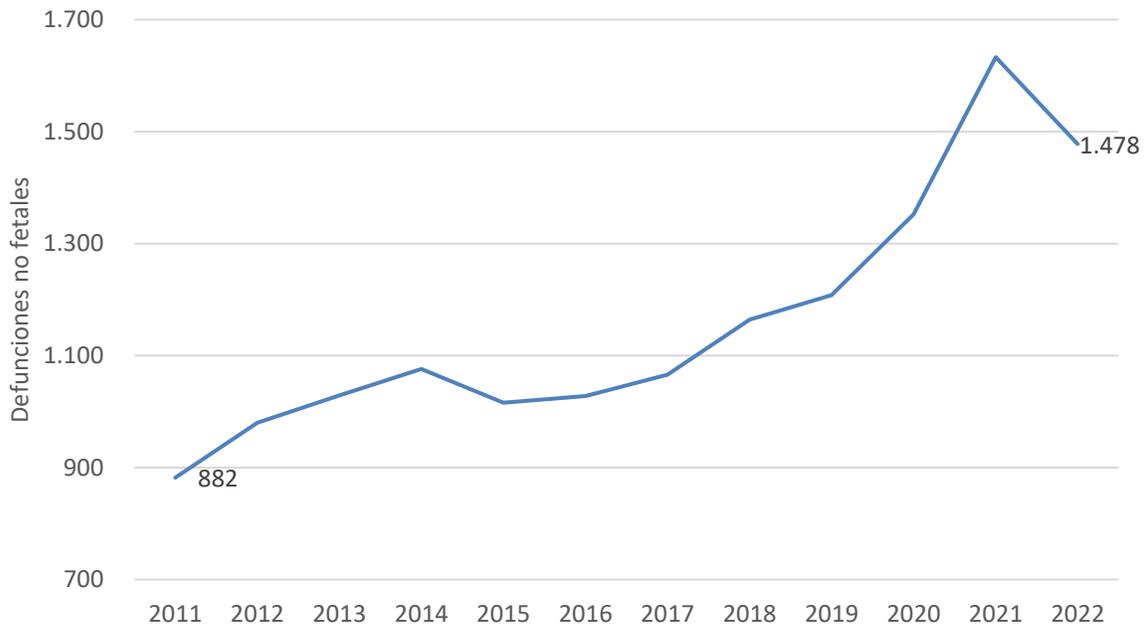


Figura 2-2. Defunciones no fetales en el departamento de Arauca. Años 2011 – 2022. Fuente: DANE. Estadísticas vitales de nacimientos y defunciones (2022).

### 2.3 Pobreza

La incidencia de pobreza multidimensional en el departamento de Arauca en 2022 es de 22,6 %, casi el doble del promedio nacional. Como se observa en la Figura 2-3, si bien se ha reducido la pobreza multidimensional desde el año 2018, existe un incremento durante el año 2020 producto de la pandemia, y se extiende a un incremento en 2021, contrario a la tendencia del promedio de todo el país. Por el efecto de la pandemia, la brecha de pobreza multidimensional se amplió para los años 2021 y 2022 con respecto al año 2018. Entre las variables que más impactan las privaciones del hogar en la pobreza multidimensional se encuentran: el trabajo informal (93,4); bajo logro educativo (60,4); rezago escolar (24,3); y la falta de aseguramiento en salud (15,4).

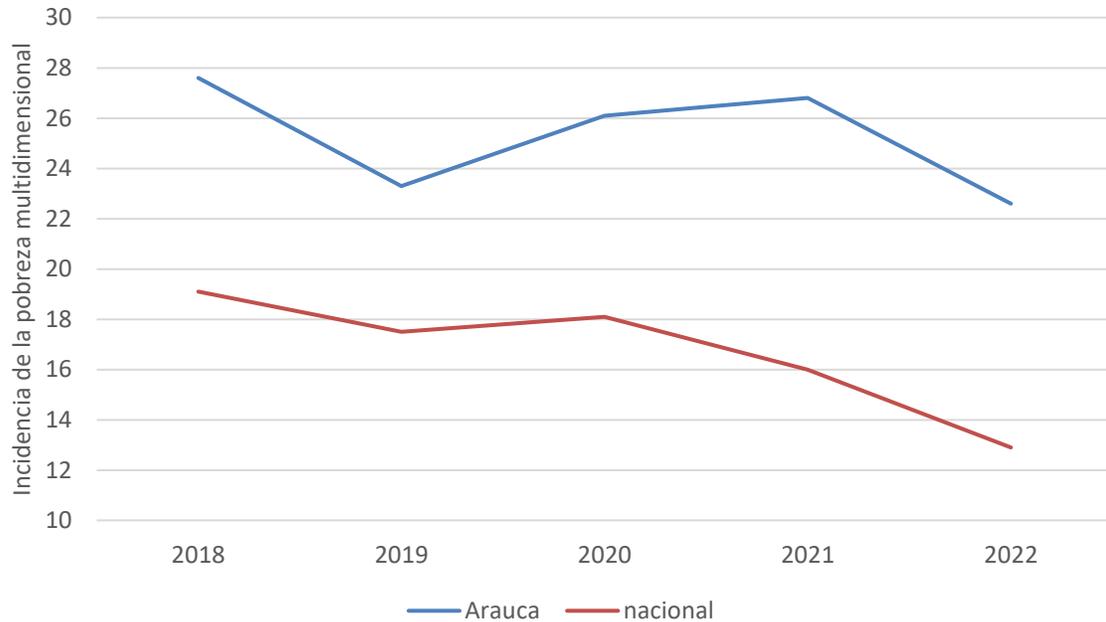


Figura 2-3. Incidencia de pobreza multidimensional en Arauca y total Nacional. Años 2018-2022. Fuente DANE (2023b), pobreza multidimensional.

### 2.4 Necesidades básicas insatisfechas

El departamento de Arauca tiene una proporción de personas en necesidades básicas insatisfechas del 32,45 % en 2018, siendo el octavo departamento con más alto porcentaje de NBI del país y más del doble del promedio nacional (14,28 %). Con respecto a los siete municipios del departamento, Arauquita y Fortul presentaron los niveles más altos de NBI (41,6 % y 34,45 % respectivamente) y por debajo del promedio del departamento se encuentran Tame (30,12 %), Saravena (27,95 %) y Puerto Rondón (23,09 %), como se observa en la Figura 2-4. Necesidades básicas insatisfechas por municipios de Arauca. Año 2018. Fuente: DANE (2021).Figura 2-4.

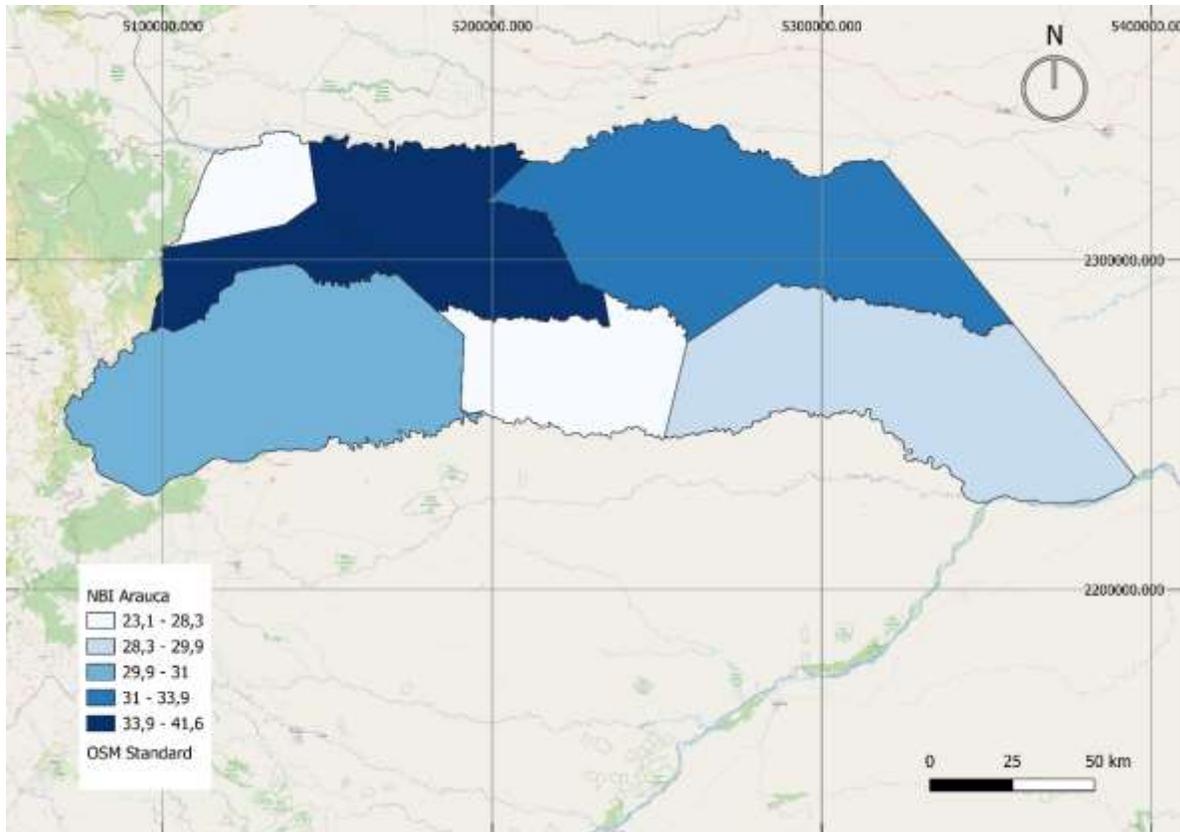


Figura 2-4. Necesidades básicas insatisfechas por municipios de Arauca. Año 2018. Fuente: DANE (2021).

## 2.5 Síntesis

Arauca es un departamento con el 0,6 % de la población de todo el país. Tiene 7 municipios y sobresalen condiciones de alta pobreza multidimensional y necesidades básicas insatisfechas. Aun así, la tasa de mortalidad es inferior al promedio nacional y la esperanza de vida es apenas ligeramente inferior al promedio nacional. Resalta en el departamento el trabajo informal como una variable determinante en la incidencia de la pobreza multidimensional.

### 3 Economía, infraestructura y producción

A continuación, se presentan las principales cifras sobre la economía del departamento de Arauca. Muchos de los datos no son estimados por el DANE, por lo cual se presentan solo los datos correspondientes a Arauca para el año 2022, o el año más reciente encontrado.

#### 3.1 Producto Interno Bruto

En 2022, el PIB departamental de Arauca fue de \$ 8,5 billones de pesos corrientes, equivalentes al 0,6 % del PIB nacional para el mismo año. En términos poblacionales, el PIB per cápita de Arauca es de \$ 27,8 millones de pesos en 2022, muy cercano al promedio nacional (\$ 28,3 millones de pesos). El PIB de Arauca fue más alto en el periodo 2005-2012, comparados con el año 2022. Esto se explica porque es un departamento altamente dependiente de la explotación de hidrocarburos y el precio internacional impacta fuertemente en el PIB. Para el año 2022, el 46,3 % del PIB dependía de la explotación de minas y canteras, donde el producto predominante es el petróleo. Como se observa en la Figura 3-1, los otros sectores de relevancia en Arauca son el sector agropecuario (20,3 %), principalmente la ganadería, seguido de la administración pública, defensa, salud y educación (12,5 %) y en tercer lugar los servicios como el comercio, reparación, alojamiento y alimentación (9,1 %).

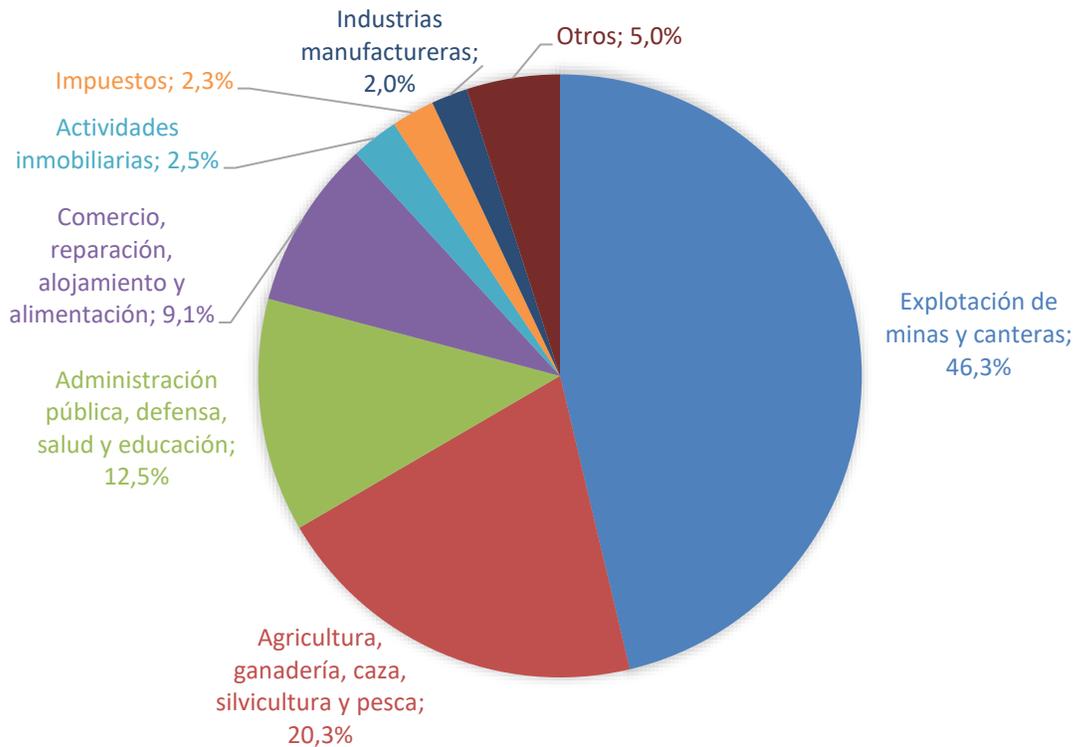


Figura 3-1. Producto interno bruto (PIB) de Nariño como principales sectores. Año 2022. Porcentaje del PIB total departamental (%). Fuente: DANE (2023), PIB Departamental.

#### 3.2 Comercio exterior

Por el tamaño de la economía de Arauca, en proporción al tamaño del país, su participación en el comercio internacional es también pequeño y se concentra en importaciones de maquinaria y exportaciones de productos agropecuarios y de industria liviana.

### 3.2.1 Exportaciones

Las exportaciones de Arauca fueron aproximadamente el 1 % de las exportaciones nacionales entre 2013 y 2022. Sin embargo, desde 2013 ha caído la participación y para los años 2021 y 2022 llegaron a ser el 0,0 %. Para los años 2021 y 2022, las exportaciones se concentraron en productos agropecuarios, como frutas preparadas y celulosa, e industria liviana como transformadores eléctricos. Los principales destinos de las exportaciones son Estados Unidos (50,6 %) y Argentina (38,4 %) (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023).

### 3.2.2 Importaciones

Con respecto a las importaciones, Arauca participó con menos de 0,01 % de las importaciones totales del país entre 2013 y 2022. Con un poco más de \$ 5 millones de dólares importados en 2022, el 92 % de la importación se concentró en maquinaria y equipo, como cables, instrumentos, motores y generadores. Los principales países de origen son Estados Unidos, China, México y Ecuador (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023).

## 3.3 Empleo y desempleo

En 2022 la capital del departamento de Arauca tuvo un desempleo de 29,4 % (DANE, 2023a). Esta tasa la convierte en la ciudad con más alto desempleo entre las 32 ciudades y áreas metropolitanas revisadas por el DANE. En el caso de la informalidad, para el año 2020 la cifra superaba el 80 %, muy por encima del promedio del país.

## 3.4 Estructura fiscal

Los ingresos fiscales de Arauca en el año 2022 fueron de \$ 388 mil millones de pesos, un 30 % más bajo que el del año 2021. (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2022). Las transferencias corrientes, que provienen del Presupuesto General de la Nación, representan el 67 % de todos los ingresos fiscales distintos a regalías en el departamento de Arauca.

Con respecto a los ingresos tributarios, estos representaron menos del 13 % de todos los ingresos fiscales del departamento y para 2022 sumaron \$ 46,5 mil millones de pesos. Los ingresos tributarios disminuyeron 24 % en 2022, con respecto al año anterior. Los impuestos recaudados fueron principalmente de impuestos al consumo (48 %) como la cerveza (35 %), licores (4 %) y cigarrillos y tabaco (8 %), seguido de las estampillas (34 %) (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2022). Los gastos de inversión del departamento fueron \$ 293,7 mil millones de pesos. El 80 % se ejecutó en educación, en gasto territorial el 4 % y en salud apenas el 3 %.

### 3.4.1 Regalías

El Sistema General de Regalías tuvo un presupuesto en el bienio 2021-2022 de \$ 231,5 mil millones de pesos. La distribución es de 39 % para las asignaciones directas, la inversión regional tiene 37 %, las asignaciones para la ciencia, tecnología e innovación son 11 % y para la Paz es un 13 %. El gasto en el bienio fue de \$ 202 mil millones de pesos (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2022).

## 3.5 Infraestructura

Según el Índice Departamental de Competitividad 2023 (Consejo Privado de Competitividad, 2023), la infraestructura del departamento se encuentra en el puesto 27 entre 33 departamentos y la capital. En infraestructura vial, Arauca se ubica en el puesto 23 entre 33 departamentos y la capital. El peor lugar se encuentra en porcentaje de vías primarias en buen estado, donde se encuentra en el puesto 33. El departamento tiene 316 km de vía nacional, de los cuales cerca del 50 % se encuentran en buen estado (156 km). Frente a las vías departamentales, son 524 kilómetros, donde el 55 % se encuentra en condiciones

regulares y malas. Frente a las vías terciarias, se estiman cerca de 2.372 km (Asamblea Departamental de Arauca, 2020).

### **3.6 Síntesis**

Arauca es un departamento con un PIB equivalente al 0,6 % del PIB nacional. Sus actividades principales se concentran en la explotación de minas y canteras (46,3 %), donde predomina el petróleo y el sector agropecuario (20,3 %), principalmente enfocado en la ganadería. Arauca tuvo en 2022 la tasa de desempleo más alta de las 32 principales ciudades y áreas metropolitanas del país. Ocupa uno de los peores lugares en términos de infraestructura vial departamental, por la falta de mantenimiento vial.

## 4 Desafíos y tensiones sociales

El departamento de Arauca se encuentra en una región dotada de recursos naturales, pero históricamente afectada por el conflicto armado y las actividades extractivas. En las últimas décadas, la confluencia de estos factores ha generado tensiones y desafíos para el desarrollo sostenible de las comunidades locales. Este capítulo analiza los retos ambientales y contextuales que enfrenta Arauca, buscando comprender la compleja interacción entre el medio ambiente, las dinámicas del conflicto y el bienestar de la población civil y los desafíos que esto supone para la construcción de un desarrollo sostenible en el territorio.

### 4.1 Factores ambientales

Los ecosistemas de Arauca se enfrentan a importantes presiones derivadas de actividades humanas como la agroindustria, la extracción de recursos y el conflicto armado. La alteración de las dinámicas ambientales en áreas estratégicas como el humedal de Lipa ilustra los retos de la sostenibilidad, evidenciando impactos sobre la biodiversidad, los medios de vida locales y la salud de las comunidades. El análisis de estos factores ambientales permite comprender los retos de avanzar hacia modelos de desarrollo equilibrados con la conservación de los bienes y servicios de los ecosistemas.

#### 4.1.1 Degradación de ecosistemas estratégicos. Conflicto, agroindustria y extractivismo

El humedal del Lipa, situado entre los municipios de Arauca y Arauquita, enfrenta desafíos socioambientales significativos vinculados a la interacción del conflicto armado, la agroindustria y la extracción de hidrocarburos en la región. Los impactos ambientales resultantes ponen en riesgo la biodiversidad y afectan a las comunidades locales, lo que requiere estrategias integrales que abarquen la conservación, la remediación y la construcción de la paz.

El humedal del Lipa es un ecosistema diverso y rico en recursos hídricos, flora y fauna. De acuerdo Barbosa (2023), se han identificado 675 especies en la zona, que incluyen una amplia variedad de plantas, peces, mamíferos, anfibios, reptiles y aves. Sin embargo, estos recursos enfrentan amenazas debido a los impactos medioambientales del conflicto, la agroindustria y el extractivismo. La alteración hídrica, en particular, ha afectado negativamente a lagunas, caños, esteros y ríos, alterando las condiciones naturales del humedal (Barbosa, 2023). La degradación ambiental del humedal ha mermado servicios ecosistémicos esenciales para las comunidades locales, tales como la pesca, la caza y la provisión de recursos maderables (OCA, s. f.). Además, la degradación ambiental ha alterado los ciclos hidrológicos, aumentando la vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos (OCA, s. f.).

El Observatorio de Conflictos Ambientales (OCA) de la Universidad Nacional de Colombia ha documentado transformaciones en el complejo de humedales del Lipa, las cuales se manifiestan en una pérdida de funcionalidad ecológica (OCA, s. f.). Según este observatorio, el deterioro ambiental tiene su origen en el largo proceso de colonización iniciado en la década de 1950, que se intensificó con la explotación petrolera a partir de 1986. Estas actividades han alterado significativamente la estructura y función del ecosistema (OCA, s. f.).

La explotación petrolera, especialmente en Caño Limón-Coveñas, ha sido un factor relevante en la alteración del ecosistema. Esta actividad ha generado cambios significativos en la dinámica de los cuerpos de agua del humedal (Barbosa, 2023). Estos cambios incluyen la modificación del curso de los ríos y el desecamiento de partes del humedal, lo que ha provocado una notable disminución del espejo de agua del estero principal (Barbosa, 2023). Dichas alteraciones han tenido consecuencias adversas no solo para la biodiversidad, sino también para los medios de vida de las comunidades locales (Amador-Jiménez, 2023). Las operaciones de la industria petrolera han provocado el desplazamiento de algunas comunidades. Según la investigación realizada por Barbosa (2023), se han identificado vulneraciones a los derechos humanos y laborales de las comunidades locales, así como limitaciones en su participación en decisiones sobre el uso y manejo del territorio.

Paralelamente, la expansión de la agroindustria en la región, especialmente en el cultivo de arroz, ha contribuido al deterioro ambiental del humedal. Las prácticas agrícolas intensivas han provocado desecamiento y alteración en el curso de los ríos, exacerbando el daño al ecosistema del humedal (Barbosa, 2023). Según Amador-Jiménez (2023), actores privados han expandido actividades agropecuarias en la región, lo cual ha llevado a la deforestación y a la modificación de los cauces de los ríos. Estas acciones han alterado la dinámica hídrica del humedal, impactando negativamente en su funcionamiento ecológico. De acuerdo con la Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible (FCDS), estas intervenciones han perturbado las funciones ecosistémicas del humedal, poniendo en riesgo especies endémicas y alterando los ciclos naturales del agua (FCDS, 2023).

El desarrollo del conflicto armado en la región también ha contribuido a la degradación ambiental del humedal del Lipa. El FCDS indica que, además de las infraestructuras y operaciones asociadas a la industria petrolera que han generado contaminación y alteraciones hídricas en el ecosistema, los grupos armados ilegales como las FARC y el ELN han desempeñado un papel perjudicial. Los constantes ataques a la infraestructura petrolera, especialmente al oleoducto Caño Limón-Coveñas, han tenido un impacto negativo en los cuerpos de agua y suelos en la zona del humedal (FCDS, 2023). Como subraya Barbosa (2023), la guerra no solo ha causado deforestación y degradación de bosques debido a las actividades ilegales y legales, sino que también ha contribuido a la contaminación de los ríos.

La FCDS reporta que, como resultado de estas intervenciones humanas, el humedal del Lipa ha perdido más de 50.000 hectáreas. La cobertura vegetal original, mayormente transformada en pastos y zonas urbanas e industriales, evidencia un cambio significativo en la composición del paisaje natural (FCDS, 2023).

### ***Impactos en la salud***

En el ámbito de la salud pública, la región del humedal del Lipa enfrenta desafíos significativos debido a la contaminación ambiental, particularmente aquella relacionada con la industria petrolera. La recopilación de información realizada por el Observatorio de Conflictos Ambientales (OCA) da cuenta de la detección de altas concentraciones de metales pesados, como el bario, en los suelos y fuentes de agua cercanos a la infraestructura petrolera de la región. Esta contaminación podría representar un riesgo para la salud de las comunidades locales, las cuales dependen de estas fuentes acuíferas para su supervivencia y actividades diarias. El OCA también sugiere la posibilidad de que otros contaminantes estén presentes en el medio ambiente, lo que podría tener una relación con los casos de malformaciones congénitas reportados en la zona (OCA, s. f.). Paralelamente, la investigación de Barbosa (2023) identifica problemas ambientales como el secado del estero mayor y la presencia de metales pesados en el agua. Estos factores ambientales habrían repercutido en la salud de las personas y animales de la región, manifestándose en enfermedades de la piel, gastritis crónica y la muerte del ganado (Barbosa, 2023).

### ***Impactos sobre los pueblos indígenas***

El humedal del Lipa se encuentra ubicado en el territorio ancestral de los pueblos indígenas hitnü, comunidades para las que posee una relevancia histórica y cultural profunda. La explotación petrolera en esta región ha influido considerablemente en la erosión cultural de los pueblos (Barbosa, 2023). De acuerdo con Barbosa (2023), esta actividad ha limitado el acceso de las comunidades a sus tierras ancestrales, contribuyendo así a una pérdida significativa de elementos culturales y espirituales. Además, la contaminación del agua resultante de estas operaciones ha impactado negativamente prácticas tradicionales como la agricultura y la pesca (Barbosa, 2023).

La degradación ambiental del humedal del Lipa ejemplifica los desafíos del modelo de desarrollo y subraya la compleja interacción entre el desarrollo económico y la conservación ambiental. El análisis de los desafíos socioambientales de Arauca resalta la necesidad de promover un modelo de desarrollo que logre un equilibrio entre las necesidades económicas y la preservación ambiental, respetando al mismo tiempo los derechos culturales de las comunidades indígenas y locales. Para abordar estos desafíos de manera efectiva, de acuerdo con Amador-Jiménez (2023), se deben fortalecer las medidas de conservación y restauración, lo que incluye la recuperación de las áreas degradadas. Asimismo, es esencial reforzar la participación y los derechos de las comunidades locales, incluyendo a los grupos indígenas, y mejorar la gobernabilidad y presencia institucional en el territorio. Buscando propender por un desarrollo sostenible que coordine la conservación y restauración de los ecosistemas estratégicos, con un enfoque que equilibre las necesidades ambientales, sociales y económicas, y que promueva el bienestar de las comunidades dependientes de estos.

## 4.2 Factores contextuales

La región de Arauca está marcada por dinámicas complejas asociadas a la reconfiguración del conflicto armado y a la influencia de economías ilegales en el territorio. La intensificación de las disputas territoriales entre los grupos armados ha intensificado la crisis humanitaria, mientras que el control de las rentas ilícitas socava las instituciones locales. Comprender esta multidimensionalidad de las dinámicas contextuales es relevante para identificar estrategias integrales que aborden las causas subyacentes de la violencia y promuevan la construcción de la paz al igual que la búsqueda de un desarrollo sostenible.

### 4.2.1 Presencia de actores armados en los territorios

El departamento de Arauca enfrenta una compleja situación de seguridad, exacerbada por la reconfiguración del conflicto a partir de 2018. Esta región ha experimentado un recrudecimiento de la violencia, evidenciado por la emergencia de nuevos actores armados y el incremento de las acciones de disputa por el control territorial entre estos (Comisión de la Verdad, 2020). Como resultado, la violencia se ha intensificado con la entrada de las disidencias de las FARC y la aparición de nuevos actores en el conflicto (Comisión de la Verdad, 2020). Además, de la participación de grupos con presencia binacional y organizaciones criminales que operan en la frontera (Dickinson, 2022). Esta dinámica ha desencadenado un ciclo de violencia en la zona, llevando a Arauca a registrar más de 300 homicidios en 2022, el año más violento desde la firma del acuerdo (Dickinson, 2022).

La reconfiguración del conflicto y el aumento de la violencia han ocasionado desplazamientos masivos, afectando principalmente a las comunidades rurales. Según datos de la Comisión de la Verdad, el 92% de la población desplazada en el departamento proviene de estas zonas, lo cual ha resquebrajado la cohesión social de las comunidades (Comisión de la Verdad, 2020). Una investigación realizada por Rutas del Conflicto señala que las acciones violentas de los grupos armados en el territorio han incluido extorsiones, secuestros, masacres, asesinatos selectivos y amenazas contra líderes comunitarios (Rincón & Santisteban, 2021). Estos liderazgos enfrentan una grave crisis, reflejada en el asesinato en el departamento desde 2020 de 26 líderes y defensores de derechos humanos y 6 firmantes del acuerdo de paz (Indepaz, 2023). Además, estos líderes han sido estigmatizados y a menudo señalados de colaborar con alguna de las partes en conflicto, lo que ha representado un riesgo para el ejercicio de su liderazgo y para sus vidas (Comisión de la Verdad, 2020; Dickinson, 2022).

La crisis humanitaria en el departamento se ha agravado por la disputa territorial entre el ELN y los grupos disidentes de las FARC, específicamente los Frentes 10 y 28. Esta disputa ha causado confinamientos forzados, restricciones de movilidad, extorsiones y violencia contra la población civil (Dickinson, 2022; Sistema Integral para la Paz [Comunicado], 2022; Verdad abierta, 2022). Según Dickinson (2022), los grupos armados presentes

en el territorio han utilizado la política de paz total del gobierno para fortalecer, expandir y consolidar su poder, buscando posicionarse en las mesas de diálogo con el gobierno como actores con fortaleza y relevancia en el territorio. La Defensoría del Pueblo ha emitido varias Alertas Tempranas para los municipios de Arauca (081-18, 029-19, 06-21, 023-21), expresando su preocupación por la escalada de violencia y la crisis humanitaria en los territorios (Defensoría del Pueblo, 2022; Verdad abierta, 2022).

A pesar del considerable despliegue militar en el departamento de Arauca, estimado en aproximadamente 9.000 efectivos según la Comisión de la Verdad (2020), investigaciones de esta comisión y de Dickinson (2022) sugieren que la efectividad en la provisión de seguridad para la población civil enfrenta desafíos significativos. Estas investigaciones indican que la estrategia de seguridad y defensa se ha concentrado predominantemente en la protección de infraestructuras críticas, como los oleoductos Caño Limón-Coveñas y Bicentenario, además de las carreteras principales (Comisión de la Verdad, 2020; Dickinson, 2022; Verdad abierta, 2022). Esta orientación habría resultado en una percepción de insuficiente presencia institucional en el territorio en aspectos cruciales para el bienestar y la seguridad de la población local, como se reflejaría en los deficientes indicadores socioeconómicos de pobreza, desempleo y desigualdad del departamento (Comisión de la Verdad, 2020; Dickinson, 2022; Verdad abierta, 2022). De esta forma, la creciente violencia en el territorio y la percepción de una insuficiente presencia institucional implican retos en la búsqueda de un desarrollo sostenible, siendo crucial que cualquier intervención en la región no sólo aborde la inseguridad, sino que también considere aspectos como la construcción de la paz, la inversión social, la justicia social y el desarrollo económico (Comisión de la Verdad, 2020; Dickinson, 2022; Verdad abierta, 2022).

#### 4.2.2 Presencia de economías ilegales en los territorios

La presencia y la influencia de diversas economías ilegales en Arauca, operadas por distintos grupos armados, representan un desafío significativo para la construcción de paz y la promoción de un desarrollo sostenible. Estos actores buscan controlar actividades ilícitas como el narcotráfico, el contrabando y la explotación ilegal de recursos naturales, especialmente el petróleo (Rincón & Santisteban, 2021); disputándose el control de las rutas del narcotráfico y del contrabando, fuentes primordiales de financiamiento para estos grupos (Rincón & Santisteban, 2021). Las investigaciones sobre la dinámica del conflicto y la violencia en la región coinciden en señalar que las disputas por el control territorial entre los actores armados trascienden las luchas por el control de las economías legales e ilegales presentes (Comisión de la Verdad, 2020, s.f.; Dickinson, 2022; Ortiz Fonnegra, 2023; Rincón & Santisteban, 2021; Verdad abierta, 2022). Según Verdad Abierta, en Arauca, las actividades ilegales se inclinan más hacia el contrabando de combustible, la extorsión y el secuestro, en comparación con el narcotráfico (Verdad abierta, 2022). Estos grupos buscan lucrarse mediante extorsiones, secuestros, la imposición de impuestos de guerra y la apropiación de rentas derivadas del petróleo y fondos públicos, lo que constituye un desafío considerable para la gobernabilidad del territorio (Rincón & Santisteban, 2021).

Estas actividades impactan negativamente en el sector hidrocarburos, como evidencian los ataques a la infraestructura petrolera. De acuerdo con la base de datos de la Jurisdicción Especial para la Paz (JEP, s. f.), desde 2020, han ocurrido 24 incidentes de destrucción de infraestructura productiva, incluyendo 8 ataques en 2023 al oleoducto Caño Limón-Coveñas, principalmente atribuidos al ELN. La Fundación Ideas para la Paz (FIP) sostiene que estos ataques forman parte central de la estrategia de guerra del ELN, no solo como actos de sabotaje económico sino también con implicaciones económicas, sociopolíticas y militares (Marín & Cajiao, 2015). Históricamente, el ELN ha utilizado estos atentados para extorsionar a empresas petroleras, ganar apoyo social, posicionar su agenda política y como táctica militar contra el gobierno colombiano (Marín & Cajiao, 2015). Actualmente, estos ataques constituyen una estrategia para mantener su relevancia y posición en las negociaciones de paz con el gobierno (Marín & Cajiao, 2015).

En cuanto a la presencia de cultivos de uso ilícito, cabe destacar que, en la lucha contra estos, la comunidad de Arauca inició una erradicación manual y voluntaria de cultivos de coca desde mediados de 2000, un esfuerzo liderado por los campesinos sin intervención estatal (Verdad abierta, 2022). Según el Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (SIMCI), desde 2008 se ha registrado una disminución significativa en el número de hectáreas cultivadas y, desde 2019, el SIMCI no reporta presencia de cultivos de uso ilícito en Arauca (UNODC-SIMCI, 2023). Sin embargo, el departamento es una ruta clave para el tráfico de coca desde Guaviare y Meta hacia Venezuela, con destino a las Antillas, Estados Unidos o Europa (Rincón & Santisteban, 2021). Además, en este marco cabe mencionar que, el ELN ha mostrado resistencia a vincular su agenda política con el narcotráfico en Arauca, evidenciado en su oposición a la presencia de cultivos de hoja de coca para uso ilícito en la región (Comisión de la Verdad, s.f.).

En suma, la situación en Arauca ilustra una compleja interacción entre conflictos armados, economías ilegales y políticas de control territorial. Si bien el narcotráfico ha sido un factor menor en comparación con otras actividades ilícitas y en otras regiones del país, la presunta influencia de los grupos armados en la vida política y económica del departamento representa un desafío significativo para la búsqueda de un desarrollo sostenible en Arauca.

### 4.3 Síntesis

La interacción entre la explotación de recursos naturales, la agroindustria y la persistencia del conflicto armado han generado un escenario multidimensional de desafíos en el departamento de Arauca, donde los retos ambientales, sociales y económicos están estrechamente entrelazados. Esta realidad se refleja en el impacto sobre el ecosistema del humedal de Lipa, donde la expansión de la frontera agrícola y la explotación petrolera, junto con el conflicto, han alterado significativamente los ciclos hídricos, la cobertura vegetal y la biodiversidad. Estos cambios, a su vez, tienen un impacto directo en la vida y la salud de las comunidades locales, poniendo de relieve la necesidad de un enfoque que equilibre las dimensiones ambientales, sociales y económicas en la búsqueda de un desarrollo sostenible.

Por otro lado, la reconfiguración del conflicto armado y la presencia de economías ilegales controladas por grupos armados han exacerbado la crisis humanitaria y de seguridad en Arauca. La violencia, el desplazamiento forzado y las amenazas contra líderes sociales son manifestaciones de una disputa territorial intensificada, que no afecta la vida cotidiana de los habitantes y plantea retos para la gobernabilidad. En este contexto, se aboga por la adopción de estrategias integrales que busquen construir paz y desarrollo, y promover la sostenibilidad, los derechos humanos y la paz en la región. Este enfoque multidimensional requiere un análisis profundo y articulado de los actores ambientales, sociales y políticos, centrado en la generación de soluciones que respondan a la complejidad y especificidad de los desafíos presentes en Arauca.

## 5 Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad

El departamento de Arauca se encuentra dentro de la Orinoquía Colombia, en la región de los Llanos. Este departamento cuenta con unas características particulares en cuanto a sus condiciones ambientales, las dinámicas trasfronterizas al ser un departamento de frontera con Venezuela y con unos usos del suelo característicos de la región que marcan unos retos y unas oportunidades nuevas en torno a un desarrollo sostenible y a la transición energética justa. El siguiente análisis tendrá en cuenta la división político-administrativa y las condiciones especiales que conforman el territorio y su planeación, así como usos del suelo, las condiciones climáticas especiales que llevan a entender las dinámicas del ciclo del agua, las condiciones ambientales y ecosistémicas a partir del entendimiento de los ecosistemas estratégicos y zonas protegidas o de importancia de conservación, y los factores antrópicos entendiendo la relación con el recurso hídrico.

### 5.1 División político-administrativa

El departamento cuenta dentro de su territorio con un área de 23 818 km<sup>2</sup>, dividido en 7 municipios, entre ellos la capital departamental Arauca. Al sur limita con el departamento de Casanare, al occidente con los departamentos del norte de Santander y Boyacá, y al norte limita con Venezuela. Esto lo convierte en un departamento importante de dinámicas transfronterizas.

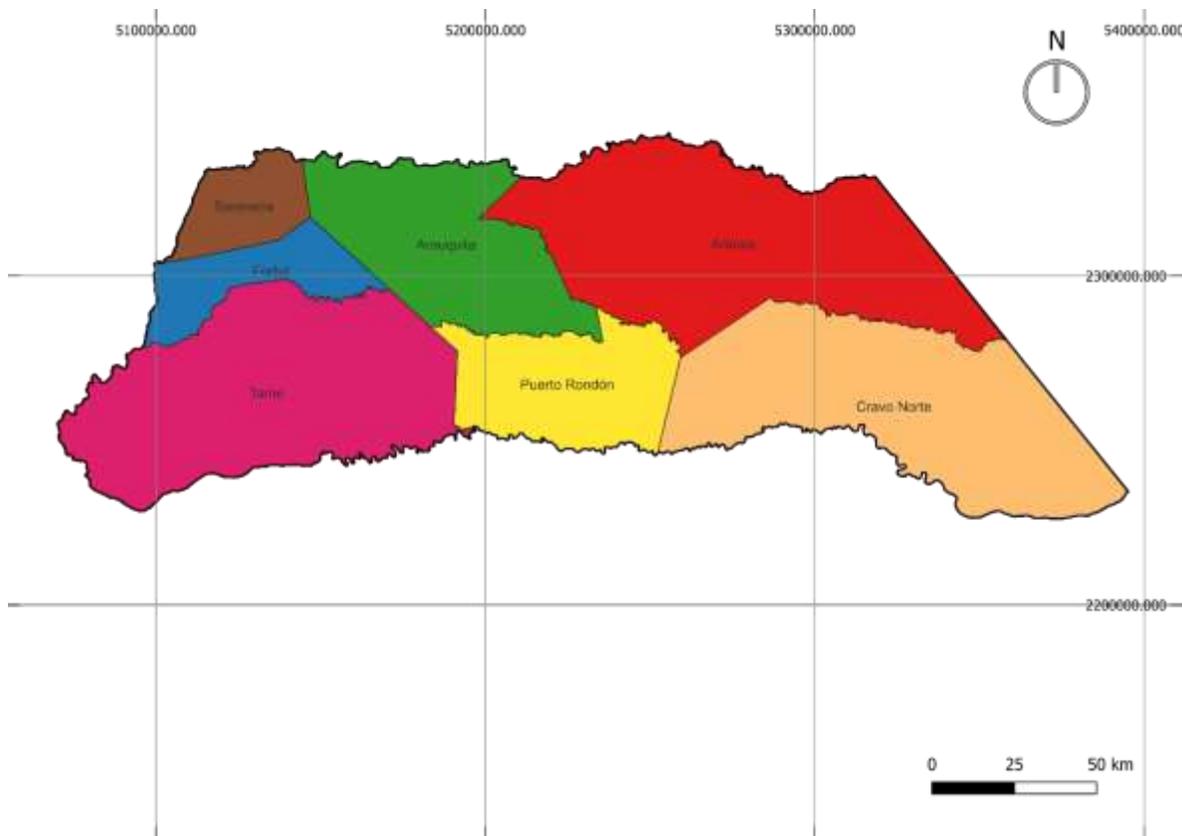


Figura 5-1 División político-administrativa del departamento de Arauca. Fuente: Igac. Elaboración propia.

#### 5.1.1 Resguardos indígenas

En el departamento se encuentran múltiples resguardos indígenas que abarcan 1284,6 km<sup>2</sup> del área total del departamento. Estos resguardos cuentan con una jurisdicción especial de administración del territorio, ligado

a áreas ancestrales de los pueblos que se ubican en ellos. El pueblo con mayor área de resguardo es el pueblo U'wa, cuyos resguardos ubicados al occidente del departamento ocupan un área de 791 km<sup>2</sup>, más de la mitad del total de áreas en resguardos. El segundo pueblo con más área de resguardo es el Tunebo, con un área de 32,9 km<sup>2</sup> ubicado al suroccidente del departamento. Al interior de Arauca se encuentran otros resguardos de importancia dispersados como los Guahibos, Hitnu y Macaguan, de áreas menores a los mencionados anteriormente. El oriente del departamento no cuenta con gran presencia de resguardos, a excepción del resguardo Piapoco limitando con Casanare.

### 5.1.2 Planes de ordenamiento territorial municipales y POMCAS

Desde la ley 388 de 1997 se estableció que todos los municipios del país contaran con planes de ordenamiento territorial en diferentes esquemas según la población de los municipios. En el departamento de Arauca todos los municipios cuentan con un esquema, sin embargo, 6 de estos fueron aprobados en el 2000 y 1 en el 2001. Estos planes no cuentan con una revisión o modificación posterior a su aprobación y no se han actualizado posterior al vencimiento de su vigencia según la ley 388. Esto significa que estos POT se encuentran obsoletos, sin considerar los nuevos lineamientos en cuanto a manejo ambiental y usos del suelo a nivel nacional surgidos posterior al año 2001. Tampoco se tiene registro de existencia de POMCAS en las cuencas de las fuentes hídricas del departamento.

### 5.1.3 Municipios PDET

En el departamento se encuentran 4 municipios dentro de los planes PDET, siendo estos Arauquita, Fortul, Saravena, Tame conformando juntos la subdivisión regional PDET Arauca. En estos municipios habitan 204.008 habitantes, es decir, casi dos terceras partes del total del departamento, y se ubican en un 46,5 % en áreas rurales y 53,5 % en áreas rurales (Agencia de Renovación del Territorio, 2022). Estos municipios cuentan con una incidencia del conflicto armado alta y muy alta, por lo que se considera que se encuentran en un riesgo alto. Sin embargo, no hay registros de áreas sembradas de cultivos ilícitos. En general se destacan estos municipios por su manejo de la propiedad rural y usos del suelo, con acciones como la siembra de 36.022 árboles de 2018-2021 o la adjudicación de 18.477 hectáreas a 662 familias campesinas. Por otro lado, también se han mostrado avances en la construcción de nueva infraestructura y servicios, como el aumento de la cobertura de energía eléctrica (156 nuevos usuarios), aumento de cobertura de acueducto y alcantarillado y también el acceso a las telecomunicaciones. En esta región se demuestra un desempeño mejor al promedio de los municipios PDET en la ejecución de los planes y las acciones para cumplir con las metas.

## 5.2 Usos del suelo (Cobertura de tierra)

Gran parte del territorio departamental no se encuentra en uso antrópico. Estos usos se concentran principalmente alrededor de las fuentes hídricas y en áreas cercanas a los centros poblados. Actualmente 68,9 % del territorio se encuentra habilitado para actividades agropecuarias, los bosques naturales y las áreas no agropecuarias corresponden al 22,1 % y las exclusiones legales al 9 % (SIPRA, 2023).

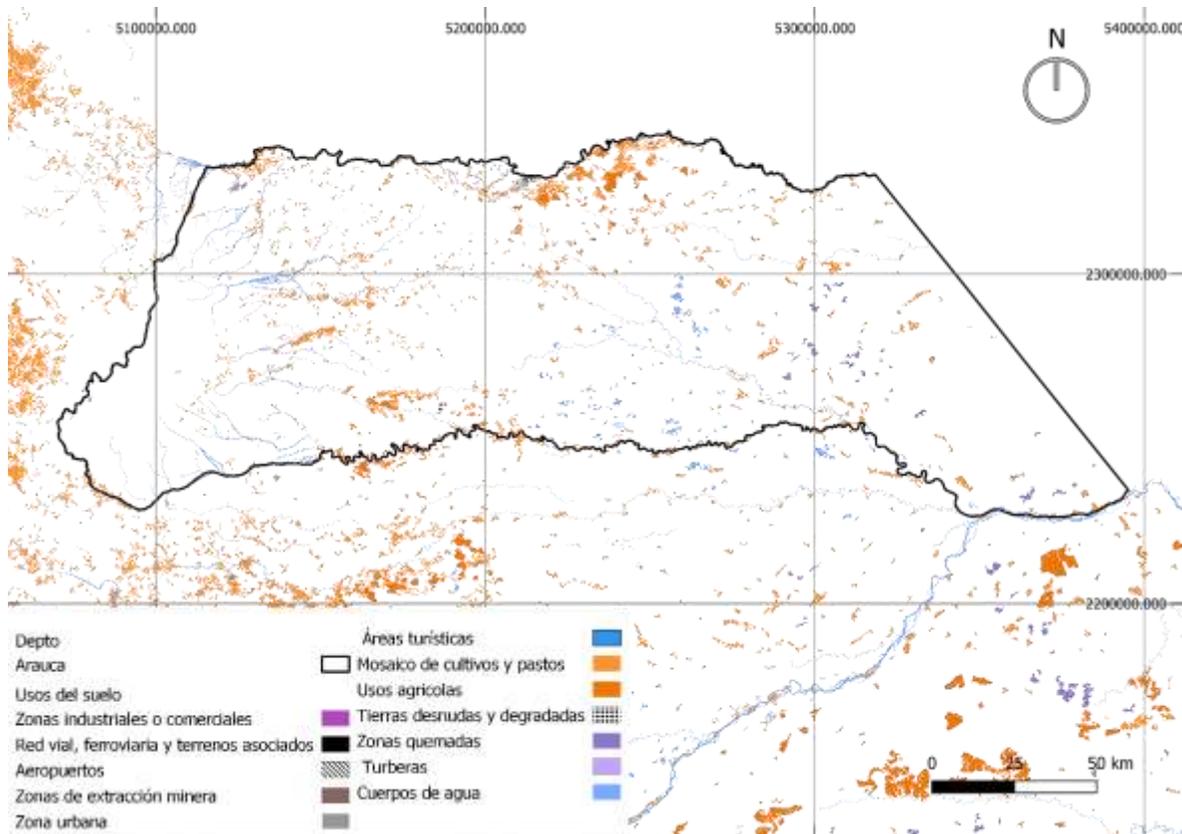


Figura 5-2 Cobertura de la tierra en el departamento de Arauca. Fuente: Ideam. Elaboración propia.

En todo el departamento, alrededor de fuentes hídricas, se encuentran parches dispersos de mosaicos de cultivos y pastos. En los mosaicos de pastos se realiza la actividad pecuaria del departamento y en los mosaicos de cultivos se llevan a cabo actividades agrícolas. Al norte del departamento, se ubican algunas áreas de extracción minera cercanas a la cuenca del río Arauca. Alrededor de los municipios de Arauca y Saravena hay áreas de actividad industrial, sobre todo en Tame con una extensión considerable. Alrededor de las áreas mineras del norte del departamento y del sur hay tierras desnudas y degradadas, cercanas a fuentes hídricas. También se registra la existencia de zonas quemadas en parches dispersos de una extensión igualmente considerable al oriente y suroriente del departamento, en áreas donde los usos del suelo son pocos (se encuentran pocos mosaicos de pastos y cultivos).

Gran parte del territorio se destina a actividades extractivas, principalmente a la extracción de hidrocarburos. Cerca de 3.300 km<sup>2</sup> son utilizados para esta actividad extractiva, en diferentes áreas de proyectos ubicados al norte y en el centro del departamento. El proyecto de mayor extensión es el bloque de perforación exploratoria Arauca, con un área de 1729 km<sup>2</sup> administrados por la empresa Pacific Stratus Energy Colombia CORP, ubicada en el centro del departamento en el área de los municipios de Puerto Rondón, Arauca y Cravo Norte.

73,9 km<sup>2</sup> del departamento son utilizados para la actividad minera y cuentan con licencias para esta actividad. Principalmente se extraen arcillas, arenas arcillosas, grava, piedra caliza y materiales de construcción. Al norte del departamento en la concesión de Occidental de Colombia LLC se extraen adicionalmente Caolin y Bentonita. Esta mina se ubica cercana al río Arauca y cuenta con un área licenciada de 16,75 km<sup>2</sup>. Otra mina de importancia es la de la concesión Fundación del Oriente Colombiano en el municipio de Tame, donde se extraen Arena sílicea, grava, arcilla y otras arenas industriales y arcillosas. Esta mina cuenta con un área de 22 km<sup>2</sup>, siendo la más extensa del departamento.

Aunque en años anteriores se registraba en el departamento un uso extensivo de áreas para los cultivos ilícitos (principalmente Coca), en la actualidad se registra una baja densidad de estos en el departamento. Algunas de estas áreas se encuentran al sur y en el centro del municipio de Arauquita, con densidades de 0-10 cultivos por ha, en parches dispersos. En los municipios PDET no se tiene registros de cultivos de coca (Agencia de Renovación del Territorio, 2022).

### 5.3 Hidrología

#### 5.3.1 Cuerpos de agua

El departamento de Arauca se encuentra rodeado de fuentes hídricas de importancia nacional que configuran sus fronteras. Al norte se encuentra el río Arauca, de donde el departamento obtiene su nombre. Este río que significa la frontera entre el departamento y Venezuela cuenta con un caudal medio de  $485 \text{ m}^3/\text{s}$ . Al sur se encuentran 2 grandes ríos de importancia nacional. El río Meta, con un caudal de  $6614 \text{ m}^3/\text{s}$ , funciona como frontera entre Arauca y el departamento de Vichada. El resto de la frontera sur del departamento es conformada por el río Casanare, cuyo caudal promedio equivale a  $6490 \text{ m}^3/\text{s}$ . Estos 3 ríos son a su vez los ríos a donde fluyen las otras fuentes hídricas del departamento y forman parte de la gran cuenca internacional del Orinoco.

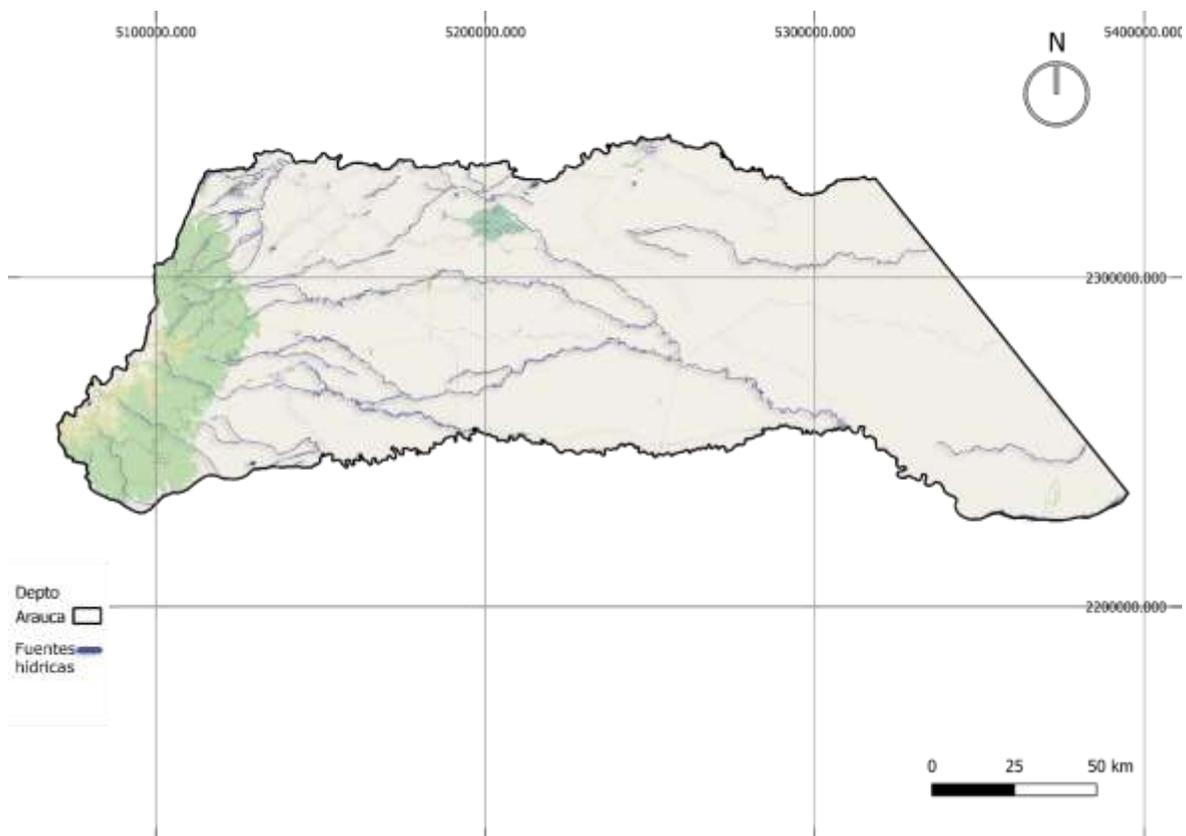


Figura 5-3 Hidrografía del departamento de Arauca. Fuente: OSM. Elaboración propia

Al interior del departamento fluyen otros ríos de gran importancia, que tienen como punto de nacimiento el nevado del Cocuy en su mayoría, y en menor medida en serranías al interior del departamento. Uno de estos

es el río Cravo Norte, que nace en el nevado del Cocuy y recorre el departamento longitudinalmente hasta desembocar en el río Casanare en el municipio de Cravo Norte. Este río es el de mayor extensión del departamento. Así como este río, existen otros ríos que nacen en el nevado y cuentan con un gran caudal por la pendiente, como el río Cusay, el río Ele, el río Tame o el río Tocoragua. Otros ríos importantes son el río Lipa en el centro del departamento, afluente del Cravo Norte, o el caño Mangles al oriente del departamento.

### 5.3.2 Zonificación Hidrográfica

La zonificación hidrográfica del departamento, según la zonificación hidrográfica establecida por el IDEAM en 2013, se divide en las 3 cuencas principales ya mencionadas: El río Meta, el río Casanare y el río Arauca. Estas son las 3 zonas hidrográficas (ZH) donde se encuentran todas las subzonas hidrográficas (SZH) presentes en el territorio del departamento. Las SZH dentro de la ZH del río Meta es la del río Cinaruco y otros directos al río Orinoco, ubicada al oriente del departamento. Dentro de la ZH del río Casanare se encuentran las SZH de Caño Samuco y río Cravo Norte al centro del departamento, y el río Casanare al sur del departamento rodeando el río homónimo. Al norte se encuentran las SZH dentro del AH del Río Arauca, como los directos al Río Arauca y el Río Banadía y otros directos al Río Arauca. La SZH con mayor extensión es la del Río Cravo Norte, con 8803 km<sup>2</sup>.

### 5.3.3 Cuerpos de agua lénticos

El departamento de Arauca cuenta con distintos cuerpos de agua lénticos, conformados por lagunas, y pantanos o zonas potencialmente inundables. Entre los primeros se encuentra la laguna de La Plaza en el parque nacional natural el Cocuy, siendo el punto de nacimiento del río el Playón. Al norte del departamento se pueden encontrar algunas áreas pantanosas alrededor de la cuenca del río Arauca. En el centro del departamento es donde se pueden encontrar la mayoría de los cuerpos de agua, principalmente áreas inundadas alrededor de ríos como el río Ele o el río Lipa, y también cañadas como la cañada Metapalma o las lagunas Guarataro, Piquetierra, Venero y Quitasolito. Alrededor del Caño La Mata en el oriente del municipio de Arauca se encuentran otras agrupaciones de lagunas menores. Sin embargo, los cuerpos de áreas lénticos que más abundan en el departamento son las áreas inundables alrededor de los ríos como zonas potencialmente inundables.

### 5.3.4 Zonas potencialmente inundables

En Arauca se encuentran un total de 10 977 km<sup>2</sup> de zonas potencialmente inundables (ZPI), conformando casi la tercera parte del departamento. Estas áreas inundables se encuentran principalmente alrededor de las fuentes hídricas y se inundan en temporadas de lluvias especialmente (Aunque bastantes zonas conforman cuerpos de agua permanentes). La SZH con mayor área de ZPI es el río Cravo Norte, con 4624,2 km<sup>2</sup> de estas, conformando más de la mitad del área de la SZH. Esto significa que gran parte del departamento, especialmente al interior de este, se caracteriza por sus áreas inundables y las dinámicas de inundaciones propias de la sabana tropical de la cuenca del Orinoco.

Sin embargo, algunas de estas ZPI han sido sometidas o son productos de transformaciones antrópicas. En total han sido transformados 582,8 km<sup>2</sup> de estas en el departamento (Ideam, 2023). La mayoría de las SZH no cuenta con un porcentaje de transformación mayor a 6 %, sin embargo, en la SZH del Río Banadia y otros directos al Arauca se presenta un porcentaje de transformación de 29 %, principalmente debido a afectaciones por cambios en los usos del suelo y la intervención antrópica.

## 5.4 Ecosistemas estratégicos

### 5.4.1 Ecosistemas principales

Arauca se puede dividir en 4 grandes zonas ecosistémicas, siendo estas la región montañosa del occidente en el parque nacional natural del Cocuy, la zona del piedemonte con agroecosistemas, las sabanas y praderas y las áreas inundables. Estas zonas se pueden ubicar geográficamente en las zonas del oriente, centro, norte y sur del departamento. El ecosistema más característico del departamento es el de sabanas tanto inundables como estacionales, aunque existan también grandes extensiones de agroecosistemas. Esto se debe a la topografía plana de la región inmersa en la gran cuenca del Orinoco (como parte de los Llanos colombianos). Solo se presentan terrenos elevados en el occidente del departamento, sin embargo, hacen parte del parque nacional natural del Cocuy que cuenta con áreas de páramos y glaciares.

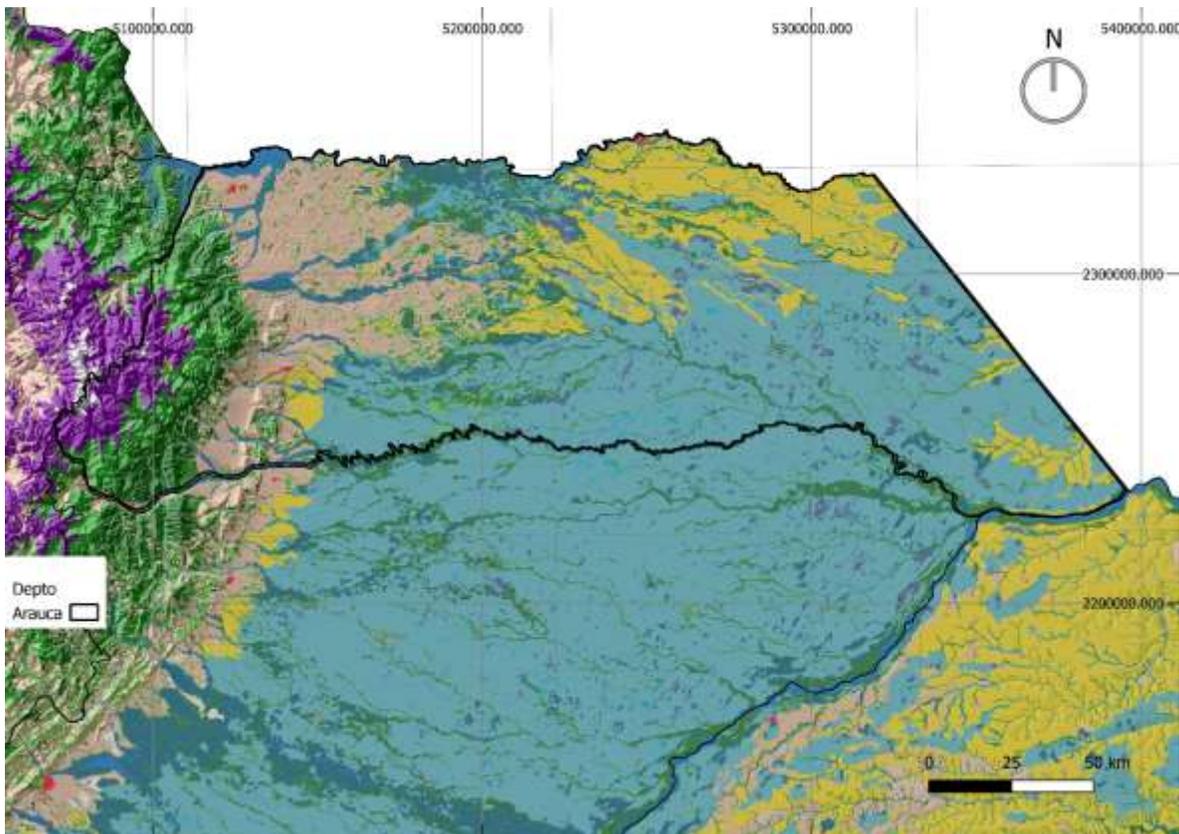


Figura 5-4 Ecosistemas del departamento de Arauca. Fuente: Ideam. Editado de *Ecosistemas continentales, marítimos y costeros de Colombia* (2017).

Al oriente del departamento se encuentra la zona montañosa, con áreas de glaciares, páramos y bosques andinos dependiendo de la altura y la topografía. En esta zona se encuentran los puntos más elevados del departamento. En el piedemonte al occidente del departamento se encuentran extensiones de cultivos y pastos, con parques menores de bosques subandinos secos y bosques fragmentados (especialmente alrededor de fuentes hídricas). En esta región se encuentra algunas serranías que son el punto de nacimiento de algunos ríos. Alrededor de los ríos se encuentran zonas inundables pantanosas. Al norte del departamento se ubican algunas zonas inundables al borde del río Arauca, generando terrenos pantanosos de gran extensión. Al noroccidente se encuentran áreas extensas y continuas de sabanas estacionales cercanas al río Arauca hasta el

caño mangles. Desde ahí hacia el sur se extienden grandes planicies de sabanas inundables, con parches de sabanas estacionales no inundables y zonas pantanosas en algunos puntos. En esta región también se encuentran la mayoría de las áreas quemadas del departamento. Las sabanas inundables se extienden desde el piedemonte hasta la frontera occidental del departamento. En el centro del departamento se encuentran a también, de norte a sur, sabanas inundables, sabanas estacionales y bosques subandinos secos alrededor de ríos.

#### 5.4.2 Zonas protegidas

Según el registro RUNAP de la entidad Parques Nacionales Naturales de Colombia, existen grandes extensiones de zonas protegidas, entre parques nacionales naturales y parques regionales. En total se registra que un 9 % del departamento se establece como parte de exclusiones legales.

Al occidente del departamento se encuentra el parque Nacional Natural El Cocuy, que se caracteriza por sus ecosistemas de alta montaña (incluyendo páramos y glaciares) y ecosistemas de bosques andinos. Este parque nacional es compartido con el departamento de Boyacá y solo una parte de su territorio se encuentra en Arauca. Al norte del parque el Cocuy se encuentra la reserva forestal Cuenca Alta del Río Satoca, con un área de 4200 ha. Al oriente del departamento se ubica el distrito de manejo integrado Cinaruco, siendo el área protegida de mayor extensión dentro del departamento con un área de 331 848 ha. Este distrito es declarado y administrado por el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Finalmente se cuenta con la presencia de otras zonas protegidas de menor extensión al suroriente del departamento, como las reservas naturales de la sociedad civil Bombay, El Horizonte y Los Clavellinos, con áreas de 1068 ha, 1051 ha y 895 ha respectivamente. También al suroriente se encuentra la reserva natural Los Paraguitos, con un área de 305 ha.

Sin embargo, existen otras áreas de manejo especial ambiental o de importancia ecosistémica en el departamento. Estas son principalmente las áreas inundables en las sabanas inundables y alrededor de fuentes hídricas, abarcando una gran extensión del departamento. Asimismo, se encuentra la reserva forestal del Cocuy establecida en la Ley 2 de 1959.

#### 5.4.3 Condición de los glaciares

Aunque en el departamento no exista una gran extensión de zonas montañosas, se encuentra dentro de su territorio parte del Parque Nacional Natural el Cocuy, con áreas de glaciares. Este es una de las 5 regiones con glaciares aún presentes en el país. Solo 2 de estas áreas a nivel nacional son sierras nevadas, una de estas siendo la sierra del Cocuy. El límite inferior del área nevada en altura es de 4800 metros s.n.m. Con un área de 12,99 km<sup>2</sup> es el área glacial.

El patrón regular y tendencial de transformación del territorio es el de la disminución de las áreas de glaciares a nivel nacional, con una disminución de 90 % del total del área glacial en los últimos 170 años y 26 % en la última década. Sin embargo, desde 2017 a 2021 se registró una disminución de la reducción (de 3 a 5 % anuales) debido al fenómeno de La Niña. Sin embargo, el nevado del Cocuy ha presentado cierta estabilidad en la reducción de su área con respecto a otros glaciares. Sin embargo, si se ha visto una disminución significativa desde su tamaño en 1850, que correspondía a 148 km<sup>2</sup>.

### 5.5 Climatología y recursos hídricos

#### 5.5.1 Precipitación

La precipitación promedio del departamento puede variar dependiendo de la región. En general se registra una precipitación promedio de 1500-3000 mm anuales, con áreas de menor precipitación en el norte del departamento y de mayor precipitación en el sur y en el oriente (2500-3000 mm) (Ideam, 2010). Los meses de mayor precipitación son de mayo a julio mientras en octubre también se evidencia un aumento de lluvias con

respecto al mes anterior y posterior. De enero a marzo se evidencia una disminución drástica de la precipitación, demostrando las dinámicas diferentes entre los periodos de lluvia y de sequía anuales.

### 5.5.2 Escorrentía y oferta hídrica

La escorrentía registrada es directamente proporcional a las dinámicas de la precipitación. Con una alta evapotranspiración por las dinámicas ambientales, se presenta un índice de escorrentía bastante menor a la precipitación anual en el departamento de Arauca. En promedio se registra al año un valor de 600-1500 mm de escorrentía en un año medio, aunque esto varía dependiendo de la zona del departamento. En la región de sabanas estacionales al norte del departamento se registran escorrentías entre 600-1000 mm, y en las sabanas inundables de 800-1000 mm, mientras en el extremo suroriental cercano al río Meta y el extremo nororiental en el piedemonte se registran valores de 1000-1500 mm. Sin embargo, en la región del parque nacional natural el Cocuy se percibe una escorrentía superior a los 3000 mm, llegando hasta más de 6000 en las zonas de páramos y glaciares (Ideam, 2023).

Los meses donde se produce una mayor escorrentía son los mismos donde existe un valor de precipitación alto, es decir, periodos de mayo a julio. En estos meses se registran valores de escorrentía mensuales de 80-150 mm mensuales, mientras que en los meses más secos (enero-marzo) este valor baja a 20-60 mm. Cabe resaltar que la escorrentía disminuye drásticamente en años secos, con escorrentías anuales en promedio de 200-600 mm, es decir que se disminuye a menos de la mitad, mientras que en años húmedos aumenta a 1500-3000 mm anuales, es decir que se duplica con respecto al año medio.

La oferta hídrica registrada en promedio al año es de 24 885 millones de m<sup>3</sup> al año, de los cuales 17 475,33 hacen parte de la oferta hídrica disponible efectivamente en un año medio. Las variaciones entre años medios, años secos y años húmedos son significativas y muestran un cambio drástico en la oferta del recurso hídrico tanto disponible como total. La oferta total en un año húmedo corresponde a 60 203,2 millones de m<sup>3</sup>, es decir, más del doble que en un año medio, mientras que en un año seco se dispone de 9 609 millones de m<sup>3</sup>, menos de la mitad de un año medio. La oferta disponible muestra dinámicas similares, con una oferta de 42 421 millones de m<sup>3</sup> en un año húmedo (más del doble que un año medio) y 6 715 millones de m<sup>3</sup> en un año seco (menos de la mitad con respecto a un año medio). La SZH con mayor oferta hídrica es río Cravo Norte, que es a su vez la SZH con mayor área, aportando 7 767,9 millones de m<sup>3</sup> en total y 5 815,4 millones de m<sup>3</sup> como oferta efectiva disponible. La variabilidad de la oferta hídrica total superficial para todo el departamento es media, significando una alta variación del agua disponible anualmente dependiendo de las temporadas y las condiciones climáticas.

### 5.5.3 Eventos de sequía e índice de aridez

El Índice de aridez (IA) para el departamento es relativamente bajo. La mayoría del territorio muestra un IA de moderado a excedentes de agua, por lo que se evidencia que la evapotranspiración no es tan elevada como en otras regiones del país. Esto significa que existen grandes problemáticas por déficit del recurso hídrico a causa de evapotranspiración y efectos climáticos (Ideam, 2023). Sin embargo, aunque haya altos excedentes de agua superficial, se registra un índice de regulación y retención en su mayoría bajo y medio, por lo que si existe una vulnerabilidad en cambios del recurso hídrico por temporadas y años secos y húmedos. Es así como las temporadas más lluviosas pueden marcar altos excedentes de agua, pero las temporadas secas significar eventos de sequía. Las zonas con una retención y regulación de agua baja son aquella ubicadas en el centro del departamento, con ecosistemas de sabanas inundables.

El departamento es uno con más presencia de eventos de sequía a nivel nacional. En el periodo de 1983 a 2020 se registraron 734 eventos de sequía de diferentes duraciones, siendo el segundo departamento del país con más eventos registrados. El periodo de mayor recurrencia de eventos es de sequías de 1 mes, con 112 eventos,

pero también las sequías de 3 meses con 109 y 6 meses con 104. Estos eventos se reportaron para 3 índices registrados, es decir sequías en variaciones en la precipitación, escorrentía o humedad del suelo. En índices multivariados, juntando 2 o más de estos índices, se registraron 37 eventos de sequía en periodos de 1 mes, 37 en periodos de 3 meses y 36 en periodos de 6 meses. Con estos valores y eventos registrados se entiende que el departamento es altamente susceptible a eventos de sequía con diferentes afectaciones, especialmente en periodos menores a 1 año. Estos eventos de sequía generan algunas alteraciones en el abastecimiento del recurso hídrico para ciertos municipios (ver 5.6.2).

#### 5.5.4 Inundaciones

Por las dinámicas de las variaciones en precipitaciones, escorrentía y caudales de los ríos se pueden presentar eventos de sequías con alta recurrencia en el departamento, pero asimismo de inundaciones. La SZH de Rio Cravo Norte por ejemplo es una de las SZH con mayor porcentaje de áreas inundables, cubriendo 2,44 % del territorio. Esto refleja la alta susceptibilidad a inundaciones y alta presencia de agua superficial en el territorio. Sin embargo, estos eventos de inundaciones se presentan en extensiones de tierra con topografía llana, sin demostrar una evidencia de eventos de avenidas torrenciales y crecientes súbitas. En total se reportan entre 10 y 200 eventos de inundaciones en el departamento de Arauca, en un periodo de 2000 a 2021.

Las regiones con mayor recurrencia de inundaciones en el mismo periodo son los municipios alrededor del río Arauca y el río Meta. En estas regiones se presentaron más de 20 eventos entre 2000 y 2021. Durante los fenómenos de La Niña de 1988, 2000, 2011 y 2012 se cubrieron grandes áreas dentro de las sabanas inundables y sabanas estacionales del departamento por agua generando inundaciones significativas. Sin embargo, no solo en años del fenómeno de La Niña se han visto estas afectaciones. En el año 2023 se registraron eventos de inundaciones en los municipios alrededor del río Banadía y Arauca, afectando a 31.450 personas de 12.101 hogares. También se registraron pérdidas importantes en la agroindustria, con 15 207 ha de cultivos afectadas, o en la infraestructura, con averías en puentes y vías. (OCHA; GIFMM, 2023). Asimismo, se han presentado problemáticas de salud pública con brote de dengue tipo 1 y 2.

Estas inundaciones son recurrentes, demostrando afectaciones importantes a infraestructura, cultivos y a viviendas en zonas rurales anualmente, especialmente en los municipios de Tame, Arauca, Arauquita, Fortul y Saravena, limitando las conexiones y la libre movilidad, así como generando afectaciones a viviendas, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y la salud pública de la población (Espinosa Borrero, 2023).

#### 5.5.5 Sedimentación y Erosión

Principalmente por la baja topografía y la ausencia de cadenas montañosas con alta pendiente en gran parte del territorio se presenta una baja entrega en laderas de sedimentos, significando pocos sedimentos tanto en áreas o puntos de entrega como en el peso de estos. El rendimiento de los sedimentos es bajo, en un rango de 0,2 – 0,5 kton/año/km<sup>2</sup>, demostrando la existencia de sedimentos, aunque relativamente baja. Esta dinámica de sedimentos se relaciona directamente con la erosión hídrica alrededor de fuentes hídricas y en laderas.

En todas las SZH del departamento se presentan índices de erosión hídrica ligeros o con erosión hídrica inexistente. En los meses con mayor sequía, donde la humedad del suelo es relativamente baja se puede presentar un ligero aumento del índice de erosión hídrica, sin embargo, este nunca supera el valor de 1 (A nivel nacional se presentan en algunas zonas valores de 10). Las zonas donde potencialmente se puede presentar mayor erosión se ubican en las laderas de las montañas en el PNN del Cocuy, donde nacen los ríos y fluyen en mayor pendiente a su desembocadura. En las SZH de Rio Casanare, Rio Cravo Norte y Rio Banadía y otros directos al Arauca se presenta una erosión hídrica potencial efectiva baja, en las otras SZH es muy baja.

### 5.5.6 Proyecciones para el año 2040

La vulnerabilidad ambiental para el año 2040 reportada en el departamento de Arauca es mayoritariamente media y alta. En esta región de la Orinoquía se presenta una alta vulnerabilidad ambiental en las sabanas inundables y estacionales, presentando una alta vulnerabilidad ante alteraciones y afectaciones generadas por impactos ambientales y cambios en las condiciones climáticas. Existen otros factores determinantes para la vulnerabilidad ambiental como la afectación a cuerpos de agua lénticos por usos agrícolas extensivos como el arroz y la contaminación por la industria petrolera (FLM, 2016). Asimismo, existen afectaciones a centros poblados por cambios en las dinámicas de inundaciones provocadas por desbordamientos de ríos, generando una alta vulnerabilidad en la población (Garavito Castañeda, Agudelo Vargas, 2021). Para el año 2040 sin embargo, se prevé un ligero aumento de la precipitación de 1,1 % con respecto al año 2015 (Ideam, 2023).

La principal alteración en la demanda del recurso hídrico se dará en el sector pecuario, uno de alta presencia en la economía del departamento. Se prevé un aumento de más del 50 % a nivel nacional. Otros sectores presentes en el departamento son el de la postcosecha, que contará con un aumento de más del 150 %, y el sector de hidrocarburos, cuya demanda no aumentará en altos porcentajes. Esto se debe tener en cuenta considerando la oferta hídrica y la demanda actual en el departamento.

## 5.6 Recursos ecosistémicos

### 5.6.1 Demanda hídrica

La demanda hídrica del departamento corresponde a 2,04 % del total nacional, con un total de 651,8 millones de m<sup>3</sup> al año. Esta se compone principalmente del sector agrícola y postcosecha, abarcando casi el 80 % del total de la demanda del departamento. Otros sectores significativos son el sector de hidrocarburos con más del 10 % de la demanda hídrica, el sector pecuario con 8 % y 3 % entre el sector doméstico y servicios. Actualmente la demanda hídrica del departamento corresponde a 3,73 % de la oferta disponible total en un año medio y 9,7 % en un año seco.

El sector agrícola en Arauca significa el 3,7 % de la demanda hídrica del sector a nivel nacional, siendo el sector con más demanda para el departamento. Sin embargo, el sector de hidrocarburos, de menor demanda en el departamento, corresponde a un mayor porcentaje de participación en la demanda sectorial a nivel nacional con el 16,1 %. El sector pecuario también tiene una participación significativa sectorial representando el 3,2 % a nivel nacional.

Las SZH con mayor demanda hídrica son Río Cravo Norte, con una demanda de 326,7 millones de m<sup>3</sup> anuales, seguida de Río Banadía y otros directos al río Arauca 152,5 millones de m<sup>3</sup> y Río Casanare con 114,4 millones de m<sup>3</sup>. Estas demandas por SZH son igualmente muy inferiores a la oferta total disponible tanto en años medios como secos, siguiendo la tendencia a nivel departamental. El índice del uso del agua es bajo y muy bajo en años medios y bajo y moderado en años secos, reflejando una disponibilidad significativa del recurso hídrico para la demanda actual. Los índices del agua no retornada a las cuencas igualmente son bajos y muy bajos en todas las SZH de Arauca. Sin embargo, algunas SZH como Río Cravo Norte (alta) y Río Casanare o río Banadía y otros directos al río Arauca (media) pueden presentar una mayor vulnerabilidad hídrica en años secos. El índice de eficiencia de uso del agua es alto y muy alto en todas las SZH.

La huella hídrica verde para usos agrícolas y otros usos corresponde a 14 194 millones de m<sup>3</sup> y la huella hídrica azul a 345 millones de m<sup>3</sup> anuales. Los meses donde se presenta un aumento de la huella hídrica verde en el sector agrícola en todas las SZH son mayo y de julio a octubre, con valores mensuales de hasta 50 millones de m<sup>3</sup>.

### 5.6.2 Susceptibilidad al desabastecimiento

Con la alta oferta hídrica en el departamento no se presentan muchos eventos de desabastecimiento por sequías en los centros poblados y zonas rurales. Sin embargo, hay 3 municipios que, si han reportado casos de desabastecimiento por afectaciones climáticas en el periodo de 2017 a 2021, de baja y media recurrencia. Estos municipios son Arauca, Arauquita y Saravena. En los 3 municipios se han presentado casos de desabastecimiento en zonas rurales y en Arauquita, de recurrencia media, en áreas rurales y urbanas. En todos los municipios se presentan casos de desabastecimiento por afectaciones a las fuentes hídricas de abastecimiento, y en Arauca incluso por afectaciones a infraestructura. Estas afectaciones por desabastecimiento se dan principalmente en temporadas de lluvia por alteraciones en el caudal de los ríos y desbordamientos, dificultando la obtención del recurso hídrico.

### 5.6.3 Calidad del agua

El departamento de Arauca no cuenta con alta presencia de contaminantes o con una calidad del agua mala en general en sus fuentes hídricas. Se evidencia la presencia de algunos contaminantes en fuentes hídricas al oriente del departamento como una carga de 5-10 mg/l de Carbono orgánico total, menos de 0,1 mg de N-NH<sub>3</sub>-/l (Nitrógeno amoniacal), 2-5 mg de O<sub>2</sub>/l (oxígeno disuelto) y entre 1 y 100 mg/l de sólidos totales. En estos puntos se reportan estas concentraciones de contaminantes provenientes de actividades extractivas como la minería y los hidrocarburos.

Otros contaminantes registrados en el Estudio Nacional del Agua (Ideam, 2023) como el DBO (demanda bioquímica de oxígeno) DQO (demanda química de oxígeno) y SST (sólidos suspendidos totales) presentaron concentraciones bajas en todas las SZH del departamento, exceptuando Río Banadía y otros directos al río Arauca. Los valores totales para el departamento correspondieron a 2394,5 t/año de DBO, 4323,2 t/año de DQO y 4605,7 t/año de SST. En la SZH con mayor presencia de estos contaminantes se reportaron valores de 940,3 t/año de DBO, 1759,5 t/año de DQO y 1735,9 t/año de SST, representando un alto porcentaje del total de cargas del departamento. Esta SZH ubicada adyacente al río Arauca agrupa a su vez la mayoría de los centros poblados y densidad poblacional.

El índice de alteración potencial de la calidad del agua en general es bajo, teniendo en cuenta la alta capacidad de carga de contaminantes de las fuentes hídricas debido al elevado caudal. Sin embargo, este panorama cambia en años secos donde En las SZH de Río Banadía y otros directos al río Arauca; y directos al Río Arauca presenta valores altos y Río Casanare y Río Cravo Norte presentan valores moderados.

### 5.6.4 Infraestructura y manejo del agua

En un departamento con tanta abundancia del recurso hídrico es pertinente revisar el estado de manejo del agua y la infraestructura relacionada al uso antrópico del agua en Arauca. En primer lugar, cabe resaltar la ausencia actualmente de centrales hidroeléctricas en el departamento. Desde 2013 se plantea la construcción de 2 centrales hidroeléctricas en el río Tame en el municipio de Tame, con una producción estimada de 60 TJ. Efectivamente se acerca la planeación de una de estas centrales por parte de diferentes actores, entre estos la gobernación departamental (Abril Agudelo, 2022). Tampoco se tienen registros de represas para la obtención de agua en cultivos u otros usos en el departamento (Barón Cáceres, 2019).

Por otro lado, existe una amplia cobertura de sistemas tradicionales de tratamiento de aguas residuales. 7 municipios del departamento cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales, conformados casi exclusivamente por lagunas de oxidación, a excepción de las plantas de tratamiento La Itibana y el Gualandao en Tame. (Superintendencia de servicios públicos domiciliarios, 2019). Incluso la capital departamental y municipio más poblado, Arauca, cuenta con un sistema de lagunas de oxidación para el tratamiento de aguas residuales.

### 5.6.5 Acueducto y agua potable

El departamento de Arauca cuenta con una alta cobertura del servicio de acueducto en todos sus municipios. El porcentaje de cobertura menor reportado en el año 2018 es de 45-60 % en Arauquita, mientras que los municipios restantes presentan coberturas mayores a 60 %, incluso en el caso de Arauca y Tame con más del 75 %. En los 4 municipios PDET del departamento, esta cobertura reportada fue de 63,8 % en el año 2021 (ART, 2023). En materia de aumento de cobertura de agua potable se han hecho avances en los últimos 5 años.

La continuidad del servicio es buena, reflejando un servicio continuo de más de 23 horas del servicio para toda la población en todos los municipios del departamento. La infraestructura muestra únicamente deficiencias y falta de cobertura en áreas rurales de los municipios. La mayoría del agua obtenida proviene de bocatomas en los ríos cercanos a los municipios aprovechando su alto caudal y la oferta hídrica elevada.

### 5.6.6 Alcantarillado

El panorama de cobertura del servicio de alcantarillado es algo más deficiente que para el acueducto. En el año 2018 se reportó una cobertura baja, de entre 30 y 45 % en los municipios de Arauquita y Saravena, mientras Rio Cravo Norte refleja una cobertura de entre 45 y 60 %. En los municipios PDET incluso se reflejó una disminución de la cobertura del 2 % entre 2018 y 2020. Los otros municipios demuestran una cobertura de entre 60 y 75 %. Aunque estas cifras sean mayores a otras regiones del país, se sigue evidencian una falta de cobertura en una gran parte de la población, especialmente en zonas rurales. En el año 2022 se planteó la ampliación de las redes de alcantarillado del municipio de Tame (Gobernación de Arauca, 2022) y en 2023 se planteó la construcción del alcantarillado urbano de Arauca (Gobernación de Arauca, 2023).

## 5.7 Síntesis

El departamento de Arauca se destaca en diferentes puntos del ordenamiento territorial sostenible, mientras carece de gran avance en otros. En primer lugar, se destaca la condición de obsolescencia de los planes de ordenamiento territorial y la ausencia de POMCAS, aún con la importancia de sus cuencas hídricas. Por otro lado, se destaca la ejecución de los planes PDET en diferentes ámbitos, que han servido como planes de ordenamiento y desarrollo en los municipios PDET al occidente del departamento, que demuestran un avance mayor a otras regiones del país.

En cuanto a usos del suelo se destaca el uso del territorio para la explotación de hidrocarburos y minería, así como en menor medida agroindustria e industria pecuaria. Aun así, grandes porciones del territorio no son utilizadas para los usos adecuados. Una gran parte del territorio es utilizada para la obtención de recursos no renovables, especialmente la industria petrolera. Por otro lado, no se refleja una presencia significativa de cultivos ilícitos.

El departamento de Arauca se caracteriza por sus condiciones ambientales variadas, con ecosistemas de sabanas estacionales inundables, pero también con una presencia de zonas montañosas y páramos al occidente del departamento. Estos ecosistemas importantes para la conservación se encuentran en parte en zonas protegidas, como las zonas montañosas al occidente en el parque nacional natural El Cocuy y el distrito de manejo especial al oriente en las zonas de sabanas. Aun así, se han visto alteraciones de las condiciones ecosistémicas por el cambio climático como la disminución de cobertura de glaciares en el parque El Cocuy.

Las condiciones climáticas, la alta precipitación y escorrentía lo convierten en un departamento con una alta oferta hídrica incluso en años secos. Estas condiciones pueden ser variadas dependiendo de las temporadas del año, con temporadas de lluvias pronunciadas y sequías de temporadas de 3 a 6 meses en alta recurrencia. Esta variación en las condiciones ambientales genera algunas problemáticas como algunos casos de desabastecimiento (aunque no en épocas de sequía sino de lluvias) y algunas inundaciones en las áreas

inundables al centro y norte del departamento afectando a una gran parte de la población. Por otro lado, existe una baja regulación del recurso hídrico, debido a la gran variación de la precipitación en las diferentes temporadas del año, cambiando drásticamente la oferta del recurso. No se presentan otras problemáticas asociadas al recurso hídrico como erosión o sedimentación, sin embargo, si se refleja una vulnerabilidad ambiental alta prevista para el año 2040 debido al cambio climático.

En cuanto al uso antrópico del recurso hídrico se presenta una demanda hídrica elevada especialmente en el sector de la agroindustria, obtención de hidrocarburos y el sector pecuario, que son significativos en el departamento. En el sector de hidrocarburos incluso se presenta una gran proporción de la demanda hídrica sectorial a nivel nacional. Estos usos han generado algunas problemáticas asociadas a cargas de contaminantes en algunas fuentes hídricas, sin embargo, la capacidad de carga de los ríos ha generado una baja concentración de estos. Por otro lado, se presenta una baja presencia de otra infraestructura relacionada con el uso del agua, como represas o centrales hidroeléctricas, y solo una cobertura baja de sistemas de tratamiento de aguas residuales eficientes.

La cobertura en general y la frecuencia del servicio de acueducto es elevada en todos los municipios del departamento. En el caso de alcantarillado se presentan algunas falencias en algunos municipios, sin embargo, se reflejan índices mayores a otras regiones del país.

Teniendo en cuenta los puntos anteriores, se reconocen los potenciales inminentes relacionados con el recurso hídrico que presenta el departamento. Con la gran cantidad del recurso hídrico en general, se debe tener en cuenta la protección de las fuentes hídricas que, aunque presentan una baja contaminación y afectación, si presentan algunas alteraciones por los usos del suelo. Asimismo, se destaca la alta cobertura de servicios públicos relacionados al agua, que permite actuar con respecto a otras problemáticas en cuanto al recurso hídrico como las variaciones que tiene la demanda en sectores representativos del departamento a futuro. Asimismo, se deben considerar las condiciones ecosistémicas actuales y generar planes de ordenamiento y POMCAS que aporten a la mitigación de impactos generados por el cambio climático y desastres naturales o variaciones de la oferta hídrica por condiciones extremas. Entendiendo el impacto que tienen los usos del suelo y la agroindustria en el análisis del recurso hídrico para el departamento, cabe resaltar la importancia de analizar los sistemas agroalimentarios y su aporte para las transiciones sostenibles en Arauca.

## 6 Sistemas agroalimentarios

En este capítulo, se realiza un análisis de los sistemas agroalimentarios en el departamento de Arauca. Se enfoca en la gestión del suelo, la producción de alimentos, la industria de alimentos, bebidas y tabaco, así como al consumo de productos alimenticios. Además, se exploran los desafíos asociados con la pérdida y desperdicio de alimentos en la región. El análisis abarca diversos aspectos, incluyendo los diferentes usos y capacidades del suelo para actividades agropecuarias, la evaluación de la situación actual de la producción y la consideración de cuestiones relacionadas con la reducción de pérdidas y el uso eficiente de los alimentos. Asimismo, se realiza una estimación del potencial de producción agropecuaria en el departamento, proporcionando una visión completa de la situación actual y perspectivas para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad del sistema agroalimentario regional.

### 6.1 Usos del suelo

El último informe de la Unidad de Planeación Rural (UPRA) sobre la frontera agrícola delimita las zonas habilitadas para realizar actividades agropecuarias y las áreas donde, según la normativa vigente, están prohibidas. Este informe indica que el 68,9 % del territorio, se destina para actividades agropecuarias; los bosques naturales y áreas no agropecuarias corresponden al 22,1 % y las exclusiones legales corresponden al 9,0 % (SIPRA, 2023c). Entre las áreas de exclusión legal se encuentra parte del parque nacional natural El Cocuy, en frontera con el departamento de Boyacá (RUNAP, 2023). En la Figura 6-1 se observa la distribución de la frontera agrícola en el departamento.

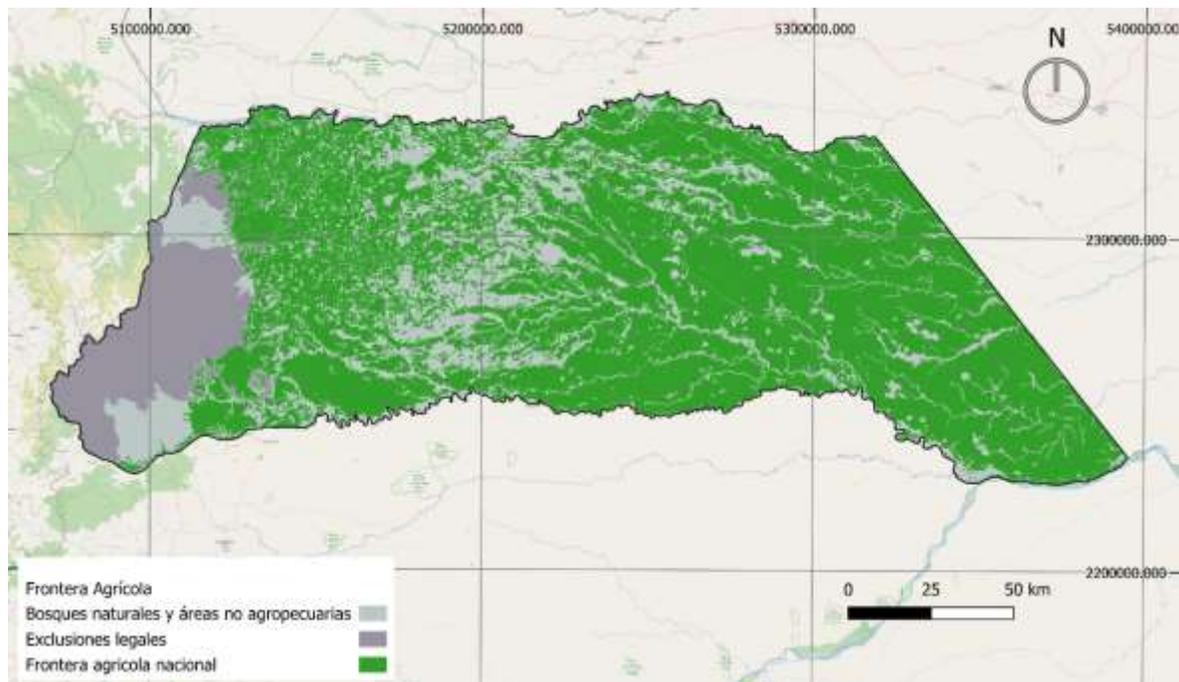


Figura 6-1. Frontera agrícola del departamento de Arauca. Fuente: (SIPRA, 2023c). Elaboración propia

De acuerdo con la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) del 2019, el 86,9 % del área del departamento se utiliza para actividades agropecuarias, lo que corresponde a 2 millones de hectáreas aproximadamente. Alrededor del 1,8 % del área total se emplea para la producción agrícola, principalmente para cultivos permanentes; el 81,6 % es de uso pecuario para la producción de pastos y forrajes para la alimentación animal, así como malezas y rastrojos; aproximadamente el 2,7 % corresponde a bosques naturales y plantados,

mientras que, el 0,8 % tiene otros usos, relacionados con infraestructura pecuaria (563 ha) y piscícola (432 ha) (DANE, 2020).

El suelo del departamento presenta condiciones propicias para el desarrollo de diversas actividades agropecuarias. Se destaca la capacidad para la producción de pastos estrella y pastos humidícola en el 66 % del territorio. Estos productos se utilizan en la alimentación del ganado debido a su adaptabilidad y aporte nutricional dependiendo el sistema de producción (CONtextoganadero, 2023a, 2023b). Adicionalmente, se evidencian aptitudes para la cría de búfalos (65 %), bovinos para producción de carne y leche (63 %), caprinos (61 %) y ovinos (50 %). En cuanto a la producción agrícola, prevalece la aptitud para la producción de Palma de aceite (62 %), maíz tradicional (58 %) y cebolla bulbo (42 %) (SIPRA, 2023a).

## 6.2 Producción de alimentos

En Arauca, se llevan a cabo diversas actividades agropecuarias, incluyendo el cultivo de peces, semilleros, la fabricación de productos lácteos y la operación de huertas con fines comerciales. Aunque en menor medida, también se presenta transformación de productos agrícolas y pecuarios, así como producción de miel (DANE, 2020). El municipio de Tame destaca con la mayor área sembrada, correspondiente al 36 % del área sembrada en el departamento, predominando el cultivo de plátano. Por otro lado, el municipio de Arauca alberga la mayor cantidad de animales, donde se encuentra el 24 % del total de animales, predominando el ganado bovino. Esta diversidad de actividades agrícolas y pecuarias resalta la riqueza productiva de la región (UPRA, 2022; UPRA & ICA, 2022).

Aproximadamente el 38,5 % del área destinada a cultivos en Arauca utiliza maquinaria agrícola, especialmente para las actividades de mantenimiento, fertilización, siembra y control fitosanitario (DANE, 2020). Los rendimientos agrícolas en el departamento son susceptibles a diversas variables, incluyendo el uso de insumos agropecuarios, los eventos climáticos y la adecuada asistencia técnica. Estos factores son determinantes para garantizar el éxito de la productividad en la región (DANE, 2020).

### 6.2.1 Producción agrícola

En 2022, fueron sembradas 101 mil hectáreas, lo que corresponde a 4 % del área total del departamento y el 2 % del área sembrada nacional. La distribución del área sembrada en el departamento se muestra en la figura 6-2, destacando que el municipio de Cravo Norte presenta la menor extensión de área sembrada.

De esta extensión, el 60 % corresponde a cultivos permanentes, entre los que predomina el cultivo de plátano que corresponde a 36.116 ha, seguido por el cacao, la caña de azúcar, el maracuyá, la naranja, la papaya, el aguacate y el limón. Los cultivos transitorios corresponden a 40 %, predominando el arroz, seguido por el cultivo de maíz, yuca y tabaco. En la Figura 6-3 se presenta el porcentaje del área sembrada por cada cultivo en el departamento, la categoría "otros" incluye aquellos cultivos con un área sembrada menor al 1 %, como la caña de azúcar, el maracuyá, la naranja, la papaya, el aguacate, el limón y el tabaco, entre otros frutales (UPRA, 2022). El municipio de Tame tiene la mayor área sembrada, que abarca 36 mil hectáreas, y se dedica principalmente al cultivo de plátano, cacao, maíz y yuca. Por otro lado, el municipio de Cravo Norte presenta la menor área sembrada con sólo 455 hectáreas, que corresponden al 0,4 % del área sembrada del departamento, predominando el cultivo de yuca, el plátano y el maíz (UPRA, 2022).

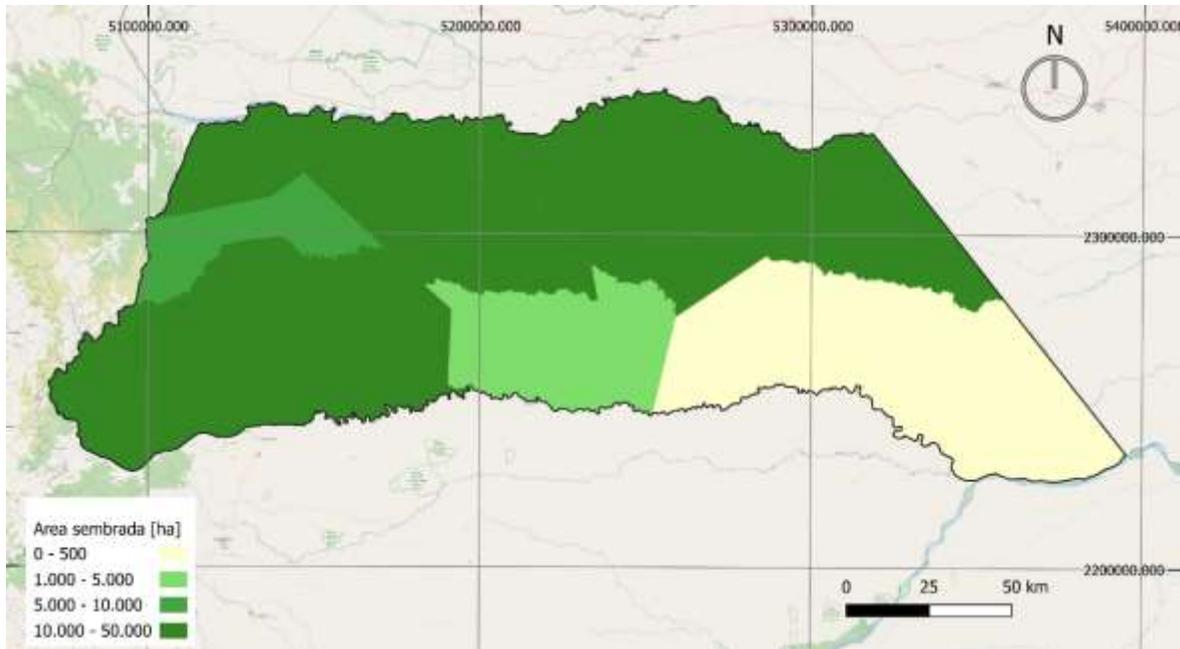


Figura 6-2. Área sembrada en el departamento de Arauca durante 2022. Fuente: (UPRA, 2022). Elaboración propia

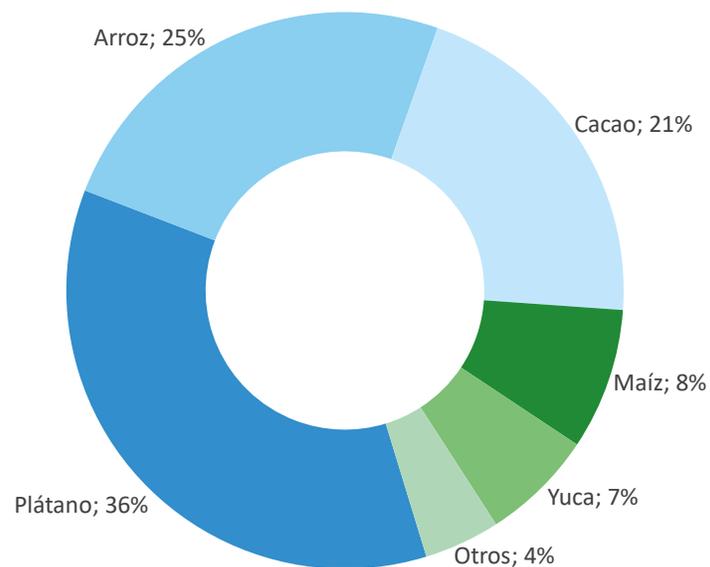


Figura 6-3. Porcentaje del área sembrada por cada cultivo en el departamento de Arauca durante el año 2022. Fuente:(UPRA, 2022). Elaboración propia.

Durante el 2022 se tuvo una producción agrícola de aproximadamente 1.119 kilotoneladas que corresponden al 2 % de la producción nacional, predominando el plátano con 808 kilotoneladas, seguida de la yuca con 114 kilotoneladas y el arroz con 105 kilotoneladas. La Figura 6-4 muestra el área sembrada, el área cosechada y la producción de los principales cultivos sembrados en este departamento. Entre estos productos, la caña de azúcar, la papaya y el plátano presentan los mayores rendimientos correspondientes a 26,3 t/ha, 18,0 t/ha y 17,9 t/ha, respectivamente, seguido por el cultivo de maracuyá (16,6 t/ha) y la yuca (14,6 t/ha) (UPRA, 2022).

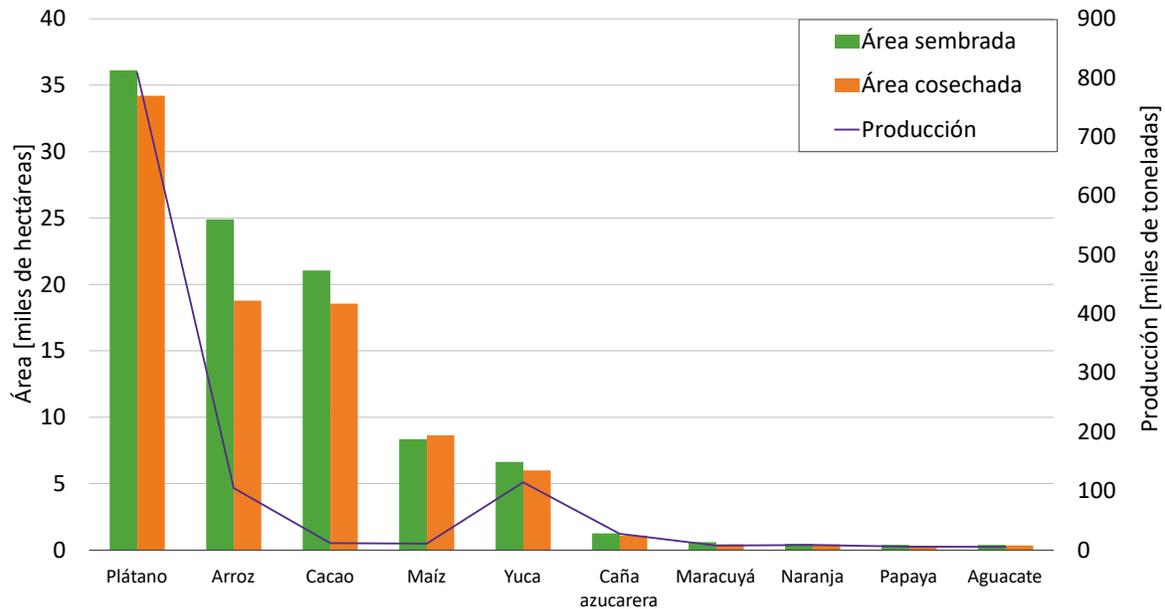


Figura 6-4. Área sembrada, área cosechada y producción de los principales cultivos del departamento de Arauca en el año 2022. Fuente: (UPRA, 2022). Elaboración propia.

La ENA señala que la producción en Arauca se ve afectada por las condiciones climáticas del territorio, las prácticas agrícolas adoptadas y la presencia de enfermedades que pueden afectar a los cultivos (DANE, 2020). En la actualidad, no se encuentran registros de distritos de riego en este departamento, principalmente debido a los elevados costos y las condiciones climáticas. La escasa demanda de sistemas de riego por parte de los productores se atribuye al régimen de lluvias predominante durante la mayor parte del año y a las altas temperaturas, que provocan una rápida evaporación del agua si se utiliza el riego por aspersión. Estas condiciones climáticas específicas han limitado el interés y la viabilidad económica de implementar sistemas de riego en la región (CONtexto ganadero, n.d.).

### 6.2.2 Producción pecuaria

La producción pecuaria se centra en la ganadería bovina, como se refleja en la figura 6-5, que presenta el porcentaje de animales por especie en la región. En 2022, se contabilizaron alrededor de 1,8 millones de animales, lo que corresponde al 0,7 % del total nacional. De esta cifra, 1,2 millones corresponden a bovinos destinados a la producción de carne y doble propósito, con una producción media de 3,2 litros de leche por vaca al día. De la producción láctea, el 8 % se destina al autoconsumo, el 12 % se procesa en finca para la producción de lácteos y el 80 % se comercializa a la industria e intermediarios (DANE, 2020).

Adicionalmente, se registraron 213 mil animales pertenecientes a aves criadas traspatio, donde las gallinas representan el 65 % y los pollos el 21 %, seguidos en menor proporción por gallos, patos y piscos (DANE, 2020). Además, se contabilizaron 142 mil aves de postura y 53 mil aves destinadas a la producción de carne. Aunque en menor medida, también se identifica la producción de porcinos, búfalos, caprinos y ovinos (UPRA & ICA, 2022).

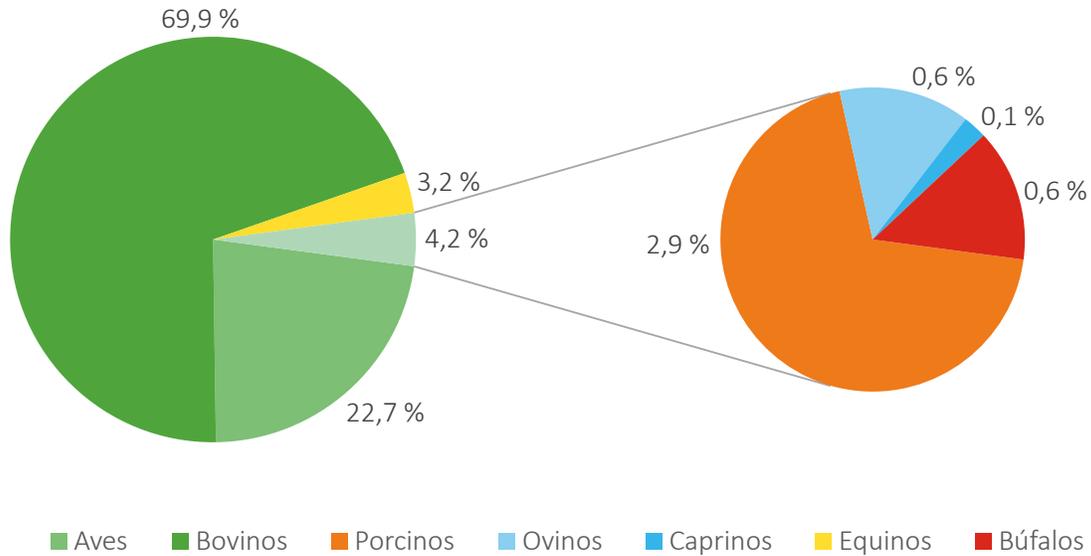


Figura 6-5. Distribución de animales en el departamento de Arauca durante el año 2022. Fuente: (UPRA & ICA, 2022). Elaboración propia

La mayor concentración de animales se registra en los municipios de Arauca y Tame, seguidos por Arauquita y Puerto Rondón, donde predomina la presencia de bovinos. Por otro lado, en los municipios de Saravena y Arauca es donde prevalece la cría de aves. La distribución de la cantidad de animales en el departamento se presenta en la figura 6-6.

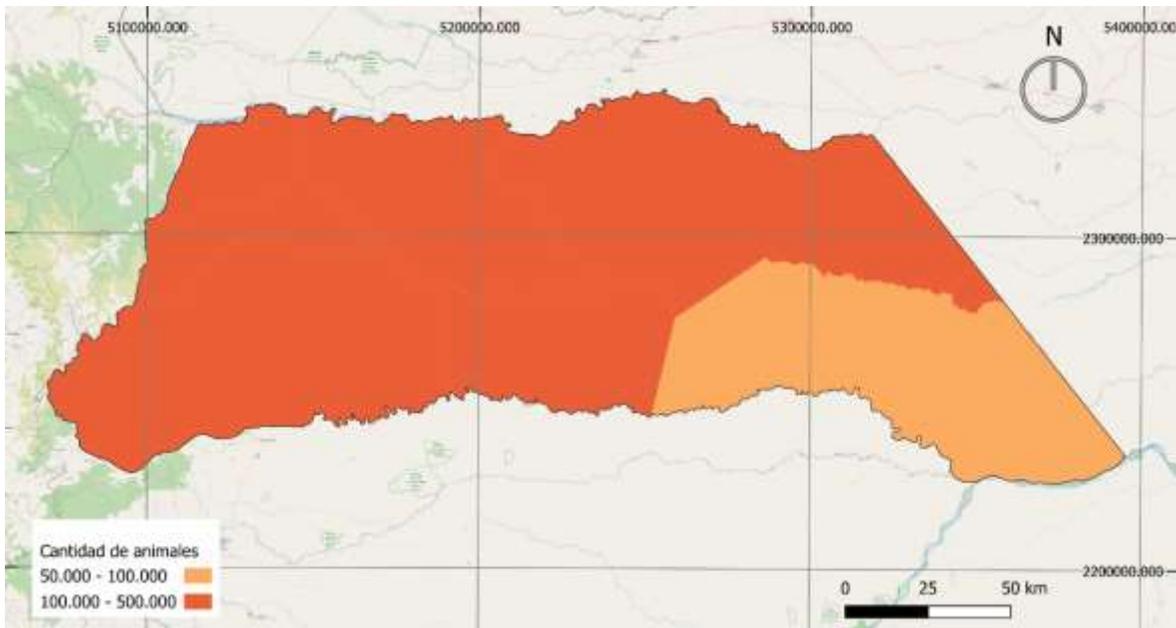


Figura 6-6. Animales en los municipios de Arauca en 2022. Fuente: (UPRA & ICA, 2022). Elaboración propia

La pesca se realiza de forma artesanal, alcanzando una producción de aproximadamente 937,2 toneladas al año. En la cuenca de la Orinoquía, a la cual pertenece el departamento, se registran desembarcos de bagre rayado, bagre pintado, blanquillo y amarillo (Duarte et al., 2022). En lo que respecta a la piscicultura, se ha experimentado un fortalecimiento significativo en los últimos años gracias a la aplicación de la tecnología biofloc. Esta innovación permite aprovechar la acumulación de residuos de alimentos, materia orgánica y

compuestos inorgánicos tóxicos en los estanques para generar un sustrato que mantiene la calidad del agua y sirve de alimento para los peces, lo cual ha mejorado notablemente la eficiencia de la producción piscícola. Este avance se ha implementado con éxito en el departamento desde el año 2019, gracias al Programa Mundial de Alimentos (Agencia de Noticias UNAL, 2020).

Sin embargo, a pesar de su producción agropecuaria de Arauca, persisten diversos desafíos en este sector, que incluyen la falta de sistemas eficientes para el manejo del agua, la baja tecnología en la producción, las dificultades en la comercialización y las fluctuaciones de precios. Además, se destacan problemas sanitarios, limitaciones en la extensión rural, falta de asociatividad y emprendimientos sostenibles, acceso limitado a financiamiento, débil coordinación institucional, infraestructura ineficiente en procesos agroindustriales, y el cumplimiento insuficiente de normativas de calidad (República de Colombia et al., 2020).

Para superar estos desafíos, es esencial promover la implementación de prácticas agrícolas y pecuarias sostenibles, fomentar la adopción de nuevas tecnologías, fortalecer la capacitación técnica y mejorar el acceso a recursos financieros para los productores locales. La colaboración entre instituciones gubernamentales, organizaciones comunitarias, y el sector privado también desempeña un papel fundamental en el diseño e implementación de políticas y programas que impulsen la resiliencia y el desarrollo sostenible del territorio.

### 6.2.3 Industria de alimentos y bebidas

Actualmente, el departamento alberga 313 empresas involucradas en diversas etapas de la cadena alimentaria, abarcando el cultivo, procesamiento y preparación de alimentos y bebidas, así como actividades de pesca y acuicultura. Este conjunto empresarial representa el 0,7 % del total de empresas a nivel nacional, evidenciando la presencia activa y diversificada de la industria alimentaria en la región. En la Figura 6-7 se muestra la distribución de estas empresas, destacando aquellas dedicadas a la ganadería, donde predomina la cría de ganado bovino y bufalino.

En el ámbito de la elaboración de alimentos, se presenta un predominio de empresas especializadas en productos lácteos, así como la elaboración de comidas y platos listos para el consumo. En el cultivo de alimentos predominan las empresas dedicadas a la producción de arroz, plátano, banano y frutas tropicales y subtropicales, con empresas dedicadas a las actividades de apoyo en la producción agrícola. Adicionalmente, se presentan empresas dedicadas a la acuicultura y pesca en agua dulce. Después se encuentran empresas dedicadas al procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos y, por último, las empresas de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales y otras aguas embotelladas (DANE, 2023b).

En cuanto a los desafíos identificados en el sector, se destaca que las micro y pequeñas empresas enfrentan dificultades para cumplir con las condiciones sanitarias y ambientales necesarias en las diferentes fases de la cadena de producción. Esto representa un riesgo para la salud de los consumidores y se atribuye a una infraestructura deficiente que afecta desde la producción hasta el almacenamiento de los alimentos. Para superar estos desafíos, se ha impulsado la generación de valor agregado y la mejora de los procesos de transformación en sectores clave como carne, leche, cacao y plátano. Además, se fomentan las alianzas público-privadas para facilitar inversiones en la modernización de la infraestructura productiva del departamento. El objetivo es elevar los estándares de calidad, asegurar la rentabilidad, promover la sostenibilidad y fortalecer la competitividad territorial (República de Colombia et al., 2020).

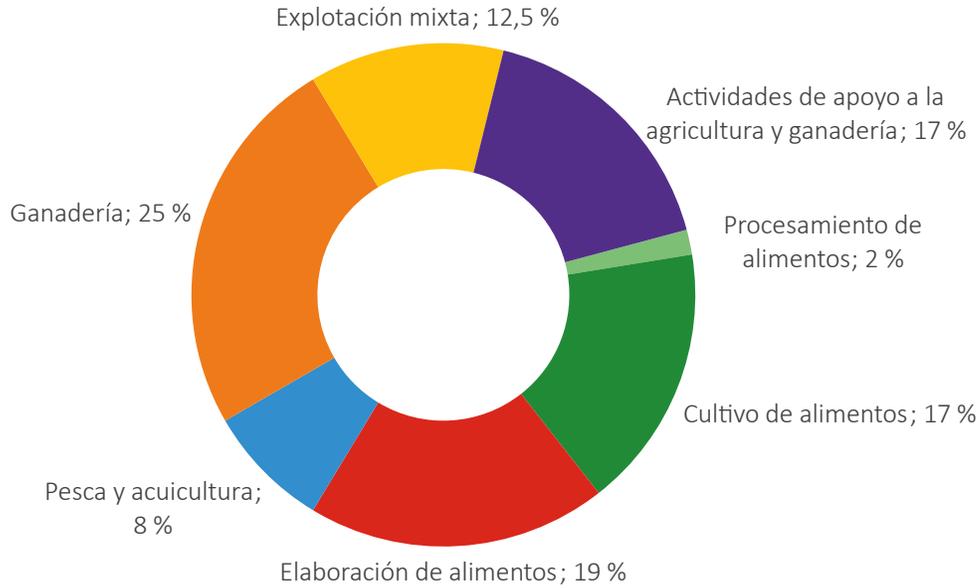


Figura 6-7. Distribución de las industrias de alimentos y bebidas en el departamento de Arauca. Fuente: (DANE, 2023b). Elaboración propia

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

Según los datos proporcionados por la ENA del 2019, el 6,7 % del área sembrada en el departamento experimentó pérdida de cosecha. Las causas principales identificadas incluyeron enfermedades en los cultivos, eventos climáticos adversos, plagas, prácticas agrícolas deficientes y falta de asistencia técnica adecuada. Aproximadamente el 30 % de la producción agrícola se destina al autoconsumo, siendo utilizada principalmente para la alimentación humana y, en menor medida, para la obtención de semillas y la alimentación animal. El restante se comercializa en centrales de abastos, minoristas, acopiadores rurales, mayoristas y cooperativas del departamento (DANE, 2020).

A nivel departamental, el 1 % de los hogares experimenta desperdicio de alimentos, principalmente en las cabeceras municipales. Las principales pérdidas se registran en carnes, pollo y pescado, seguidas por frutas, verduras, cereales, y lácteos, con menores incidencias en huevos y tubérculos. Las causas comunes de este desperdicio incluyen daños por almacenamiento inadecuado, deterioro debido a un almacenamiento prolongado, preparación excesiva de alimentos en el hogar y la carencia de refrigeración o cortes de energía que afectan la conservación (DANE, 2022).

En la actualidad, el 39,3 % de los hogares en el departamento enfrentan inseguridad alimentaria y el 11 % de estos casos se clasifican como inseguridad alimentaria grave, especialmente en las cabeceras municipales. Estas cifras superan al promedio nacional, que se sitúa en un 28,1 % de los hogares con inseguridad alimentaria, de los cuales el 4,9 % presenta inseguridad alimentaria severa (DANE, 2023a).

En contraste con los datos de la Encuesta Nacional de Situación Nutricional (ENSIN) de 2015, se observa una disminución en la incidencia de hogares con inseguridad alimentaria en el departamento. En ese año, el 63,8 % de los hogares enfrentaban inseguridad alimentaria, y dentro de este grupo, el 11,5 % experimentaba una inseguridad severa. Entre las estrategias adoptadas por los hogares para afrontar esta situación se incluyen la reducción de la calidad de los alimentos, la disminución de la cantidad de alimentos, y en algunos casos, la

necesidad de enviar a niños o niñas del hogar con vecinos u otros familiares debido a la escasez de alimentos (ANDI et al., 2019).

En el contexto de Arauca, las comunidades más vulnerables a las precarias condiciones alimentarias son aquellas conformadas por indígenas, víctimas de violencia y mujeres. Este riesgo se agrava por el incremento del conflicto armado, los elevados índices de desempleo y los desplazamientos forzados, situaciones que convergen para que sea inalcanzable el derecho a la alimentación (Franco, 2023).

#### 6.2.5 Potencial de producción

En Colombia, la agricultura familiar desempeña un papel fundamental en el abastecimiento de la canasta familiar y la disponibilidad de alimentos en zonas rurales (FAO et al., 2022). En Arauca, específicamente, se estima que el 3,6 % del territorio se dedica a la agricultura familiar, lo que permite el autoconsumo y abastecimiento de mercados locales. Esta práctica no sólo contribuye a la seguridad alimentaria, sino que también promueve la sostenibilidad y el desarrollo económico rural (FAO et al., 2022; SIPRA, 2023b).

Como parte de esta práctica, el área de Extensión Universitaria de la Universidad Nacional de Colombia sede Orinoquía y el Programa Mundial de Alimentos han implementado tres proyectos de huertas y conucos comunitarios en comunidades indígenas y consejos comunitarios afrodescendientes de Tame y Saravena. Estos proyectos, basados en modelos de producción agroecológica, haciendo uso de la economía circular y estrategias de mitigación del cambio climático, buscan proporcionar herramientas a las comunidades para asegurar su abastecimiento alimentario de manera sostenible. Además, se enfoca en capacitar a las personas en seguridad alimentaria, nutricional, hábitos de alimentación adecuada y estrategias de liderazgo femenino para el desarrollo de proyectos de emprendimiento (Franco, 2023).

Por otro lado, se estima que desde Arauca se envían 66.378 toneladas de alimentos a diversas ciudades del país, como Bogotá, Cúcuta, Bucaramanga, Tunja, Villavicencio, Valledupar, Barranquilla, Cartagena, Medellín, Neiva y Santa Marta. Los productos más enviados incluyen plátano hartón verde, maracuyá, papaya maradol, yuca, quesos y cuajadas, aguacate y pescados de río (DANE, 2023c).

En los últimos años, se ha observado un aumento en la producción de porcinos destinados a la ceba comercial, así como en la cría de porcinos en granjas tecnificadas. Del mismo modo, se ha registrado crecimiento en la cría de aves reproductoras y en el ganado caprino. En el ámbito agrícola, se ha experimentado un incremento en el área cosechada de cultivos como tabaco, arroz, yuca y maracuyá (ver anexo B) (UPRA, 2022; UPRA & ICA, 2022).

Por esta razón, dentro de los planes estratégicos del departamento, se ha dado prioridad a diversos sistemas productivos. Entre ellos, destacan el plátano, el cacao, la carne bovina, la leche, el arroz, la acuicultura, la piscicultura, la apicultura, la avicultura, la yuca, el sacha inchi y la agricultura campesina. Se resaltan las cadenas de producción de carne y leche, reconociéndolas como cruciales para el desarrollo del departamento. Adicionalmente, se presentan opciones prometedoras como el cultivo de maracuyá y café en los municipios de Fortul y Tame. Estas alternativas diversificadas buscan fortalecer la economía local y promover la sustentabilidad en el sector agropecuario (Gobierno de Colombia et al., 2022; República de Colombia et al., 2020; Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Sostenible, 2020).

Para afrontar los desafíos en los sistemas agroalimentarios del departamento, se han implementado diversos programas en el marco del plan de desarrollo departamental. Estos programas buscan la inclusión productiva de pequeños productores rurales, proporcionando servicios que van desde el respaldo en la comercialización hasta el apoyo financiero para proyectos productivos. Además, se brinda asesoría para fortalecer la organización y los aspectos productivos y empresariales. Paralelamente, se promueve la educación informal en Buenas Prácticas Agrícolas, producción sostenible, y servicios relacionados con la gestión del riesgo (República de Colombia et al., 2020).

En paralelo, el plan departamental de extensión agropecuaria busca un equilibrio entre rentabilidad y sostenibilidad ambiental, ofreciendo capacitación para el desarrollo rural y la pertinencia social (Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Sostenible, 2020). Asimismo, el plan estratégico de ciencia y tecnología agropecuaria prioriza diversas cadenas productivas, aprovechando un capital científico robusto. Se identifica que el 53 % de los requerimientos en investigación se centra en áreas específicas como sistemas de información, zonificación, fortalecimiento de capacidades técnicas, socioeconomía y manejo ambiental (Gobierno de Colombia et al., 2022).

Estas iniciativas se implementan a través de diversos programas que abordan desde la transformación agroindustrial hasta la seguridad alimentaria y nutrición, con un enfoque en fortalecer el capital humano y la articulación institucional. En conjunto, estos planes abordan integralmente los desafíos en el sector agropecuario, desde la producción hasta la investigación y la sostenibilidad.

### 6.3 Síntesis

En Arauca, el 86,9% del área total se utiliza para estas actividades, con condiciones ideales para el cultivo de pastos, cría de animales y la producción de palma de aceite, maíz y cebolla bulbo. En 2022, se sembraron 101 mil hectáreas con cultivos como plátano, arroz, cacao, maíz, yuca, caña de azúcar y tabaco, produciendo 1.119 kilotoneladas. No obstante, diversos factores afectan la producción, como condiciones climáticas, prácticas agrícolas y la ausencia de distritos de riego. La producción pecuaria, alcanzó 1,8 millones de animales, con énfasis en ganadería bovina, cría de aves traspatio y pesca artesanal. Aunque ha habido avances en el sector agropecuario, persisten desafíos, como la gestión del agua y fluctuaciones de precios, requiriendo enfoque en prácticas y desarrollo sostenible.

El departamento cuenta con diversas empresas en la cadena alimentaria. Aunque la industria es activa y diversa, las micro y pequeñas empresas enfrentan desafíos sanitarios y ambientales por infraestructura deficiente. Para superarlos, se impulsa la generación de valor agregado, la mejora en sectores clave y se fomentan las alianzas público-privadas para fortalecer la competitividad territorial.

Se presentan pérdidas de cosecha debido a enfermedades, eventos climáticos, prácticas agrícolas deficientes y falta de asistencia técnica; Los hogares experimentan desperdicio de alimentos, principalmente en carnes, pollo, pescado, frutas y verduras; y se enfrenta la inseguridad alimentaria, especialmente en comunidades indígenas, víctimas de violencia y mujeres. Por ello, se promueve la agricultura familiar y los proyectos agroecológicos que garanticen el abastecimiento sostenible, el autoconsumo y la sostenibilidad en el sector agropecuario.

En un contexto donde las prácticas agropecuarias, la industria alimentaria y las condiciones climáticas juegan un papel determinante en la configuración del panorama territorial, es importante abordar también las cuestiones cruciales relacionadas con el cambio climático. El siguiente capítulo proporcionará una visión integral de los esfuerzos y desafíos asociados con la gestión climática en Arauca, destacando la importancia de acciones coordinadas y decisiones fundamentadas para salvaguardar el entorno y asegurar un futuro sostenible.

## 7 Emisiones y planes de acción climática

El aumento de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) por actividades humanas es el principal responsable del cambio climático que se presencia actualmente, para reducir el impacto del cambio climático se ha generado un tratado internacional, el Acuerdo de París, en el cual se ha definido la meta a largo plazo para que la temperatura terrestre no exceda los 2°C para el año 2050 en comparación a los niveles preindustriales (United Nations Framework Convention on Climate Change, 2020). Colombia es uno de los países que hace parte del Acuerdo de París y por esto ha adoptado diversas políticas y estrategias fundamentales para enfrentar el reto del cambio climático. Entre ellas, la más importante es la Política Nacional del Cambio Climático (PNCC), que propone e incentiva el desarrollo territorial sostenible en conjunto con los gobiernos municipales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020). En este caso, para la región de Orinoquia, esta política nacional se conjuga con el Plan Regional Integral de Cambio Climático para la Orinoquía (PRICCO) en el cual se encuentran las medidas de adaptación y mitigación que debe adoptar el departamento de Arauca.

En la primera parte de este capítulo, se presentan las principales medidas de mitigación y de adaptación en las que se involucra el departamento de Arauca expuestas en el PRICCO para los próximos 20 años desde su publicación (2017), los cuales están formulados para mitigar los riesgos climáticos presentes en la región de Orinoquia, todo esto se apoya en los objetivos principales del PNCC, que tiene como objetivo principal es la reducción del 51% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Climate Transparency, 2020). Seguido de esto, se presentan las principales fuentes de emisión que emiten GEI en el departamento y su relación directa con cada sector económico, teniendo en cuenta la cantidad de emisiones que genera cada fuente.

### 7.1 Mitigación y adaptación al cambio climático

Arauca es un territorio que no cuenta con un plan de acción propio frente al cambio climático, sino que hace parte de un plan de acción para toda la región de la que hace parte, Orinoquía. El Plan Regional Integral de Cambio Climático para la Orinoquía (PRICCO) es presentado como un plan de adaptación y mitigación de los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada, en el que se formulan acciones para llevar a cabo en un plazo de 20 años, presentando además el esquema de financiamiento, la estrategia de implementación y las herramientas para realizar el seguimiento y evaluación de las acciones del plan. (CIAT & CORMACARENA, 2017)

Este plan regional considera los impactos de cada uno de los territorios que lo conforman y su capacidad de adaptación en base a los diferentes sectores de la región (ganadería, agricultura, biodiversidad, servicios ecosistémicos, recurso hídrico, salud, infraestructura, minería e hidrocarburos), por lo que no todas las medidas de adaptación incluyen al departamento de Arauca. A continuación, se presentan las acciones de mitigación y adaptación propuestas en el plan regional en las que debe actuar el departamento de Arauca.

#### 7.1.1 Medidas de adaptación

La primera medida de adaptación formulada es la implementación de sistemas silvopastoriles, con el principal objetivo de generar sombra a los animales para limitar el impacto que puedan tener las altas temperaturas en estos. Otra medida es la cosecha de agua, en la que se busca la construcción de reservorios de agua para que los animales puedan tener garantizado el consumo de agua en las épocas de sequía, especialmente en la zona central del departamento. Otra opción para la mejoría de la resistencia en condiciones de altas temperaturas y sequías es el mejoramiento genético de ganado bovino, se propone considerar razas de ganado con mejores características de resistencia para los programas de mejoramiento genético. La conectividad del paisaje es una medida que busca la dispersión de la fauna a zonas climáticas más adecuadas según las condiciones climáticas de cada zona, permitiendo así la migración de algunas especies en gran parte del departamento.

Para evitar el desabastecimiento del agua en temporadas seca se formula la recuperación y rehabilitación de áreas protectoras en zonas de captación de agua, la recuperación de bosques y protección del páramo es una prioridad para poder cumplir este objetivo. Además, se planea que el agua subterránea sea un recurso fundamental en la región, por lo que se formula una medida de gestión y control de las aguas subterráneas, monitoreando su comportamiento para regular su uso en el futuro. En épocas de lluvias se generan desbordamientos en algunos municipios de Arauca, por lo que se presenta una medida de protección a las zonas inundables para generar una planificación del territorio y evitar el riesgo de sufrir pérdidas en infraestructura de algunas zonas.

Para la región también es importante que el sector privado tenga un entendimiento del clima para lograr predicciones climáticas más acertadas, por lo que se plantea la agricultura climáticamente inteligente, fortaleciendo el uso de información climática para poder generar la agricultura acorde a las condiciones climáticas que se vayan a dar en cada localidad y así hacer un mejor uso del agua y alternativas tecnológicas bajas en emisiones. Adicionalmente se requiere investigación y desarrollo de variedades en cultivos como el arroz y el maíz para que se adapten mejor a las condiciones climáticas del departamento que se presentaran en futuras temporadas.

### 7.1.2 Medidas de mitigación

La deforestación es la principal fuente de emisiones del departamento, por lo que la principal medida de mitigación es la realización de programas y campañas que busquen reducir la deforestación. La ganadería sostenible es parte importante de esto, pretendiendo que la producción de carne y leche aumente y se realice en una menor superficie, para que se pueden destinar mayores áreas a la conservación de fuentes hídricas disminuyendo las emisiones. Adicionalmente de debe promover los cultivos forestales comerciales, cultivos como el eucalipto, pino y latifoliadas son vitales para la reducción de emisiones dadas sus capacidades de captura de carbono.

La implementación del programa AMTEC en arroz es una medida importante en algunos municipios del departamento, en donde el programa promueve la eficiencia de prácticas en algunos tipos de cultivos para disminuir el uso del agua y reducir las emisiones. Además, la siembra de cultivos con alto contenido de carbono en biomasa como el cacao, caucho y palma es de gran importancia para la absorción de carbono.

La reducción del uso de combustible en el sector del transporte es una medida de mitigación importante, por lo que se buscan realizar campañas para el uso de la bicicleta y cursos sobre la conducción eficiente, entregando kits de seguridad e incentivos para que las personas hagan uso de la bicicleta para transportarse en lugar de vehículos de gasolina, o enseñando técnicas de conducción que permitan un ahorro de combustible hasta en un 30% para poder disminuir las emisiones por combustibles.

## 7.2 Emisiones por sectores

El análisis de emisiones y absorciones se realiza por sectores, es importante resaltar que los países llevan un inventario de sus emisiones de acuerdo con las orientaciones metodológicas desarrolladas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Por esta razón, siguiendo el inventario nacional y departamental de gases de efecto invernadero, se determinan cuatro grandes grupos: 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).

Además de estos grupos IPCC, el inventario nacional de emisiones y absorciones separa y analiza los resultados en 8 sectores económicos: transporte, comercial, residencial, industrias manufactureras, minería y energía, agropecuario, forestal, y saneamiento. Cada sector económico está asociado a uno o más grupos IPCC, como

se observa en la Figura 7-1; en esta publicación, se analizan estos sectores en específico debido al enfoque de mitigación previsto. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2016).

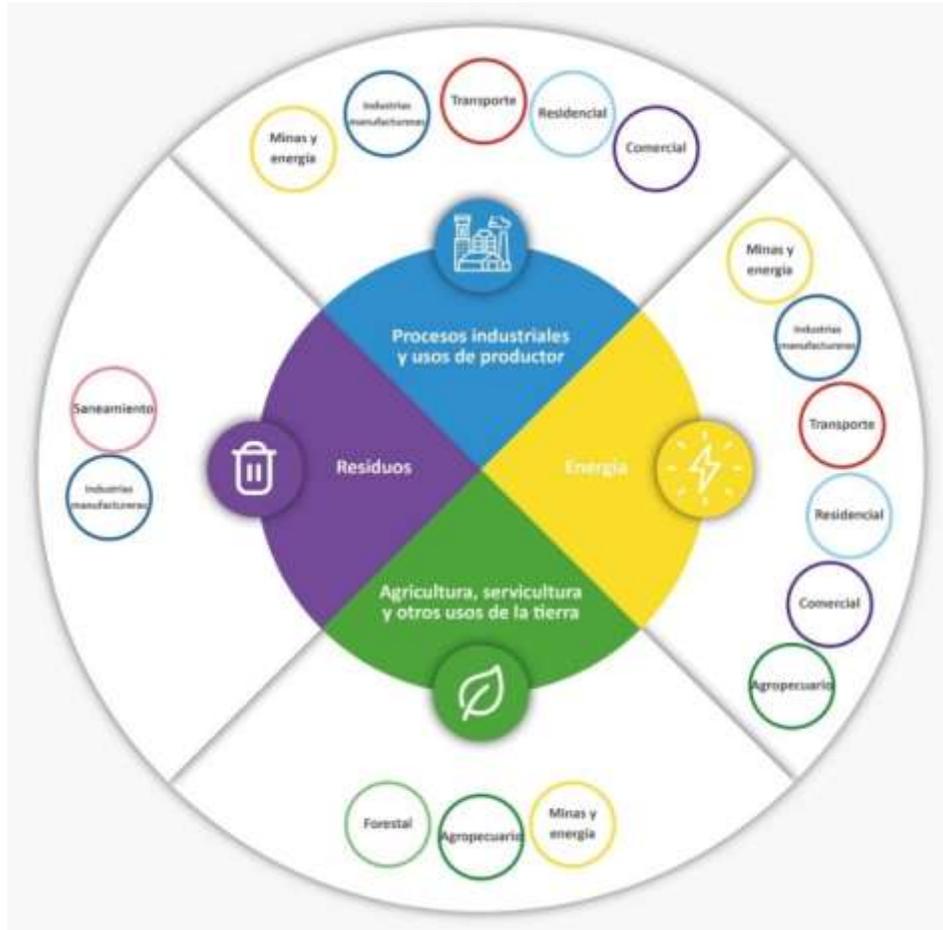


Figura 7-1. Sectores económicos involucrados en cada grupo IPCC. Fuente: (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2016). Elaboración propia.

Las emisiones para el departamento de Arauca están principalmente vinculadas al sector forestal, esto se debe a la deforestación presentada en el departamento por el cambio de los bosques a pastizales. La Figura 7-2 muestra la distribución de las diferentes fuentes de emisiones y absorciones y su respectiva cantidad de emisiones en miles de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (Kton de CO<sub>2</sub>,eq.), estas fuentes son las siguientes:

1. Balance de carbono de bosque natural convertido en otras tierras forestales (deforestación)
2. Bosque natural convertido en pastizales (deforestación)
3. Fermentación entérica – ganado bovino
4. Directas e indirectas por orina y estiércol de animales en pastoreo
5. Remociones de leña y carbono de los suelos en bosques naturales
6. Quema de combustibles en refinerías y en extracción y procesamiento de gas y petróleo
7. Bosque natural convertido en otras tierras (deforestación)
8. Fugitivas por venteo y por quema en antorcha en actividades de petróleo
9. Gestión del estiércol - ganado bovino
10. Balance de carbono de plantaciones forestales
11. Balance de carbono en pastizales que permanecen (sistemas silvopastoriles, incendios y suelos orgánicos drenados)

12. Balance de carbono por crecimiento y resiembras de cultivos permanentes
13. Regeneración del bosque natural
14. Balance de carbono de bosque natural convertido en otras tierras forestales (deforestación)

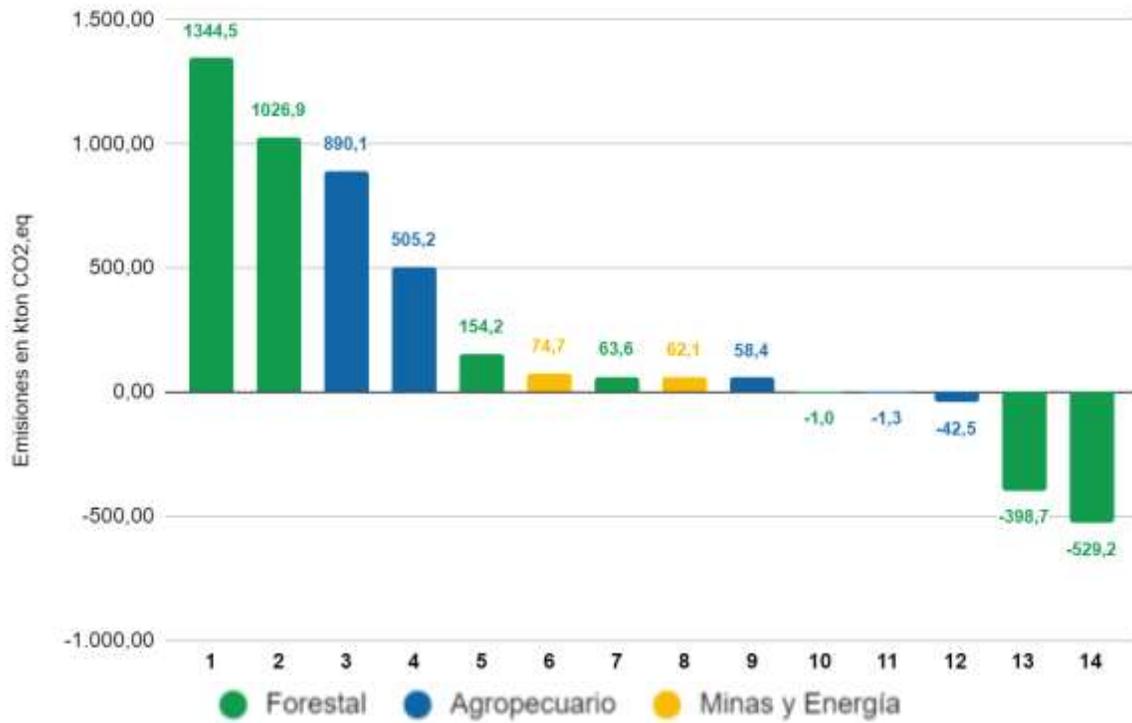


Figura 7-2. Fuentes de emisiones y absorciones en el departamento de Arauca en 2012. Fuente: (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2016). Elaboración propia.

Las emisiones totales del departamento fueron de 4179,64 Kton de CO<sub>2</sub>, eq., las cuales representan poco más del 1,5% de emisiones totales del país, mientras que las absorciones totales fueron de -972,62 Kton de CO<sub>2</sub>, eq., las cuales son aproximadamente el 1,3% de las absorciones totales del país, por lo que el departamento de Arauca está en el intermedio de emisiones netas del país, por lo que el PRICCO formula acciones en base al aumento de absorciones del departamento dado su potencial. Cada una de las fuentes de emisiones y absorciones analizadas anteriormente está directamente relacionada con un sector económico, por lo que se realizó una distribución porcentual, como se muestra en la Figura 7-3. Emisiones por sectores económicos en el departamento de Arauca para el año 2012. Fuente:.. Elaboración propia., para determinar la participación sectorial en las emisiones en el departamento de Arauca.

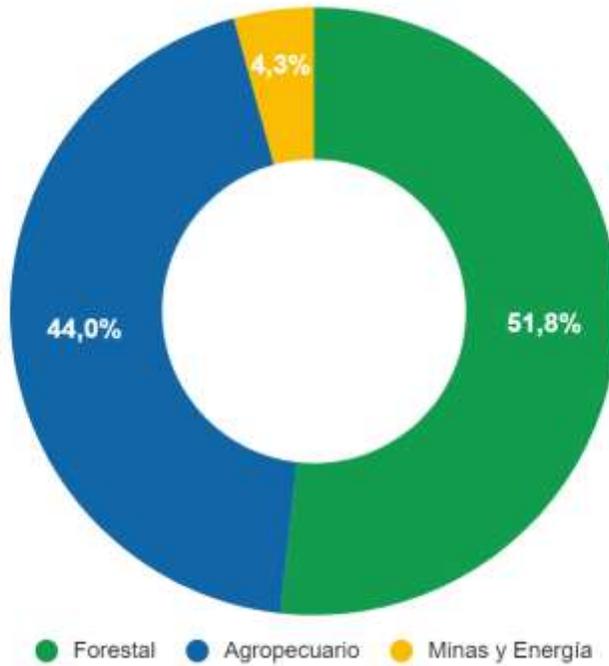


Figura 7-3. Emisiones por sectores económicos en el departamento de Arauca para el año 2012. Fuente: (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2016). Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, el sector predominando en las emisiones del departamento es el sector forestal, esto aplica igualmente para las absorciones, seguido de este se encuentra el sector agropecuario, debido a que el departamento presenta una alta producción ganadera y esto genera emisiones. Por último, se observa un porcentaje de emisiones en el sector energético, este debido a la quema de combustibles en refinerías y en extracción y procesamiento de gas y petróleo, además de fugitivas por venteo y por quema en antorcha en actividades de petróleo. Las emisiones dadas por otros sectores, como el transporte no son vistas en la Figura 7-3 dado que generan muy pocas emisiones en comparación a las ya mencionadas, sin embargo, como se evidencia en el PRICCO, se deben tener en cuenta para poder generar acciones y disminuir las emisiones de todos los sectores analizados.

### 7.3 Síntesis

El departamento de Arauca presenta alto riesgo frente al cambio climático principalmente por disminución del recurso hídrico en las temporadas de sequía lo que afecta a la biodiversidad y al ganado, mientras que en épocas de lluvia se encuentran zonas con exceso de agua lo que genera inundaciones y daños en la infraestructura del territorio, además de esto los animales de la región presentan un alto estrés por el aumento de la temperatura debida al cambio climático. En el departamento las zonas con mayor riesgo son Tame y Puerto Rondón, mientras que los municipios de Fortul, Arauquita, Arauca y Cravo Norte tendrán solo una parte de su territorio en alto riesgo, esto debido a que las zonas boscosas no presentan riesgos alto debido a su capacidad de absorción de carbono y zonas que generan sombra para la fauna del departamento. Por lo que la planificación del territorio en el plan de acción busca principalmente generar deforestación cero en las zonas con alto riesgo de deforestación y buscar una eficiencia alta en la producción ganadera.

Las emisiones en el país que fueron provocadas a causa de la deforestación representaron aproximadamente 36% de las emisiones totales, todo esto debido principalmente al cambio de uso de la tierra hacia tierras de pastoreo, tierras de cultivo y actividades ilegales, cambiar esta tendencia representa una importante oportunidad para que Colombia reduzca sus emisiones. En el departamento las emisiones de GEI provienen principalmente del sector forestal por lo que es muy importante trabajar de la mano con las normativas del país y centrar sus planes de acción climática en la mitigación de este tipo de emisiones. Se puede notar la urgencia de un sistema energético más sostenible en el departamento como parte integral de la solución a las emisiones, es esencial explorar fuentes de energía más limpias y sostenibles para abordar los efectos del cambio climático y avanzar hacia una transición energética efectiva. El próximo capítulo analizará el balance energético y el potencial de energías renovables en el departamento de Arauca, lo que desempeñará un papel crucial en la estrategia para reducir las emisiones de GEI, ya que es importante realizar una evaluación de tecnologías que permitan ajustar los cultivos a las nuevas condiciones climáticas, tecnologías para un uso eficiente del recurso hídrico en temporadas de sequía y tecnologías limpias como los paneles solares que reemplacen otras fuentes que trabajan a partir de combustibles.

## 8 Sistema energético

En este capítulo se detalla el sistema energético y potencial de energías renovables del departamento de Arauca. Inicialmente se realiza la presentación del balance energético departamental del año 2022, el cual tiene en cuenta toda la cadena energética desde la producción e importación de energéticos, hasta el consumo por los diferentes sectores de demanda. Posteriormente, se detalla la energía primaria según la producción de petróleo, gas natural y leña; se describe la energía secundaria producida en el departamento con énfasis en energía eléctrica y el consumo final de dichos los energéticos sin dejar de lado la infraestructura energética. Finalmente, se describen los potenciales de energías renovables no convencionales para identificar el posible despliegue de este tipo de tecnologías de generación en el departamento.

### 8.1 Balance energético departamental

El departamento de Arauca se caracteriza por ser uno de los principales productores de energéticos primarios en el país, y su economía se basa en buena parte de los procesos de extracción de estos recursos naturales. De acuerdo con la Agencia Nacional de Hidrocarburos, Arauca es el tercer departamento en producción de petróleo, y también registra una importante extracción de gas. La mayoría de estos recursos son destinados a la exportación hacia otras regiones del país para su procesamiento. En la Figura 8-1 se presenta el balance energético global departamental para el año 2022, donde se observa una marcada diferencia entre el nivel de consumo doméstico y la cantidad de energía equivalente destinada a la exportación.

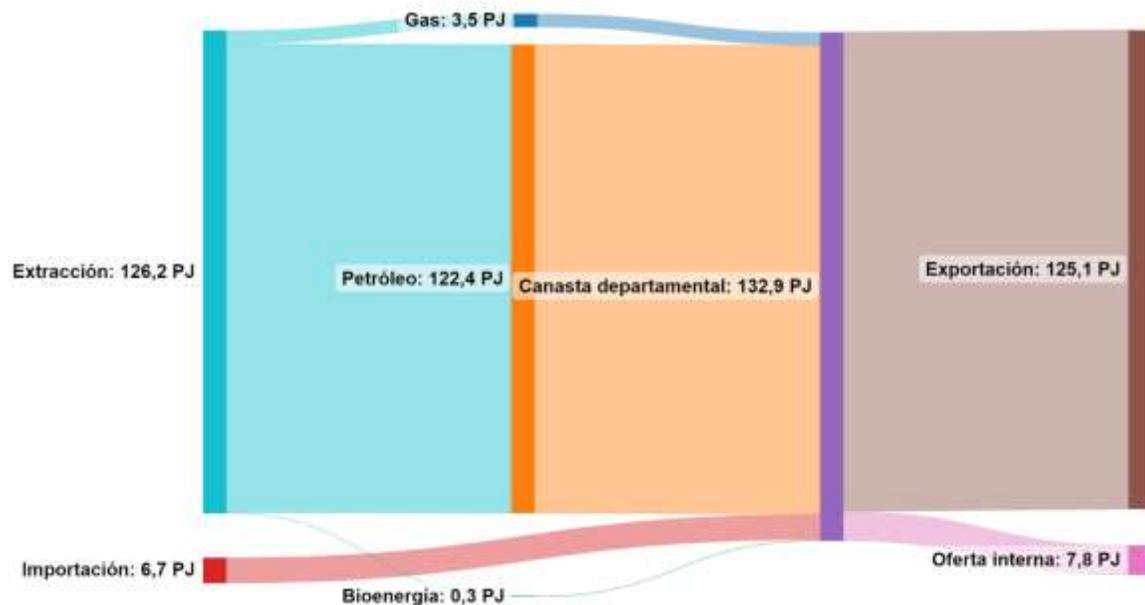


Figura 8-1. Balance energético global para el departamento de Arauca en 2022. Fuente: elaboración propia.

A pesar de la enorme riqueza energética del departamento, la mayoría de los energéticos empleados para satisfacer la demanda interna tienen que ser importados de otras regiones del país, ya que no se cuenta con centros de transformación en el territorio. Las principales fuentes de energía usadas en Arauca son los combustibles líquidos derivados del petróleo y la electricidad, que en su mayoría se importa del sistema interconectado nacional. En la Figura 8-2 se muestra el balance energético departamental para el consumo interno en el año 2022.

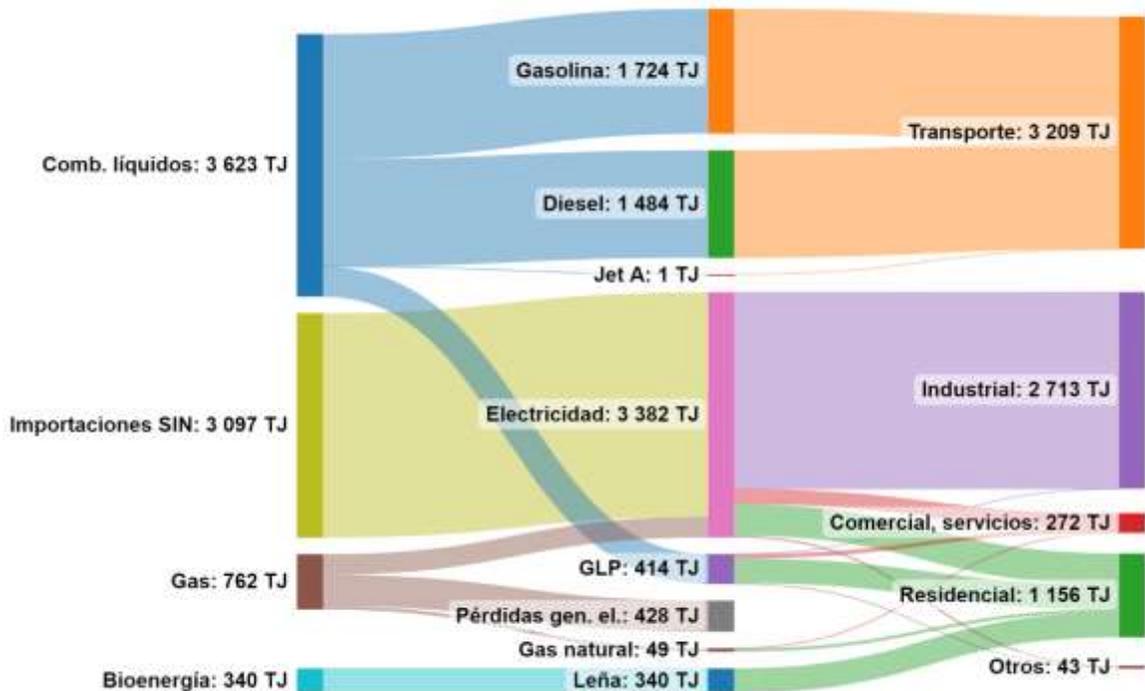


Figura 8-2. Diagrama de Sankey del balance energético departamental interno para Arauca en 2022. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se describe el comportamiento de los energéticos primarios y secundarios en la matriz departamental, además de su demanda en los diferentes sectores de consumo.

### 8.1.1 Energía primaria

Tal como se mencionó previamente, el departamento de Arauca es un productor significativo de energéticos primarios para el país. De acuerdo con la Agencia Nacional de Hidrocarburos, este departamento se posiciona como el tercero en producción de petróleo, registrando una producción de 20.094.121 barriles en 2022; adicionalmente, se tiene una importante producción de gas que alcanzó los 3.457 millones de pies cúbicos en el mismo año (ANH, 2023). La Figura 8-3 muestra el mapa de tierras de áreas de exploración, producción y de evaluación técnica de hidrocarburos en el Departamento, junto con la ubicación de los pozos, y de las zonas carboníferas. Esta zona carbonífera presente en el departamento de Arauca hace parte del denominado Borde Llanero, donde no se ha reportado exploración de carbón. Adicionalmente, el departamento registra reservas probadas por 96 millones de barriles de petróleo y 662 Mm<sup>3</sup> de gas natural (23 Gpc) para el año 2022 correspondientes al 4,6 % y 0,8 % de las reservas a nivel nacional, respectivamente.

Por otra parte, la bioenergía representada en la leña empleada para la cocción en el sector residencial también tiene una participación importante en la matriz energética del departamento; el Plan Nacional de Sustitución de Leña registró que el 5 % de los hogares cocinan con leña y madera (11 % de los hogares rurales), lo cual representó un consumo de alrededor de 20 kt en 2021.

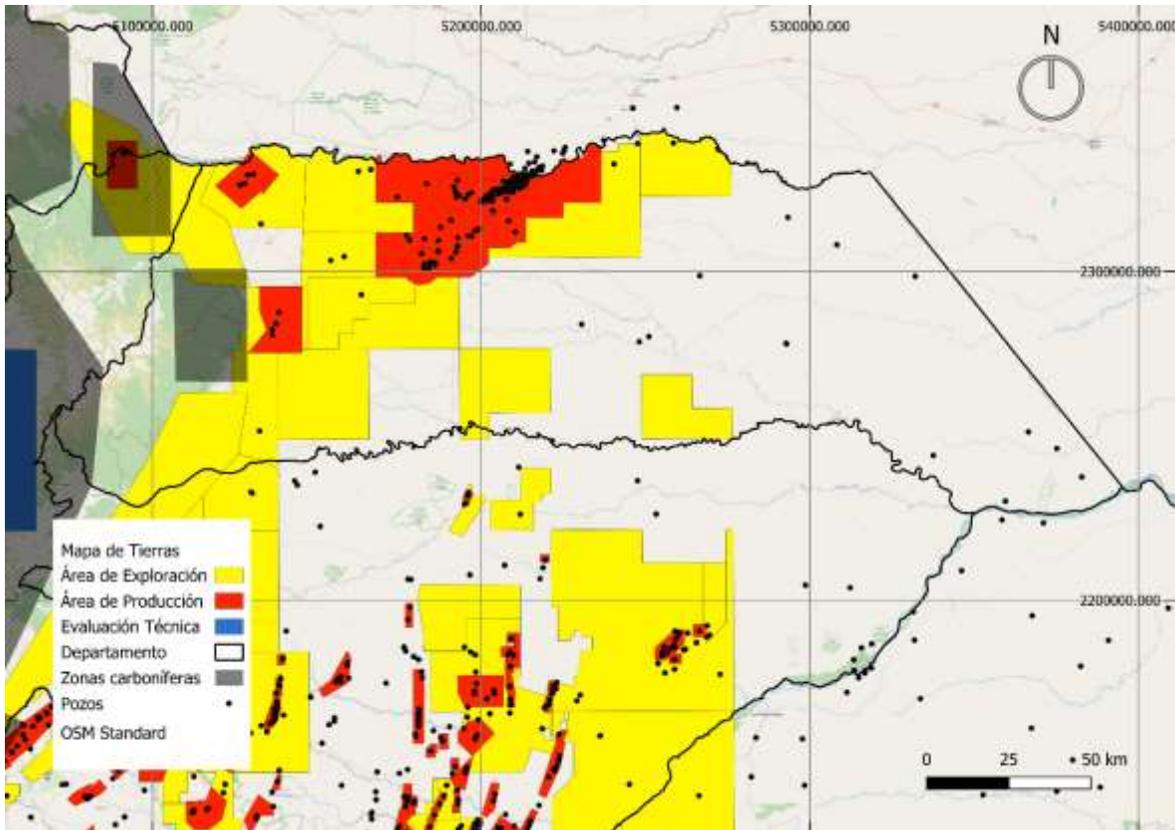


Figura 8-3. Mapa de tierras de áreas de exploración, producción y de evaluación técnica de hidrocarburos y de zonas carboníferas del departamento de Arauca. Fuente (ANH, 2022; SGC, 2022), elaboración propia.

### 8.1.2 Energía secundaria

Los combustibles líquidos y la electricidad satisfacen mayoritariamente la demanda energética del departamento de Arauca. Los primeros son destinados principalmente al sector transporte, con un consumo promedio mensual de 1,26 Mgal de gasolina, 0,89 Mgal de diésel y 0,001 Mgal de Jet A; en el caso del GLP, su uso se centra en actividades de cocción y se registró un consumo promedio mensual de 752 toneladas en 2022.

La energía eléctrica usada en el departamento se importa en su mayoría del SIN. No obstante, en territorio araucano se cuenta con dos plantas de generación eléctrica que funcionan a gas. Se trata de la central termoeléctrica Termocapachos, y de la central de autogeneración Termotame, ambas ubicadas en el municipio de Tame, las cuales produjeron un total de 79 GWh en 202 y cuentan con 9,9 y 5 MW de capacidad, respectivamente. Por otro lado, la Figura 8-4 muestra la caracterización de los municipios de Arauca, Arauquita, Puerto Rondón y Tame, que se consideran de categoría mixta entre el sistema interconectado nacional (SIN) y zonas no interconectadas (ZNI), principalmente en las cabeceras municipales; el resto de los municipios se consideran pertenecientes al SIN. Finalmente, el departamento de Arauca registra un índice de cobertura de energía eléctrica de 93,71 %.

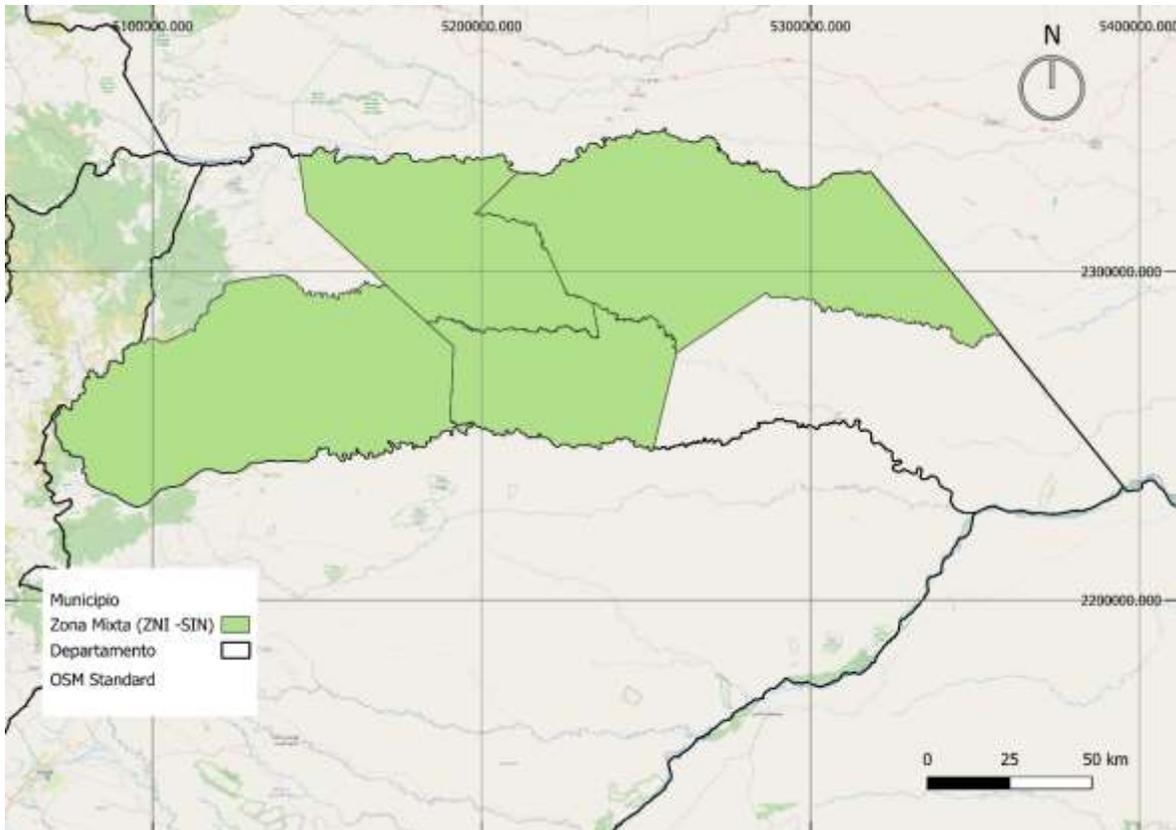


Figura 8-4. Caracterización de municipios del departamento de Arauca de zona mixta (zona no interconectada y sistema interconectada nacional). Fuente: (IPSE, 2023), elaboración propia.

### 8.1.3 Consumo final

En la Figura 8-5 se muestra el balance energético para el sector residencial en Arauca. Dentro de las actividades de uso de energía más destacadas se encuentra la cocción y la refrigeración. En el caso de la cocción, la leña sigue jugando un papel importante, al igual que el GLP; el gas natural tiene una baja participación debido a que no hay cobertura de redes en buena parte del departamento. Teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos primarios en el departamento, se hace evidente la posibilidad de mejorar la eficiencia de uso energético en el sector, que actualmente es de tan solo el 21 %.

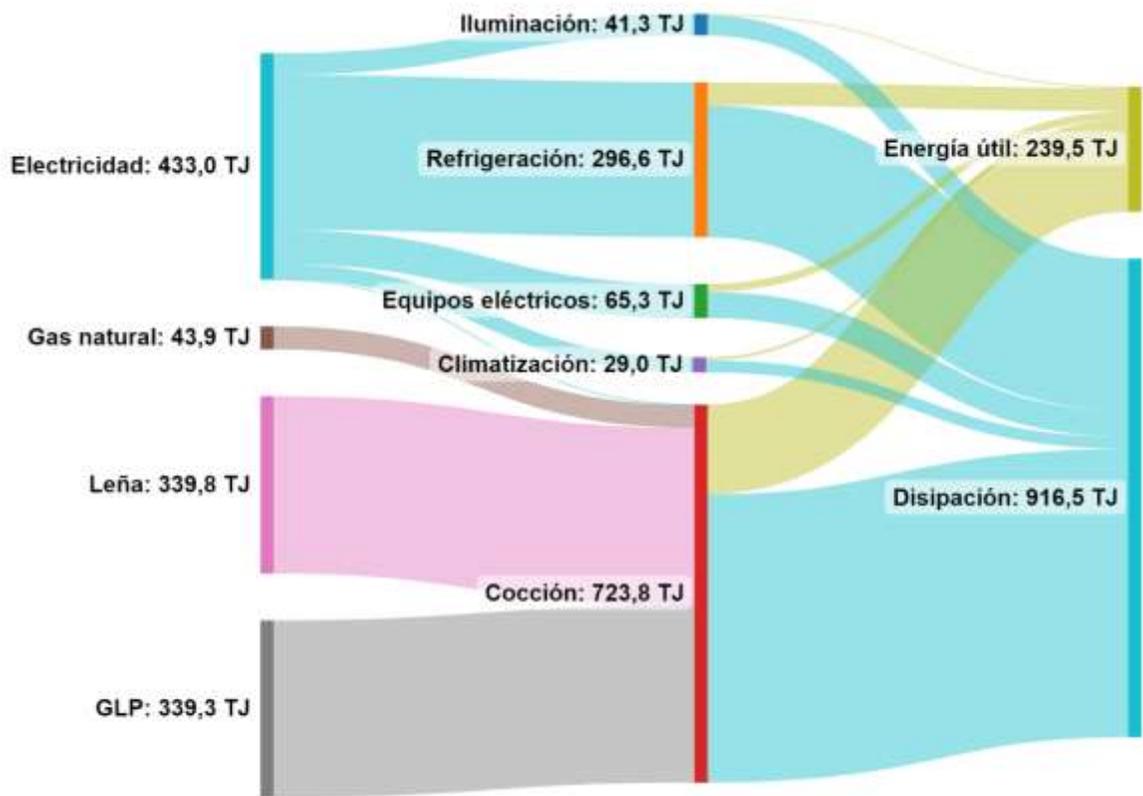


Figura 8-5. Balance energético del sector residencial en el departamento de Arauca, 2022. Fuente: elaboración propia.

Por su parte, el sector comercial y de servicios presenta un consumo mayoritariamente eléctrico, donde las actividades con mayor demanda energética son la refrigeración e iluminación, respectivamente. A diferencia del sector residencial, en este sector las actividades de calentamiento se realizan predominantemente con GLP, lo cual contribuye a tener una mayor eficiencia global en el uso de la energía, alcanzando el 26 %. En la Figura 8-6 se presenta el balance energético para este sector en el departamento de Arauca.

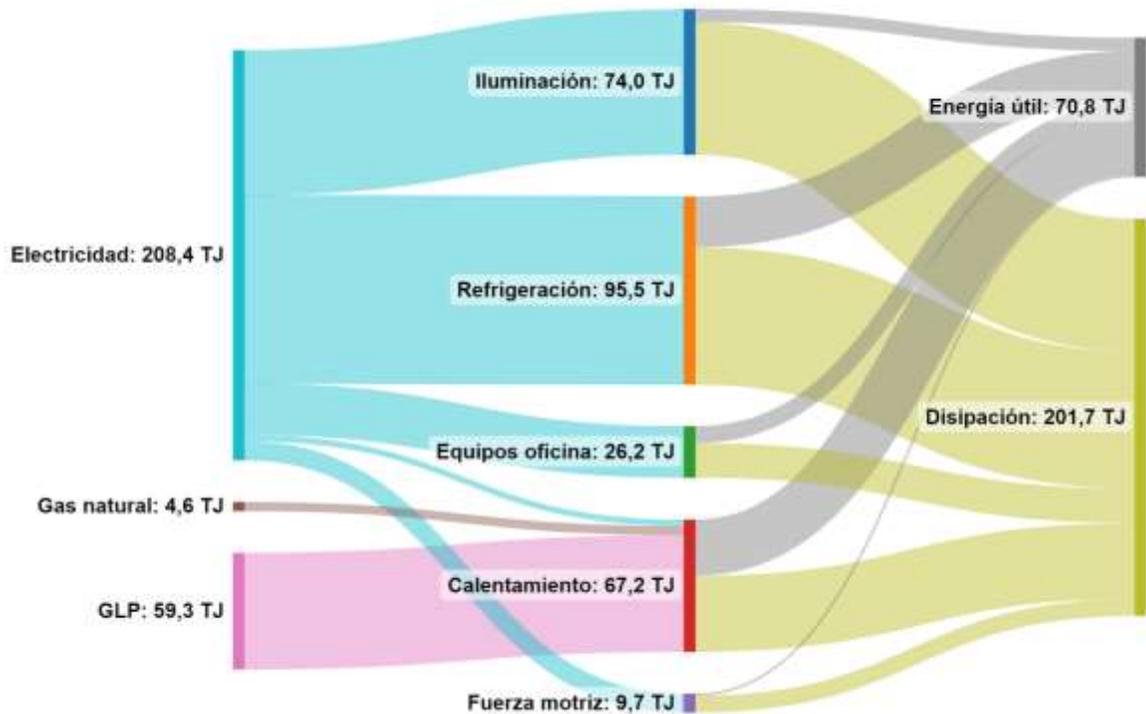


Figura 8-6. Balance energético del sector comercial y de servicios en el departamento de Arauca, 2022.

Fuente: elaboración propia.

## 8.2 Infraestructura energética

El departamento de Arauca cuenta en su territorio infraestructura energética derivada de su actividad en la extracción de hidrocarburos y para el transporte de combustibles líquidos, mostrada en la Figura 8-7. En este departamento inicia el tramo de la línea de oleoductos desde Caño Limón hasta la estación Banadía con una longitud de 770,9 km y 220 kbpd, y desde allí hasta la terminal Coveñas. Adicionalmente, se encuentra el oleoducto Bicentenario, el cual conecta la estación Araguaney del departamento de Casanare y la estación Banadía, con una longitud de 229,3 km con una capacidad de 192 kbpd. Finalmente, se identifica que en la capital departamental se encuentra ubicada una planta de abastecimiento de combustibles líquidos, los cuales deben ser transportados desde el departamento de Santander.

En cuanto a infraestructura eléctrica existente, la empresa de energía ENELAR ESP reporta que cuenta con 19 subestaciones de energía, las cuales 7 están ubicadas en cascos urbanos y las demás en zonas rurales y centros poblados, con un total de 140,25 MVA. Adicionalmente, se cuentan con 650,23 km de líneas de subtransmisión en niveles de tensión de 115 kV y 34,5 kV, que transportan energía desde el SIN hasta los diferentes municipios del departamento. Por último, se registra una red de 6.013 km de media tensión, 3.288 km de red de baja tensión y 9.417 centros de transformación monofásicos y trifásicos para la distribución de la energía a los cascos urbanos municipales y el sector rural del departamento.

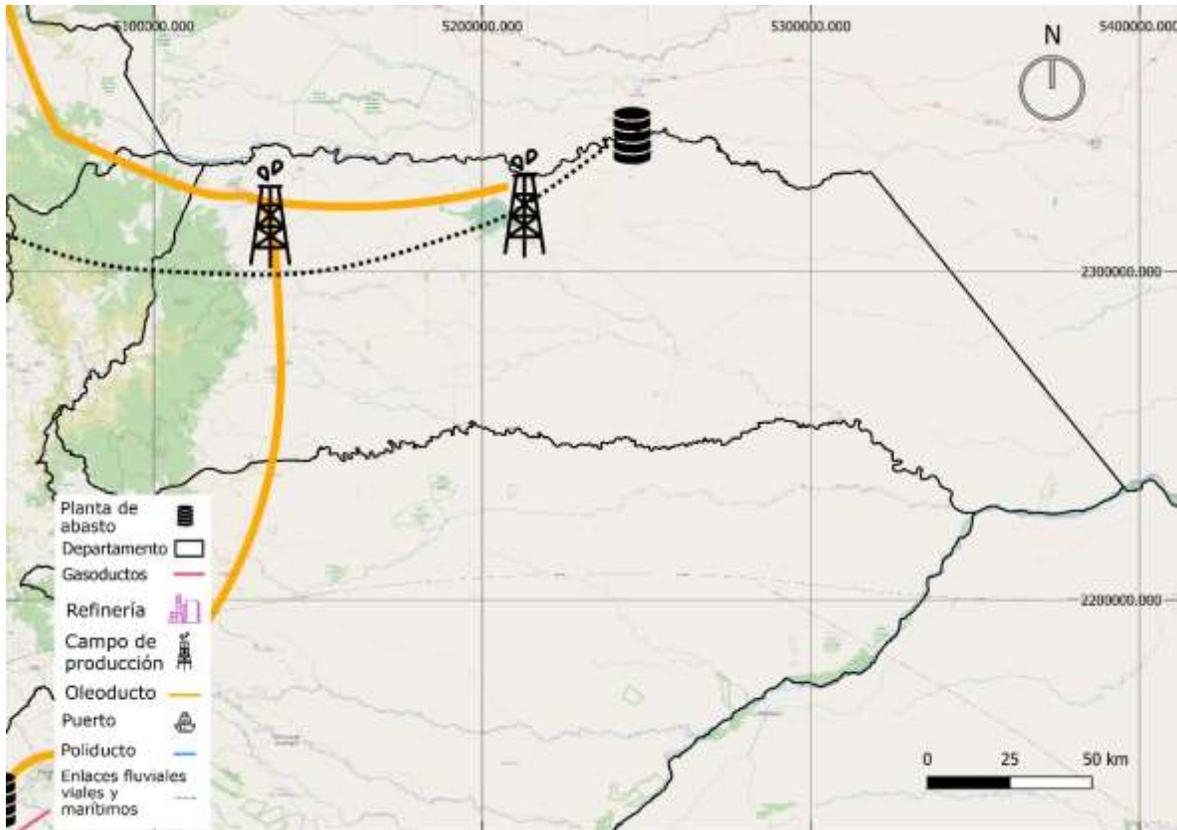


Figura 8-7: Mapa de infraestructura energética del departamento de Arauca. Fuente: (UPME, 2022), elaboración propia.

### 8.3 Potenciales de energías renovables

En esta sección se describen los potenciales de energías renovables en el departamento de Arauca, entre ellos el potencial solar fotovoltaico, el potencial eólico, el potencial hidroenergético y el potencial de biomasa residual. El potencial geotérmico no se describe en esta sección, pues solo se reporta un manantial termal ubicado en el municipio de Tame con una temperatura de 33 °C que dificulta su aprovechamiento con fines energéticos.

#### 8.3.1 Energía solar fotovoltaica

El departamento de Arauca cuenta con un buen potencial solar fotovoltaico en la mayor parte de su territorio. La irradiancia global horizontal del departamento varía entre 3,35 y 5,34 kWh/m<sup>2</sup> al día, el cual, alrededor del 84 % del territorio departamental registra un potencial uniforme mayor a 5 kWh/m<sup>2</sup>/día, como se representa en Figura 8-8. Este buen potencial solar implica la gran disponibilidad territorial para el despliegue de plantas de generación de energía por este tipo de tecnología en el departamento de Arauca (The World Bank Group, ESMAP, & Solargis, 2023).

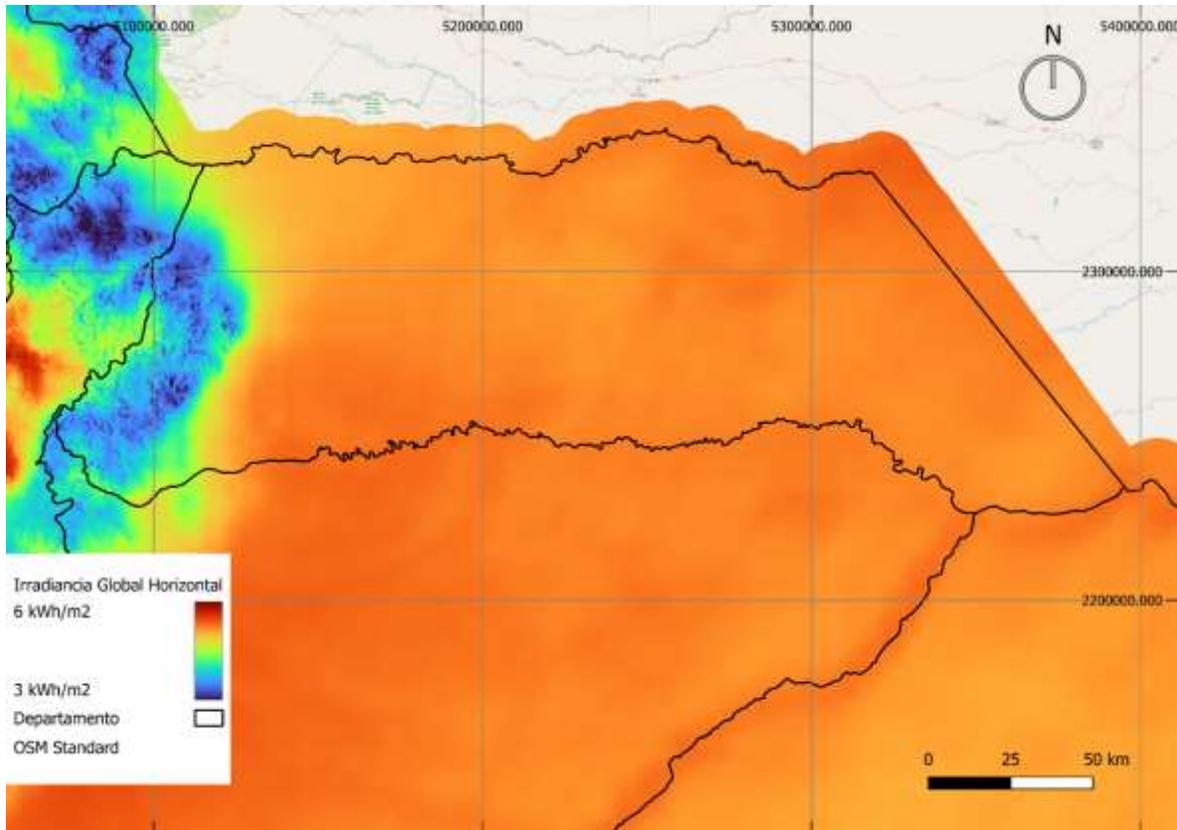


Figura 8-8. Mapa del potencial solar fotovoltaico por irradiación global horizontal del departamento de Arauca. Fuente: (The World Bank Group, ESMAP, & Solargis, 2023), elaboración propia.

### 8.3.2 Energía eólica

El departamento de Arauca no cuenta con un potencial eólico significativo debido a su ubicación y condiciones geográficas. La Figura 8-9 muestra el mapa del potencial eólico a 100 m de altura, expresado en unidades de densidad de potencia ( $W/m^2$ ), que representa un potencial en el 50 % del territorio departamental con una densidad de potencia entre 127,6 y 245,6  $W/m^2$  con velocidades de viento entre 4,9 y 5,9 m/s (The World Bank Group, ESMAP, Vortex, et al., 2023). Lo anterior implica que, en el departamento de Arauca no es conveniente un despliegue a gran escala de plantas de generación de energía por este tipo de tecnología, sino que se deben identificar ubicaciones puntuales (de mayor altitud) que permitan aprovechar este recurso energético.

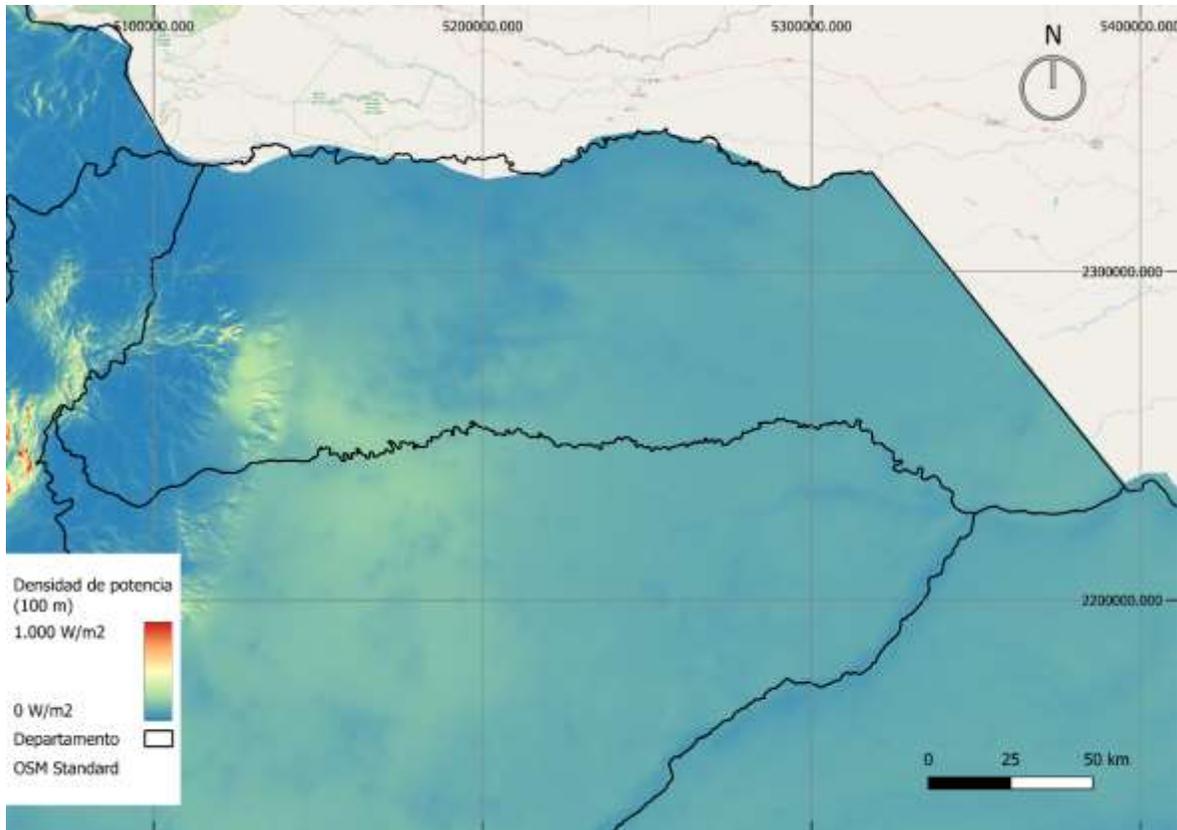


Figura 8-9. Mapa del potencial eólico por densidad de potencia a 100 m del departamento de Arauca. Fuente: (The World Bank Group, ESMAP, Vortex, et al., 2023). Elaboración propia.

### 8.3.3 Hidroenergía

El departamento de Arauca se encuentra ubicado en el área hidrográfica del Orinoco, la cual representa el 24 % del potencial hidroenergético del país con aproximadamente un potencial de 13,7 GW. La Figura 8-10 muestra el potencial hidroenergético del departamento de Arauca, en el cual se identifica la posibilidad de establecer pequeñas centrales hidroeléctricas y de menor capacidad, distribuidas en la red hídrica del territorio y en las zonas rurales.



Tabla 8-1. Potencial energético de los principales cultivos del departamento de Arauca. Elaboración propia

Producto	Total residuos [kt/año]	Potencial teórico [TJ/año]	Potencial técnico [TJ/año]
Arroz (Cáscara)	35,0	489,9	196,0
Arroz (paja)	277,6	801,7	17,2
Cacao (Cáscara cultivo)	20,9	46,1	32,2
Yuca (afrecho)	16,7	38,2	7,6
Caña azucarera (hojas y parte alta)	8,1	73,3	14,7
Naranja (cáscara)	4,5	73,3	22,0
Aguacate (semilla)	1,5	12,0	3,6
Limón (cáscara)	2,8	10,8	3,2
Tabaco (tallos y hojas)	0,4	0,9	0,9
Piña (cáscara)	1,1	18,2	5,5

La producción pecuaria genera alrededor de 3,6 millones de toneladas de estiércol al año, lo que equivale al 1,4 % del total producido a nivel nacional. Este volumen representa un potencial teórico de 13,9 PJ/año y un valor de 6,6 PJ/año para el potencial energético técnico. La tabla 8-2 muestra el potencial energético de los residuos de los animales criados en el departamento de Arauca; en este caso, el ganado bovino destaca con el mayor potencial teórico y técnico, representando un 93,2 % y 93,6 % respectivamente del potencial total disponible.

Tabla 8-2. Potencial energético de los residuos animales en Arauca. Elaboración propia

Especie	Cantidad de cabezas <sup>a</sup>	Total residuos [kt]	Potencial teórico [TJ/año]	Potencial técnico [TJ/año]
Aves	409.188	6,0	66,1	19,8
Bovinos	1.261.831	10081,8	38061,2	18079,1
Porcinos	52.760	24456,9	47,0	37,6
Ovinos	10.616	9687,1	37,1	13,3
Equinos	58.123	265186,2	928,6	464,3
Caprinos	1.923	331,6	3,7	1,4
Búfalos	10.727	115228,9	449,4	224,7

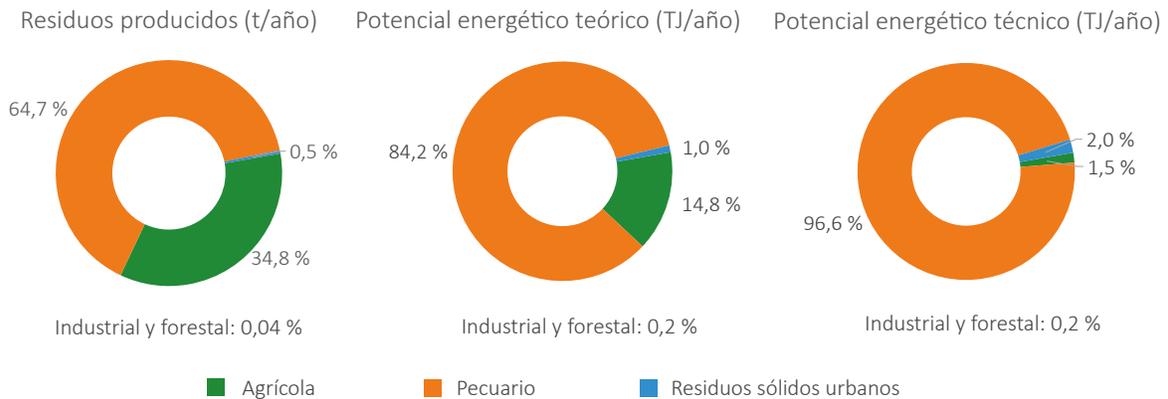
Fuente: a: UPRA & ICA, 2022

El departamento cuenta con una extensión forestal de 605 hectáreas, que genera aproximadamente 3.516 toneladas de residuos anuales, incluyendo pulpa, aserrín y otros subproductos del bosque. Estos residuos representan un potencial energético teórico de 66,0 TJ/año. Considerando un factor de disponibilidad de 0,5, se obtiene un potencial energético técnico de 33,0 TJ/año (Guio-Pérez et al., 2016).

Teniendo en cuenta una población estimada de 313.097 habitantes en 2023 y una producción promedio de 0,67 kg de residuos por persona al día, se estima el potencial de los residuos sólidos urbanos para la generación de energía (Buriticá et al., 2020; DANE, 2023). Este potencial corresponde a un valor teórico de aproximadamente 0,5 PJ/año y un potencial técnico de 0,4 PJ/año.

En lo que respecta a los residuos agroindustriales, estos provienen del procesamiento de leche, que totalizan 264,1 toneladas anuales, y de los residuos generados en el sacrificio de bovinos, que resultan en la producción de 137,8 toneladas de rumen. El procesamiento de la leche en el departamento genera un potencial energético teórico de 0,4 TJ/año, reducido a un potencial técnico de 0,3 TJ/año aplicando un factor de disponibilidad de 0,6. En el caso de los residuos de los sacrificios, se obtiene un potencial energético teórico de 0,05 TJ/año, y dado que este proceso se lleva a cabo en una planta procesadora con disponibilidad constante, el potencial técnico es igual al teórico, correspondiendo a 5,9 TJ/año y 3,6 TJ/año, respectivamente.

El potencial teórico total de la biomasa residual en el departamento corresponde a 47,1 PJ/año. Sin embargo, considerando la disponibilidad de acceso y recolección de los residuos, este potencial se reduce a un valor técnico de 19,5 PJ/año. La figura 8-11 muestra el aporte de cada sector a los residuos, el potencial energético y el potencial técnico. En este contexto, se destaca que la mayor contribución proviene del sector pecuario.



*Figura 8-11. Residuos, potencial energético teórico y potencial energético técnico de los diferentes sectores en el departamento de Arauca. Elaboración propia*

La figura 8-12 muestra el potencial energético teórico distribuido en el territorio del departamento, teniendo en cuenta el área sembrada, la distribución de animales, la población de los municipios y la producción industrial. Los municipios de Arauca y Tame resaltan por poseer el mayor potencial energético teórico, lo cual resulta congruente dada la considerable presencia de animales en estos territorios (UPRA & ICA, 2022).

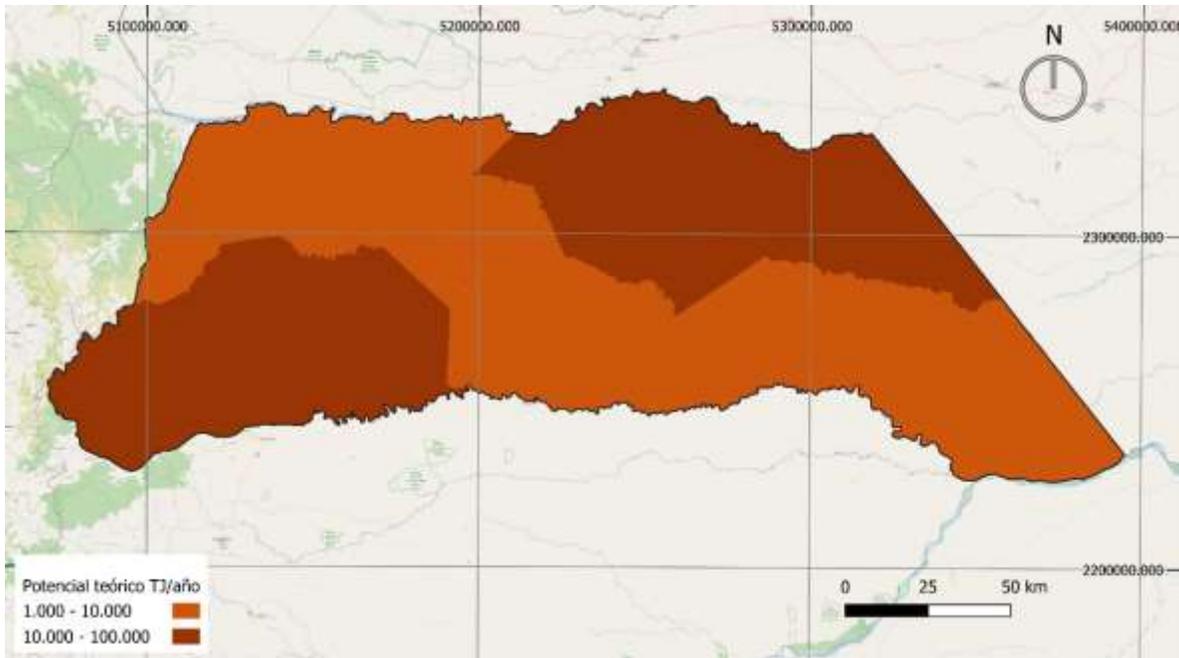


Figura 8-12. Distribución del potencial energético teórico de la biomasa residual en Arauca

En contraste, la figura 8-13 presenta la distribución del potencial energético técnico, el cual se muestra de manera uniforme debido a su dependencia de las posibilidades de recolección de los residuos. Esta información permite identificar las oportunidades de aprovechamiento de la biomasa residual como fuente de energía renovable en la región. El uso apropiado de estos residuos no solo puede impulsar el desarrollo de energías limpias y sostenibles, sino que también permite reducir la dependencia de fuentes no renovables. Además, al identificar y aprovechar eficientemente estos recursos energéticos en diversas áreas del departamento, se facilita la promoción de un enfoque más sostenible en la producción agropecuaria e industrial.

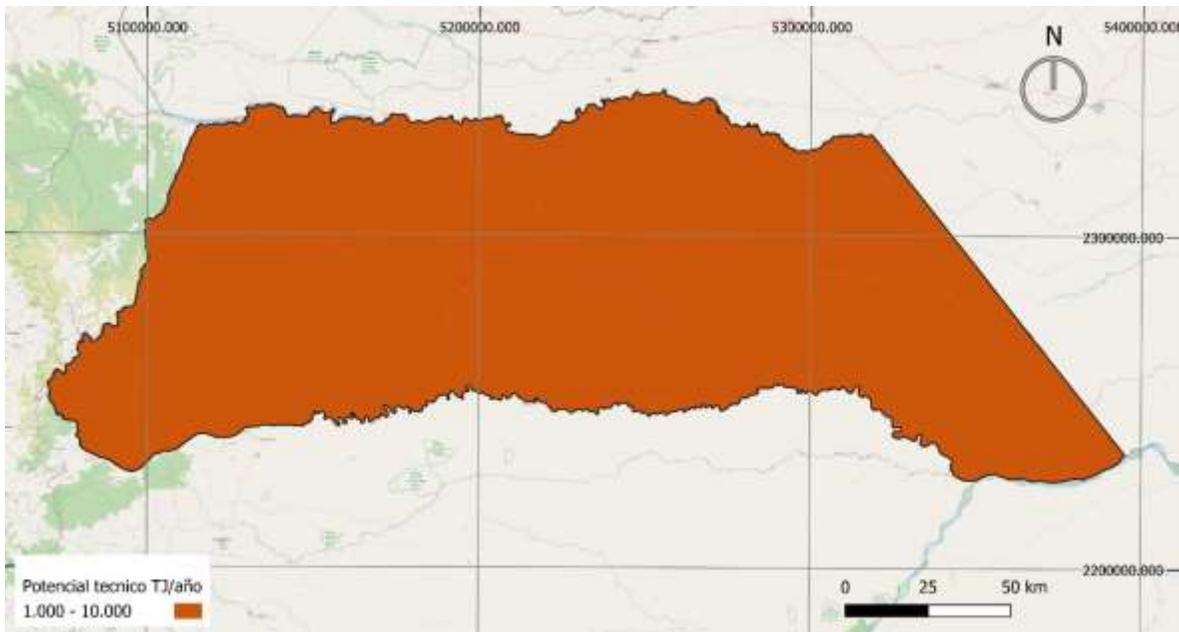


Figura 8-13. Distribución del potencial energético técnico de la biomasa residual en Arauca

## 8.4 Síntesis

El departamento de Arauca es altamente extractivo de recursos energéticos no renovables y de origen fósil. Muestra de esto es que el 99 % de la energía extraída del departamento sea exportada de los límites departamentales, principalmente en energéticos como el petróleo. Adicionalmente se registra un alto consumo de leña en uso residencial para la cocción de alimentos, que representa el 29 % de este sector y el 11 % de los hogares rurales. El resto de la demanda del sector residencial se satisface con GLP, electricidad y en menor medida, con gas natural.

El departamento no cuenta con una refinería y por esto requiere transportar los combustibles líquidos para satisfacer su demanda interna, entre ellos gasolina, diésel y combustible para aviación, con uso principal en el sector transporte. Adicionalmente todos sus municipios se encuentran conectados al SIN, con excepción de las zonas rurales de Arauca, Arauquita, Puerto Rondón y Tame. De igual forma, se registran 2 plantas termoeléctricas Termotame y Termocapacho con 14,9 de capacidad instalada.

Finalmente, en cuanto a potenciales de energías renovables, se destaca el alto potencial solar fotovoltaico e hidroeléctrico. El potencial solar fotovoltaico se encuentra distribuido de forma uniforme en todo el territorio de Arauca, con el 84 % del territorio con un potencial mayor a 5 kWh/m<sup>2</sup> al día, mientras que la red hídrica del área hidrográfica del Orinoco permite la instalación de pequeñas centrales hidroeléctricas y de menor capacidad a 20 MW. Finalmente, el potencial energético de la biomasa residual se evalúa desde perspectivas teóricas y técnicas. Aunque el potencial teórico total alcanza los 47.1 PJ/año, las restricciones en el acceso y la recolección disminuyen el potencial técnico a 19.5 PJ/año.

## 9 Conclusiones

La actividad productiva de Arauca se concentra en la explotación de minas y canteras, destacándose el petróleo como más del 40 % de la producción departamental. El sector agropecuario, con más del 20 % del PIB departamental, ocupa el segundo lugar en relevancia económica. Sin embargo, a pesar de la importancia del sector petrolero, Arauca presenta altos indicadores de pobreza multidimensional, necesidades básicas insatisfechas y alta informalidad laboral. Además, su capital registró la tasa de desempleo más alta entre las 32 ciudades principales del país en 2022.

El departamento enfrenta retos sociales y ambientales complejos, derivados de la interacción entre actividades extractivas, la agroindustria y el conflicto armado, que han afectado profundamente sus ecosistemas y comunidades. Esto subraya la necesidad de adoptar un modelo de desarrollo sostenible que priorice la conservación ambiental, respete los derechos culturales y fomente la inclusión de las comunidades locales en la toma de decisiones. Para superar estas tensiones, resulta esencial fortalecer la gobernabilidad, promover la participación comunitaria y diseñar estrategias integrales que impulsen la paz y el bienestar en armonía con el entorno natural.

Arauca posee un panorama de grandes potencialidades y desafíos en su ordenamiento territorial sostenible. Sobresalen su alta oferta hídrica, la cobertura significativa de servicios públicos relacionados con el agua y la biodiversidad de sus ecosistemas, además del impacto de sectores como la agroindustria y la explotación de hidrocarburos. No obstante, enfrenta problemas como la desactualización de los planes de ordenamiento, la necesidad de implementar POMCAS y la gestión de los impactos del cambio climático. Abordar estos aspectos es clave para garantizar una gestión eficiente de los recursos y promover transiciones sostenibles en el territorio.

En el ámbito agropecuario y alimentario, el departamento muestra un uso creciente del territorio para actividades agropecuarias. Aunque se han logrado avances, persisten obstáculos relacionados con la gestión del agua, las fluctuaciones de precios y los retos enfrentados por las pequeñas empresas alimentarias. La inseguridad alimentaria afecta a parte de la población, especialmente en comunidades vulnerables. La agricultura familiar, como pilar de la seguridad alimentaria y la sostenibilidad, así como los proyectos agroecológicos, representan iniciativas clave para abordar estos desafíos.

Más del 50 % de las emisiones netas en el departamento provienen de actividades de deforestación, principalmente por la transformación de bosques naturales en pastizales. Esta problemática, común a nivel nacional, es abordada en el plan de acción climática de Arauca en coordinación con las políticas nacionales, buscando alcanzar la meta de deforestación cero en zonas de alto riesgo. Además, se trabaja en la eficiencia de la producción ganadera y en la reducción de emisiones de los sectores forestal y agropecuario, promoviendo una adaptación eficaz al cambio climático.

El sistema energético de Arauca es estratégico por su producción de hidrocarburos y gas natural, aunque depende de importaciones para cubrir su demanda interna. A pesar de contar con infraestructura para extracción, transporte y generación termoeléctrica, enfrenta desafíos en eficiencia energética, cobertura de redes y uso de recursos renovables. Entre estos recursos destacan el alto potencial solar fotovoltaico y las oportunidades en biomasa residual, que ofrecen alternativas viables para energía limpia. Aunque los recursos hidroenergéticos y eólicos tienen limitaciones a gran escala, son aprovechables en áreas específicas. La gestión eficiente de residuos agropecuarios e industriales y el uso de estas fuentes renovables pueden disminuir la dependencia de energías fósiles, impulsar el desarrollo sostenible y consolidar la transición energética en la región.

## Bibliografía

### 10.1 Condiciones socioeconómicas

- DANE. (2021). Indicador de Necesidades básicas insatisfechas.
- DANE. (2022a). Estadísticas vitales 2022.
- DANE. (2023). Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2022.
- DANE. (2023a). Indicadores de pobreza y desigualdad 2022.
- DANE. (2023b). Indicador de pobreza multidimensional 2022.
- Instituto Nacional de Salud. (2019). Acceso a servicios de salud en Colombia; Décimo primer Informe Técnico. Observatorio Nacional de Salud. Bogotá, D.C.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2022). Indicadores básicos de salud 2022. Situación de Salud en Colombia. Bogotá D.C.

### 10.2 Economía, infraestructura y producción

- Consejo Privado de Competitividad. (2023). Índice departamental de competitividad 2023.
- DANE. (2023). Producto interno bruto departamental.
- DANE. (2023a). Empleo y desempleo.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2023). Perfiles Económicos Departamentales. Departamento de Arauca. Oficina de Estudios Económicos
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2022). Informe de Viabilidad Fiscal Territorial. Departamento de Arauca.
- Asamblea Departamental de Arauca. (2020). Ordenanza N° 009 de 2020 “Por la cual se adopta el Plan Participativo de Desarrollo Departamental “Construyendo futuro” 2020-2023.

### 10.3 Desafío y tensiones sociales

- Amador-Jimenez, M. (2023, noviembre 19). Naturaleza y ambiente: Grandes víctimas del conflicto. *Razón Pública*. <https://razonpublica.com/naturaleza-ambiente-grandes-victimas-del-conflicto/>
- Barbosa, F. (2023). *Explotación petrolera amenaza humedal del Lipa, en Arauca*. <https://rutasdelconflicto.com/notas/explotacion-petrolera-amenaza-humedal-del-lipa-arauca>
- Comisión de la Verdad. (2020, agosto 1). *Arauca: Conflicto, biodiversidad y petróleo*. Comisión para el Esclarecimiento de la Verdad, la Convivencia y la No Repetición. <https://web.comisiondelaverdad.co/actualidad/noticias/arauca-conflicto-biodiversidad-y-petroleo>
- Comisión de la Verdad. (s.f.). *Colombia adentro. Caso 65. Enfrentamientos entre ELN y FARC-EP en Arauca*. Comisión para el Esclarecimiento de la Verdad, la Convivencia y la No Repetición. <https://www.comisiondelaverdad.co/caso-65-enfrentamientos-entre-eln-y-farc-ep-en-arauca>
- Defensoría del Pueblo. (2022, diciembre 6). *Desde que inició el año, en Arauca asesinan a una persona al día por cuenta del conflicto y la disputa territorial de los grupos armados ilegales*. <https://www.defensoria.gov.co/-/desde-que-inici%C3%B3-el-a%C3%B1o-en-arauca-asesinan-a-una-persona-al-d%C3%ADa-por-cuenta-del-conflicto-y-la-disputa-territorial-de-los-grupos-armados-ilegales>
- Delvasto, G. A. (2022, marzo 1). Arauca, el departamento colombiano que enfrenta “en soledad” el recrudecimiento del conflicto armado. *Anadolu Ajansı*. <https://www.aa.com.tr/es/mundo/arauca-el->

[departamento-colombiano-que-enfrenta-en-soledad-el-recrudescimiento-del-conflicto-armado/2519976](#)

- Destrucción ecosistema bioestratégico El Lipa, Arauca. (2023, junio 11). *Global Atlas of Environmental Justice*. <https://ejatlas.org/conflict/destruccion-ecosistema-bioestrategico-el-lipa-arauca-colombia>
- Dickinson, E. (2022, noviembre 20). Arauca: La guerra y la paz total. *Razón Pública*. <https://razonpublica.com/arauca-la-guerra-la-paz-total/>
- FCDS. (2023, octubre). Complejo de humedales del Lipa en Arauca. *Paz y ambiente*, 2, 8–13.
- Indepaz. (2023). *Líderes sociales, defensores de DD.HH y firmantes de acuerdo asesinados* [dataset]. <https://indepaz.org.co/lideres-sociales-defensores-de-dd-hh-y-firmantes-de-acuerdo-asesinados-en-2023/>
- JEP. (s/f). *Hechos de afectación desde 2016* [dataset]. Recuperado el 3 de enero de 2024, de <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZmYwNjE4MmYtZmRlMy00ZjI0LTk0ZmUtNjgwYWNINGY3Y2Y4liwidCI6ImQ3MjlkMmMxLTk4OWUtNDRINS1iN2M1LTE4MmM5MTRhYzYwNyIsImMiOiR9>
- La erradicación de la coca en Arauca la hicieron los campesinos. (2018, abril 9). *Periferia Prensa Alternativa*. <https://periferiaprensa.com/la-erradicacion-de-la-coca-en-arauca-la-hicieron-los-campesinos/>
- Marín, I., & Cajiao, A. (2015). *El ELN y la industria petrolera: Ataques a la infraestructura en Arauca*. Fundación Ideas para la Paz - FIP. <https://storage.ideaspaz.org/documents/55411b8a3ccab.pdf>
- Medina Gallego, C. (2022, febrero 10). Arauca en el laberinto de la violencia criminal. *Periódico UNAL*. <https://periodico.unal.edu.co/articulos/arauca-en-el-laberinto-de-la-violencia-criminal/>
- OCA. (s/f). *Conflicto: En busca del Lipa. Conflicto ambiental en la llanura inundable*. Observatorio de Conflictos Ambientales, OCA-IDEA-UN. Recuperado el 1 de enero de 2024, de [https://conflictosambientales.unal.edu.co/oca/env\\_problems/viewEnvProblem/29](https://conflictosambientales.unal.edu.co/oca/env_problems/viewEnvProblem/29)
- Ortiz Fonnegra, M. I. (2023, septiembre 4). ¿Cuál es la guerra que se vive entre las disidencias de las Farc y el Eln en Arauca? *El tiempo*. <https://www.eltiempo.com/justicia/conflicto-y-narcotrafico/arauca-enfrentamientos-entre-disidencias-de-farc-y-eln-dejan-graves-heridos-802365>
- Rincón, L., & Santisteban, G. (2021, noviembre). Arauca: Un nuevo ciclo de violencia con más actores en medio de los problemas de frontera. *Rutas del Conflicto*. <https://rutasdelconflicto.com/especiales/arauca/actualidad.html>
- Sistema Integral para la Paz [Comunicado]. (2022, enero 21). *Sobre la situación de violencia en Arauca*. <https://web.comisiondelaverdad.co/actualidad/comunicados-y-declaraciones/sobre-la-situacion-de-violencia-en-arauca>
- UNODC-SIMCI. (2023). *Monitoreo de los territorios con presencia de cultivos de coca 2022*. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC). [https://biesimci.org/fileadmin/2023/documentos/informe\\_de\\_monitoreo\\_de\\_territorios\\_afectados\\_p\\_or\\_cultivos\\_ilicitos\\_2022.pdf](https://biesimci.org/fileadmin/2023/documentos/informe_de_monitoreo_de_territorios_afectados_p_or_cultivos_ilicitos_2022.pdf)
- Verdad abierta. (2022, enero 9). Arauca, bajo un conflicto armado más allá de las drogas ilícitas. *Verdad abierta*. <https://verdadabierta.com/arauca-bajo-conflicto-armado-mas-alla-de-las-drogas-ilicitas/>
- Villa Espinosa, D. M. (2022, enero 5). Arauca en la encrucijada: Violencia, pobreza, desempleo y corrupción. *El espectador*. <https://www.elespectador.com/colombia/mas-regiones/arauca-en-la-encrucijada-violencia-pobreza-desempleo-y-corrupcion/>

#### 10.4 Ordenamiento territorial para la sostenibilidad

Agencia de renovación del territorio. (2022). PDET - Megaficha Arauca. ART.

Oficina para la Coordinación de Asuntos Humanitarios (OCHA), & Grupo Interagencial sobre Flujos Migratorios Mixtos (GIFMM). (2023). *Inundaciones en Arauca, Arauquita, Fortul, Saravena y Tame*.

- Espinosa Borrero, M. Á. (2023, Abril 4). Alerta por inundaciones en Arauca. *El Tiempo*.
- Abril Caballero, D. Y. (2022, Noviembre 2). Cada vez más cerca la posibilidad de que Arauca tenga su propia energía eléctrica y dejar de depender de terceros. *Gobernación de Arauca*. <https://arauca.gov.co/cada-vez-mas-cerca-la-posibilidad-de-que-arauca-tenga-su-propia-energia-electrica-y-dejar-de-depender-de-terceros/>
- Barón Cáceres, F. A. (2019). *INVENTARIO DE LAS REPRESAS EN COLOMBIA*.
- Gobernación de Arauca. (2022, Agosto 9). *AMPLIACION DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL MUNICIPIO DE TAME, DEPARTAMENTO DE ARAUCA*. [https://arauca.gov.co/wpfd\\_file/ampliacion-de-las-redes-de-alcantarillado-sanitario-en-el-municipio-de-tame-departamento-de-arauca/](https://arauca.gov.co/wpfd_file/ampliacion-de-las-redes-de-alcantarillado-sanitario-en-el-municipio-de-tame-departamento-de-arauca/)
- Gobernación de Arauca. (2023, June 26). *CONSTRUCCIÓN DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUCA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA*. [https://arauca.gov.co/wpfd\\_file/construccion-de-las-redes-de-alcantarillado-sanitario-en-el-area-urbana-del-municipio-de-arauca-departamento-de-arauca/](https://arauca.gov.co/wpfd_file/construccion-de-las-redes-de-alcantarillado-sanitario-en-el-area-urbana-del-municipio-de-arauca-departamento-de-arauca/)
- 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. (2019). *EVALUACIÓN INTEGRAL DE PRESTADORES EMPRESA DE ACUEDUCTO ALCANTARILLADO Y ASEO DEL MUNICIPIO DE DIBULLA S.A. E.S.P.*
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2021). *INFORME NACIONAL DE COBERTURAS DE LOS SERVICIOS PUBLICOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO y ASEO - 2020*. Superintendencia de Servicios Públicos Domésticos.
- ### 10.5 Sistemas agroalimentarios
- Agencia de Noticias UNAL. (2020). Piscicultura con tecnología biofloc se fortalece en Arauca. *Desarrollo Rural*. <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/piscicultura-con-tecnologia-biofloc-se-fortalece-en-arauca>
- ANDI, ABACO, & Fundación Éxito. (2019). *Línea base de la situación alimentaria y nutricional de la niñez en Colombia, 2019*.
- CONtexto ganadero. (n.d.). *Orinoquía carece de sistemas de riego por falta de inversión*. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.contextoganadero.com/regiones/orinoquia-carece-de-sistemas-de-riego-por-falta-de-inversion>
- CONtextoganadero. (2023a). *Humidícola, pasto perfecto para reses que viven en suelos ácidos*. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/humidicola-pasto-perfecto-para-reses-que-viven-en-suelos-acidos>
- CONtextoganadero. (2023b, March 1). *5 bondades del pasto estrella*. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/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. (2023a). *Escala de experiencia de inseguridad alimentaria (FIES) 2022*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas->
- DANE. (2023b). *Geovisor Directorio de Empresas 2023*. <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/economia/directorio-estadistico-de-empresas/>
- DANE. (2023c). *Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario Componente Abastecimiento de Alimentos - SIPSA - A - 2018 -2023*. <https://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/697/get-microdata>
- Duarte, L. O., García, E., Tejeda, K., Cuello, F., Gil-Manrique, B., De León, G., Curiel, J., Cuervo, C., Vargas, O., Isaza, E., Manjarréz- Martínez, L., & Reyes-Ardila, H. (2022). Estadísticas de desembarco y esfuerzo de las pesquerías artesanales de Colombia 2022. In *SEPEC* (Issue Año).
- FAO, Unión Europea, & Cirad. (2022). *Perfil de sistemas alimentarios - Colombia*. <https://doi.org/10.4060/cc2298es>
- Franco, L. (2023). Huertas y conucos para mitigar el hambre en Arauca. *Periódico UNAL*.
- Gobierno de Colombia, Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Agrosavia, & Biocarbono Orinoquía. (2022). *Actualización del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector Agropecuario PECTIA (2017 - 2027) Departamento de Arauca*.
- República de Colombia, Departamento de Arauca, & Asamblea Departamental. (2020). Plan participativo de desarrollo departamental “Construyendo Futuro” 2020-2023. *Ordenanza No 09 de 2020*.
- RUNAP. (2023). *Áreas protegidas*. <https://runap.parquesnacionales.gov.co/>
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Sostenible. (2020). *Plan Departamental de Extensión Agropecuaria (PDEA) Departamento de Arauca Vigencia 2020-2023*.
- 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)

## 10.6 Emisiones y planes de acción climática

- CIAT & CORMACARENA. (2017). *Plan Regional Integral de Cambio Climático para la Orinoquía*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia: CIAT publicación No. 438.

- Climate Transparency*. (2020). Obtenido de [www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2021/01/Colombia-CT-2020.pdf](http://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2021/01/Colombia-CT-2020.pdf)
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2016). *Inventario Nacional y Departamental de Gases de Efecto Invernadero - Colombia (INGEI)*. Bogotá D.C.: .PuntoAparte Bookvertising.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). *Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC)*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (26 de noviembre de 2020). Colombia reducirá en un 51% sus emisiones de gases efecto invernadero para el año 2030.
- Ministerio de Minas y Energías. (2021). *Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector Minero Energético 2050 (PIGCCME 2050)*. Bogotá D.C.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2020). Contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC).

## 10.7 Sistemas energéticos

- 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/ijeeep.12733>
- Amante-Orozco, A., Martínez-Esquivel, R. Rössel-Kipping, E. D., Pimentel-López, J., García-Herrera, E. J., & Gómez-González, A. (2019). Anaerobia digestion of sheep manure to produce biogas and biofertilizer. *Agroproductividad*, 12(4), 39–43. <https://doi.org/https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1201>
- ANH. (2022). Mapa de tierras. Agencia Nacional de Hidrocarburos. Disponible en: <https://www.anh.gov.co/es/hidrocarburos/mapa-de-tierras/>
- ANH. (2023). Datos y estadísticas. Petróleo. Agencia Nacional de Hidrocarburos. <https://www.anh.gov.co/es/operaciones-y-regal%C3%ADas/datos-y-estadisticas/>
- 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*.
- Brachi, P., Chirone, R., Miccio, F., Miccio, M., & Ruoppolo, G. (2019). Valorization of Orange Peel Residues via Fluidized Bed Torrefaction: Comparison between Different Bed Materials. *Combustion Science and Technology*, 191(9), 1585–1599. <https://doi.org/10.1080/00102202.2019.1582526>
- 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 Nacional de Colombia.

- 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>
- Da Silva, J. C. G., Alves, J. L. F., Mumbach, G. D., Andersen, S. L. F., Moreira, R. de F. P. M., & Jose, H. J. (2023). Hydrogen-rich syngas production from steam gasification of Brazilian agroindustrial wastes in fixed bed reactor: kinetics, energy, and gas composition. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04585-z>
- 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>
- Domínguez, M., Arous, K., Bonert, P., Sánchez, F., San Miguel, G., & Toledo, M. (2014). The Avocado and Its Waste: An Approach of Fuel Potential/Application. In *Environment, Energy and Climate Change II Energies from New Resources and the Climate Change II* (pp. 199–223). <http://www.springer.com/series/698>
- FAO. (2014). *Natural Resources Module - Agricultural Residues Component*. <https://www.fao.org/energy/bioenergy/bioenergy-and-food-security/assessment/befs-ra/natural-resources/en/>
- Forster-Carneiro, T., Berni, M. D., Dorileo, I. L., & Rostagno, M. A. (2013). Biorefinery study of availability of agriculture residues and wastes for integrated biorefineries in Brazil. *Resources, Conservation and Recycling*, 77, 78–88. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.05.007>
- Frigo, L. M., Diogo, J., De, S., Santos, L., Salgado, D. M., & Yepes, M. (2019). *Gasification of alternative biomass to generate power with support of CFD and CAD*.
- Gabisa, E. W., & Gheewala, S. H. (2018). Potential of bio-energy production in Ethiopia based on available biomass residues. *Biomass and Bioenergy*, 111(February), 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.02.009>
- Guio-Pérez, D. C., Rincón Prat, S. L., Cáceres Martínez, L. E., & Tibocha Guzmán, D. A. (2016). Suitability analysis of residual biomass in Colombia for Gasification un fluidized bed. *24th European Biomass Conference and Exhibition*, 1(June), 870–879.
- IPSE. (2023). *Arauca*. Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas.
- Khan, M. U., Ahmad, M., Sultan, M., Sohoo, 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>
- Muñoz, D., Cuatin, M., & Pantoja, A. (2013). Potencial energético de residuos agroindustriales del departamento del Cauca, a partir del poder calorífico inferior. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 156–163. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n2/v11n2a18.pdf>

- Orrego, C. E., Salgado, N., & Diaz, M. S. (2020). *Productividad y competitividad frutícola Andina. Producto 9. Estudio de mercado interno y externo de la fruta fresca y sus derivados*. [www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)
- Ramírez, S. (2017). *Manejo de Excretas de Ovejas Mediante Compostaje, Inoculado con Microorganismos de Montaña (MM) Nativos en La Finca Experimental Santa Lucía, Heredia*. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/14182>
- Ramos-Suárez, J. L., Ritter, A., Mata González, J., & Camacho Pérez, A. (2019). Biogas from animal manure: A sustainable energy opportunity in the Canary Islands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104(December 2018), 137–150. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.025>
- Rojas González, A. F., & Flórez Montes, C. (2019). Valorización de residuos de frutas para combustión y pirólisis. *Revista Politécnica*, 15(28), 42–53. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n28a4>
- SGC. (2022). Zonas Carboníferas de Colombia. Servicio Geológico Colombiano. Disponible en: <https://datos.sgc.gov.co/maps/Ofd8488d21d14cad952cbacbe3fa3164/about>
- Shamsul, N. S., Kamarudin, S. K., Kofli, N. T., & Rahman, N. A. (2017). Optimization of bio-methanol production from goat manure in single stage bio-reactor. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(14), 9031–9043. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.05.228>
- The World Bank Group, ESMAP, & Solargis. (2023). Global solar atlas. <https://globalsolaratlas.info/map>
- The World Bank Group, ESMAP, Vortex, & DTU Wind. (2023). Global wind atlas. <https://globalwindatlas.info/en/>
- Tsai, W. T., & Liu, S. C. (2016). Thermochemical characterization of cattle manure relevant to its energy conversion and environmental implications. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 6(1), 71–77. <https://doi.org/10.1007/s13399-015-0165-7>
- UPME. (2022). Plan Indicativo de Abastecimiento de Combustibles Líquidos. <https://www1.upme.gov.co/sipg/Paginas/PIACL.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)
- 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)

## 11 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
IDC	Índice Departamental de Competitividad
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

## Anexos

### Anexo A: Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad

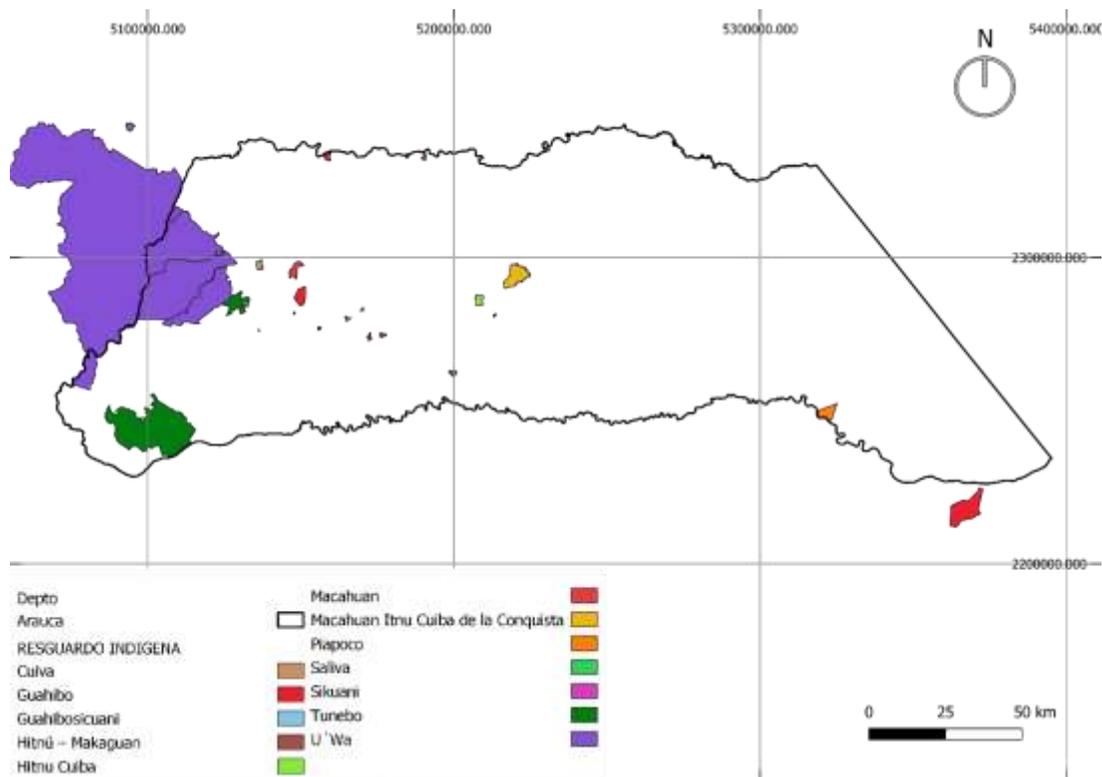


Figura 0-1 Resguardos indígenas en el departamento de Arauca. Fuente: Igac. Elaboración propia

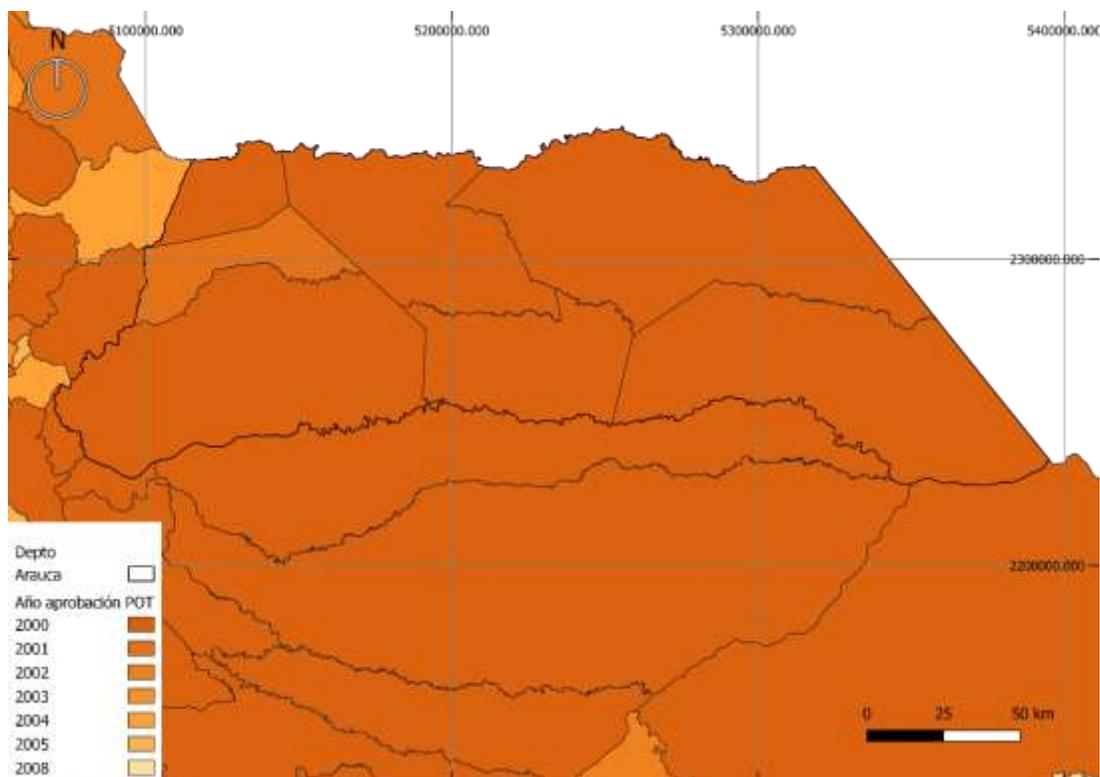


Figura 0-2 Año de aprobación POT en los municipios de Arauca. Fuente: Igac. Elaboración propia.

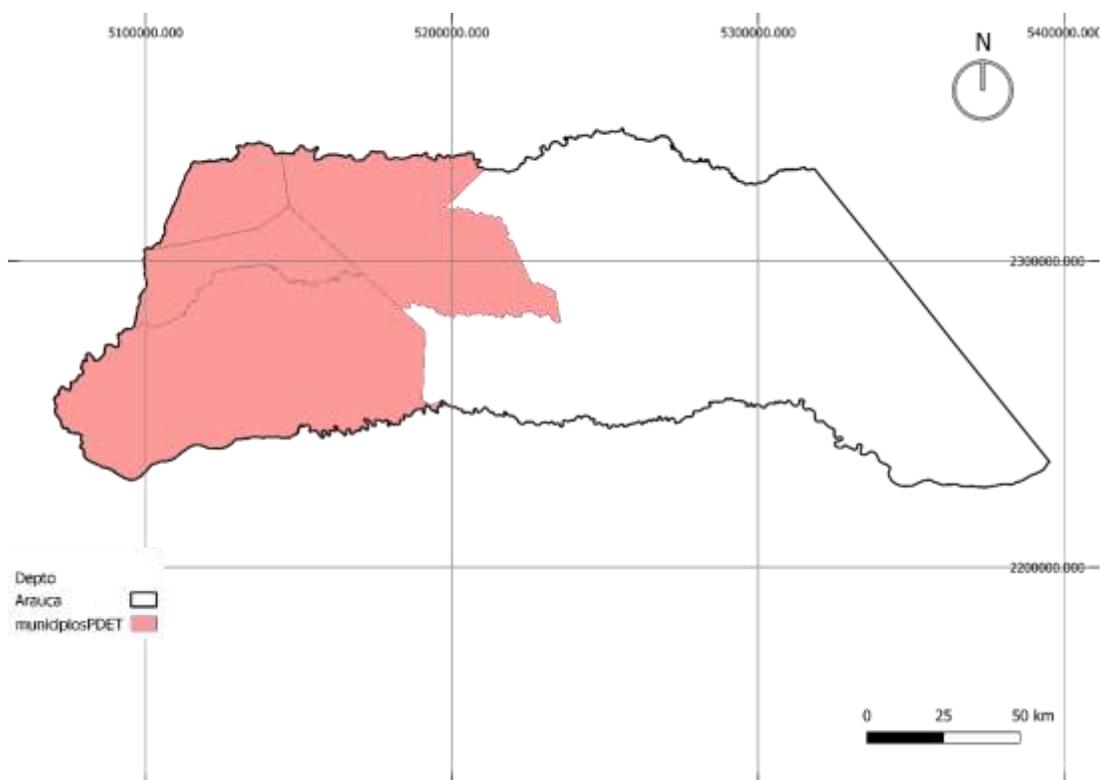


Figura 0-3 Municipios PDET en el departamento de Arauca. Fuente: Igac. Elaboración propia.

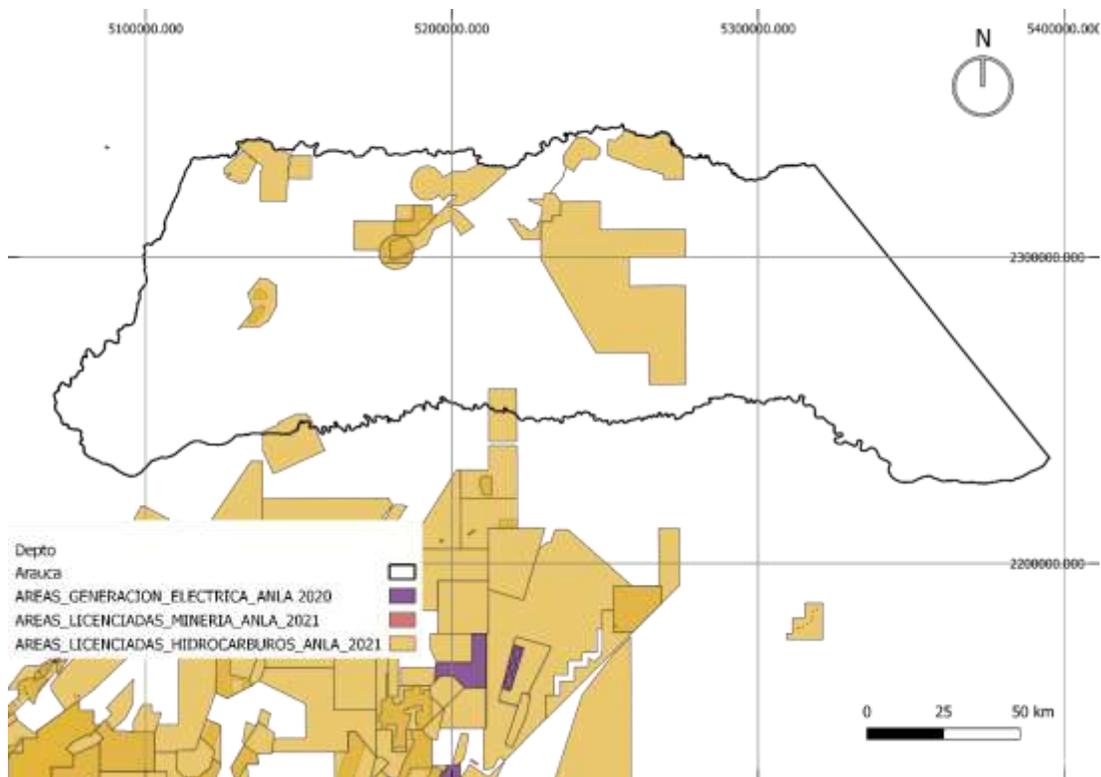


Figura 0-4 Áreas de generación de energía, minería e hidrocarburos en el departamento de Arauca. Fuente: Ideam. Elaboración propia.

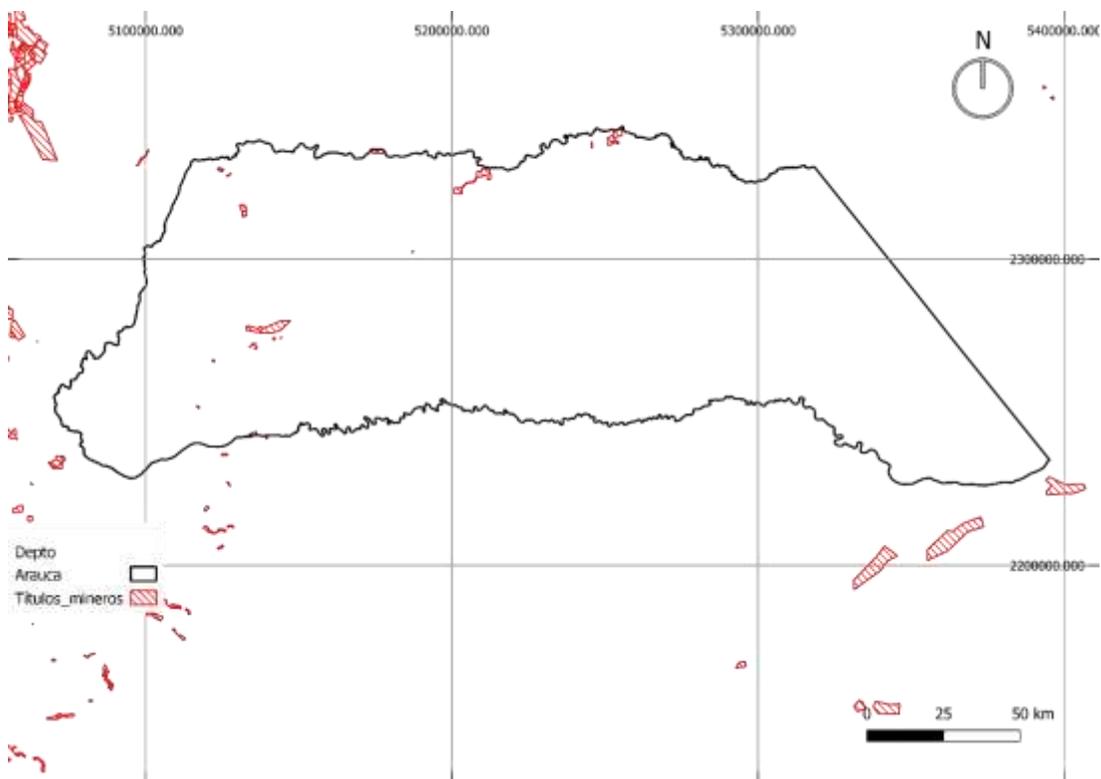


Figura 0-5 Áreas con títulos mineros en el departamento de Arauca. Fuente: Ideam. Elaboración propia.

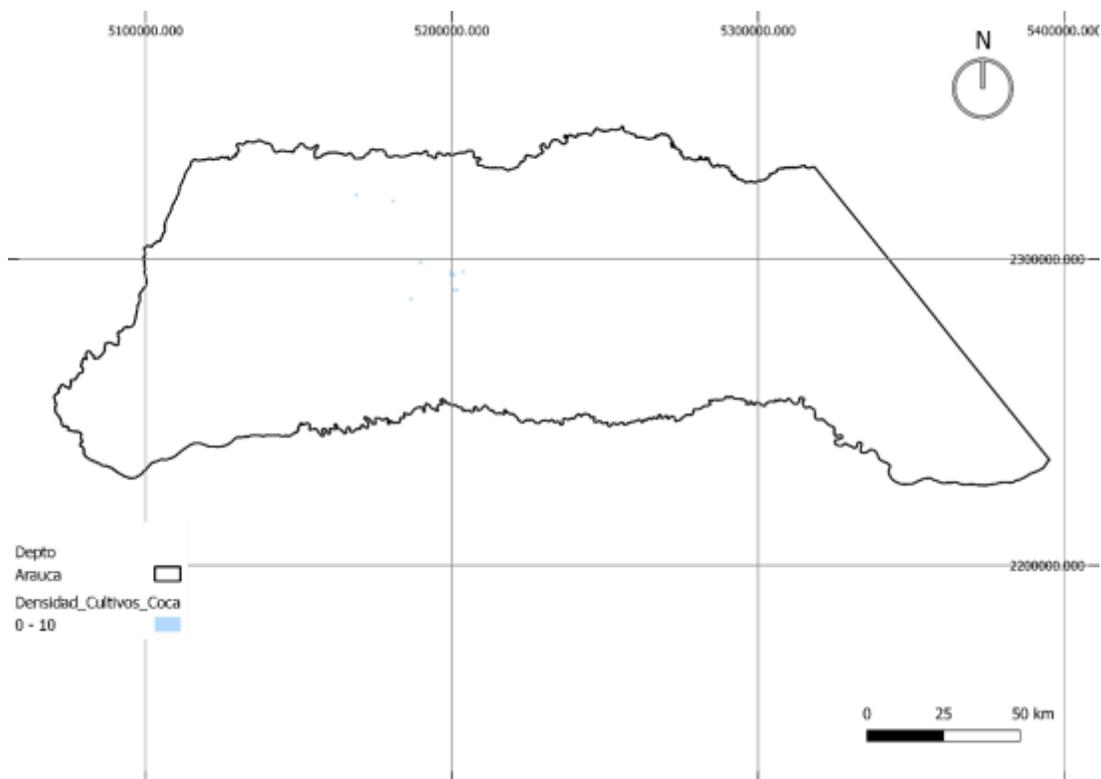


Figura 0-6 Densidad de cultivos de coca en el departamento de Arauca. Fuente: Ideam. Elaboración propia.

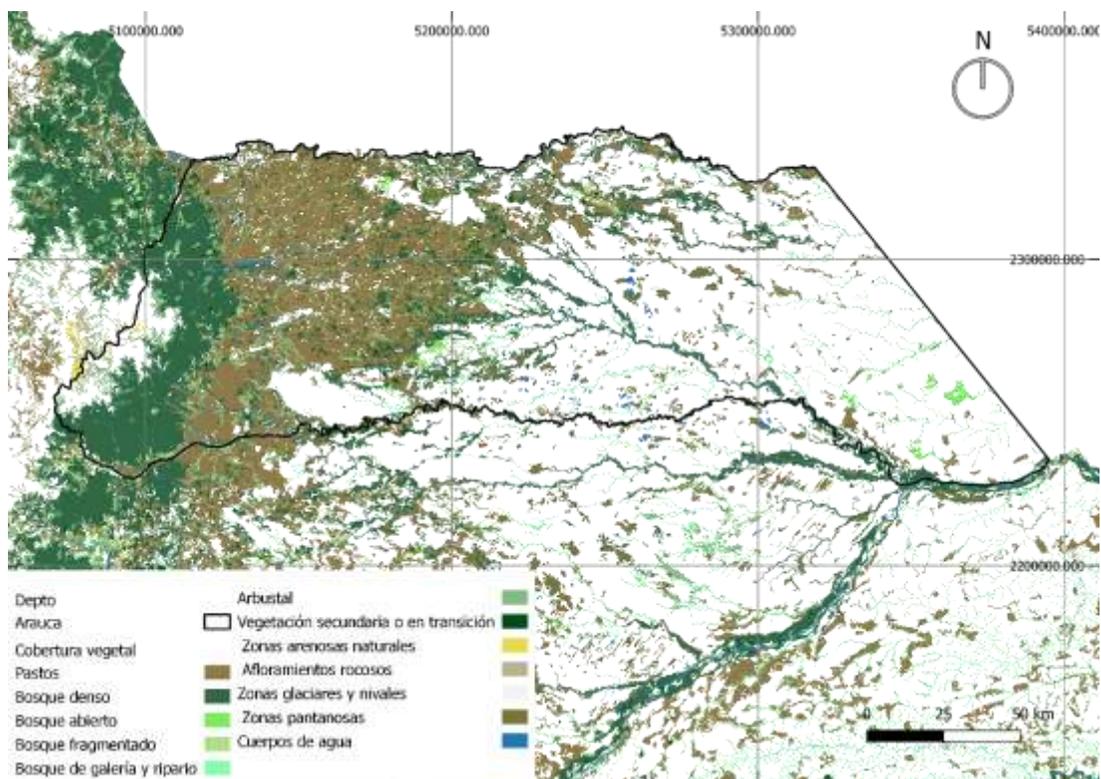


Figura 0-7 Cobertura vegetal en el departamento de Arauca. Fuente: Ideam. Elaboración propia.

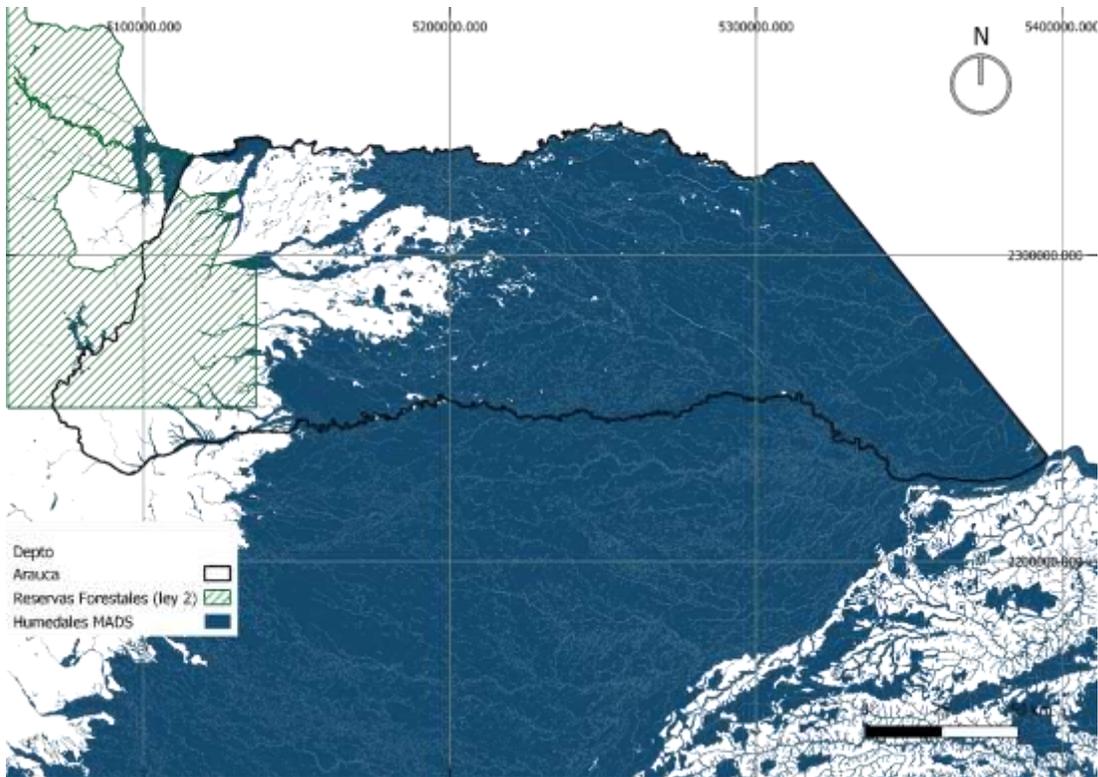


Figura 0-8 Áreas de importancia de conservación en el departamento de Arauca. Fuente: Ideam. Elaboración propia.

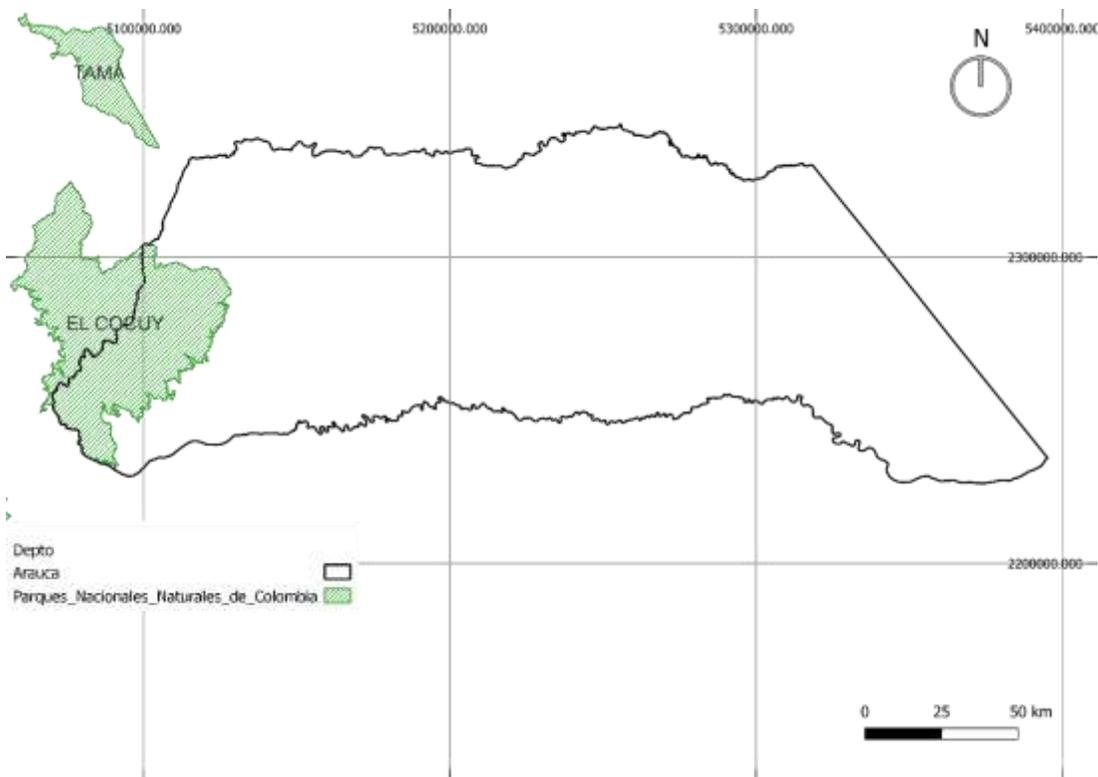


Figura 0-9 Parques nacionales naturales en el departamento de Arauca. Fuente: Ideam. Elaboración propia.

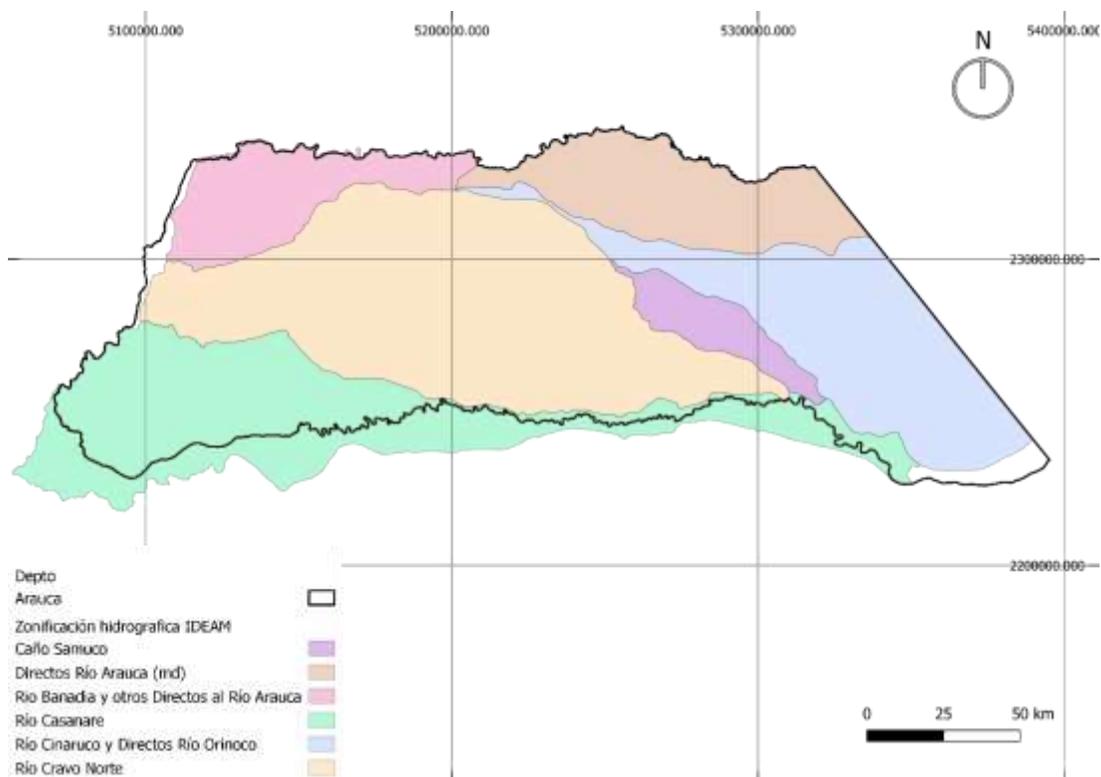


Figura 0-10 Zonificación hidrográfica en el departamento de Arauca. Fuente: Ideam. Elaboración propia.

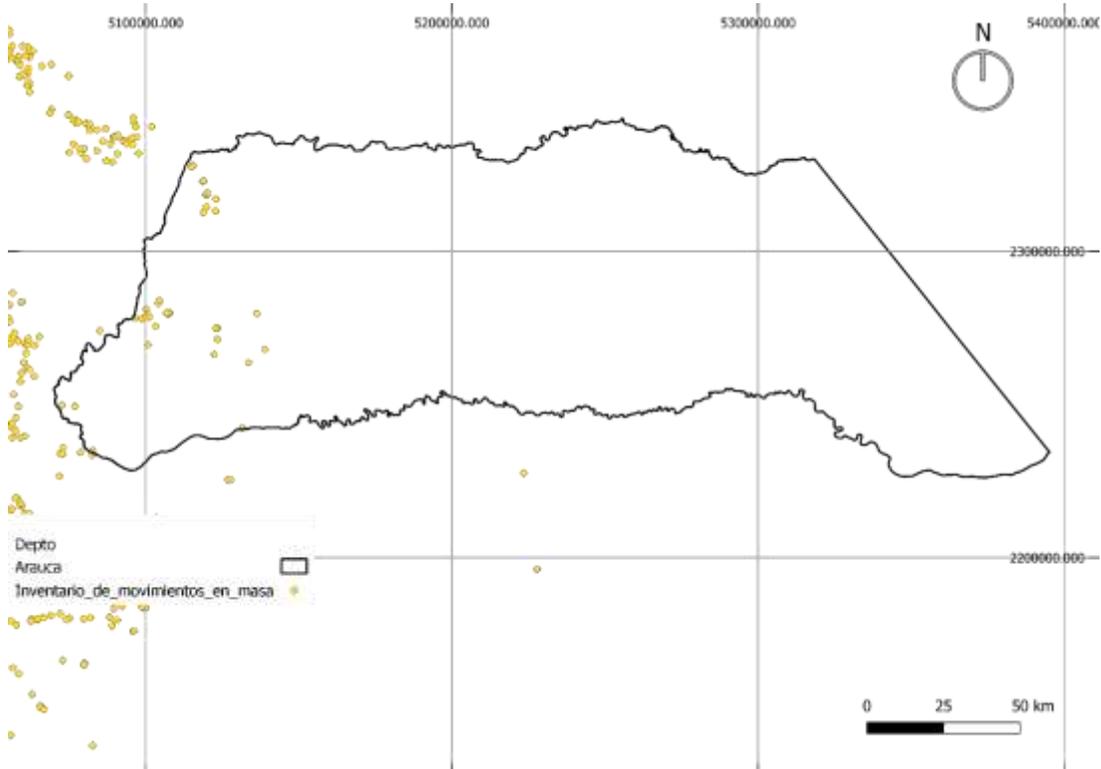


Figura 0-11 Inventario de movimientos en el departamento de masa en Arauca. Fuente: Ideam. Elaboración propia.

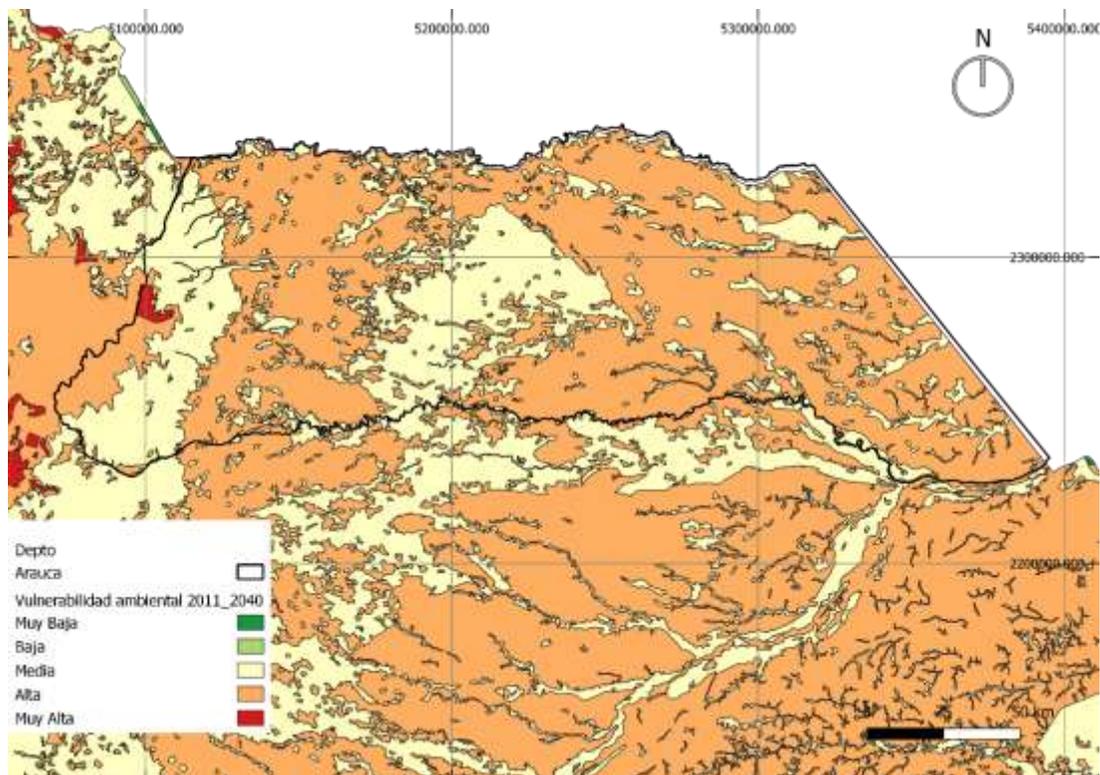


Figura 0-12 Vulnerabilidad ambiental para el año 2040 en el departamento de Arauca. Fuente: Ideam. Elaboración propia.

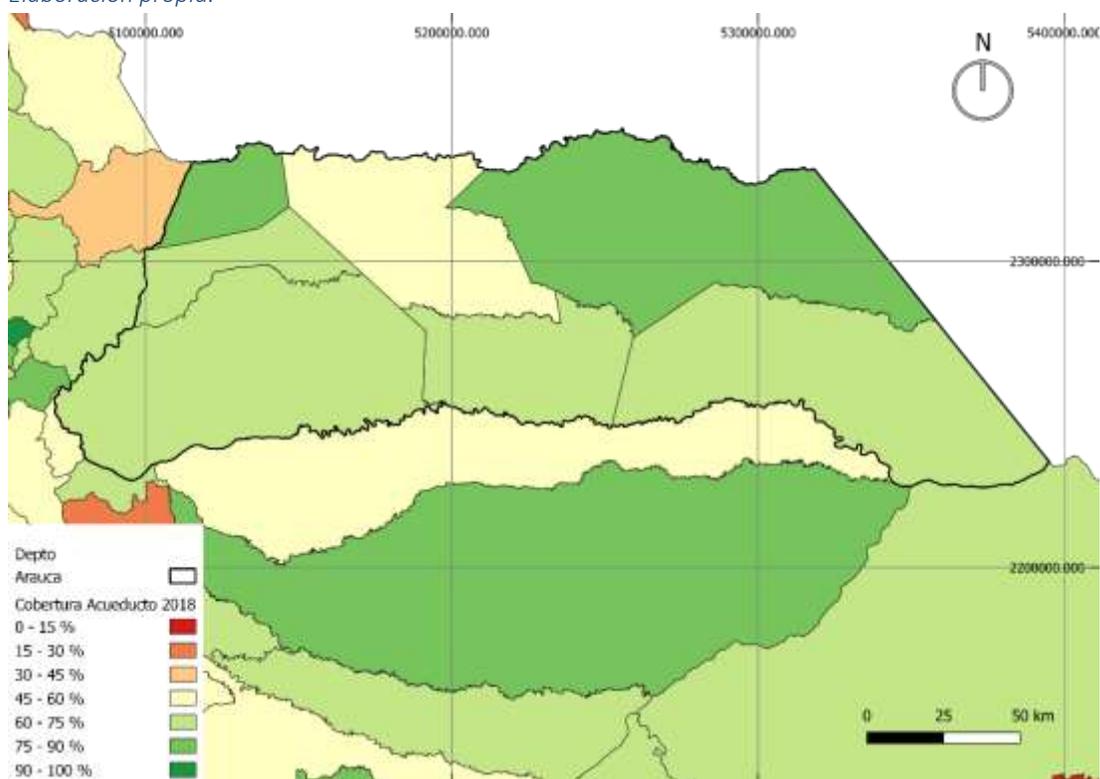


Figura 0-13 Cobertura de acueducto en el año 2018 en los municipios de Arauca. Fuente: Igac. Elaboración propia.

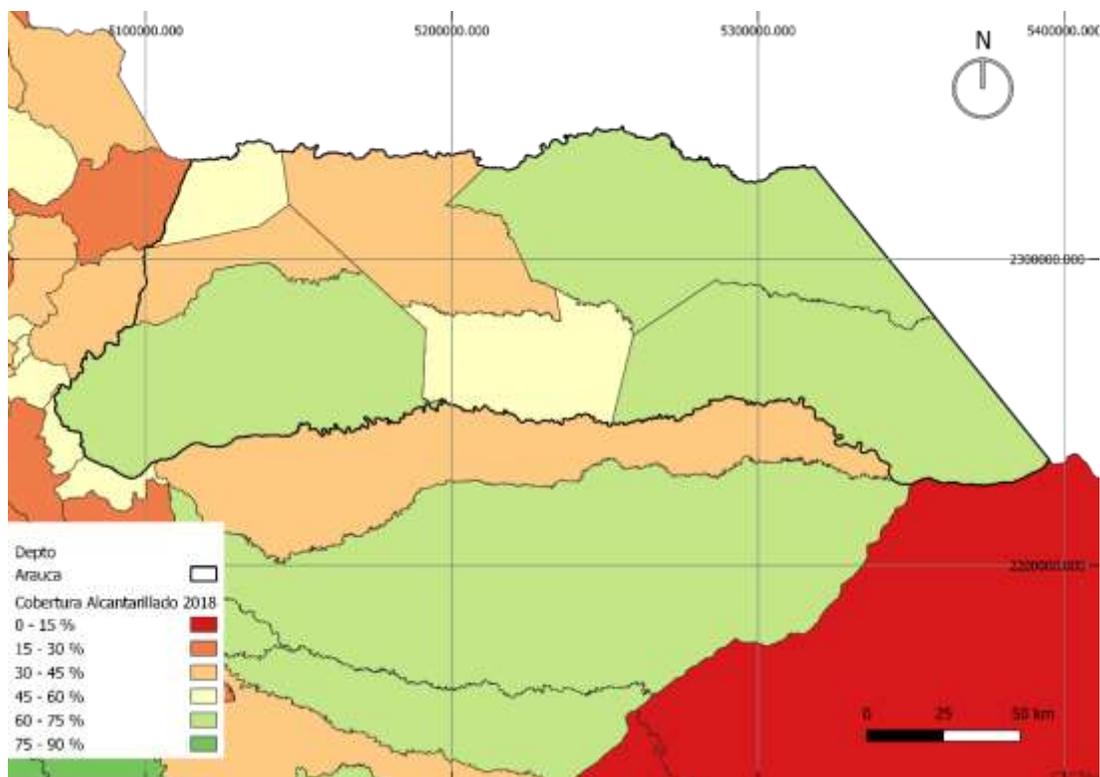


Figura 0-14 Cobertura de alcantarillado en el año 2018 en los municipios de Arauca. Fuente: Igac. Elaboración propia.

## Anexo B: Índice de crecimiento agropecuario

Tabla 0-1. Índice de crecimiento del área cosechada en el departamento de Arauca

Producto	2018	2019	2020	2021	2022	Promedio
Tabaco	0,0	0,0	0,0	1,6	1,2	0,9
Yuca	0,0	-0,4	0,3	0,1	0,0	0,1
Arroz	-0,6	1,4	0,3	-0,2	0,2	0,1
Maracuyá	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1
Caña azucarera	0,1	0,0	0,2	0,1	0,0	0,1
Aguacate	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,1
Papaya	0,1	0,0	0,0	0,3	-0,2	0,1
Cacao	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Plátano	0,1	0,3	0,0	0,0	-0,1	0,0
Maíz	-0,6	1,2	0,1	-0,2	-0,3	-0,1

Fuente: UPRA, 2022

Tabla 0-2. Índice de crecimiento de la cría de animales en Arauca

Especie	2020	2021	2022	Promedio
Porcinos levante & ceba - comercial industrial	0,0	0,0	2,5	0,8
Aves postura	0,8	0,0	0,6	0,5
Búfalos	0,2	0,2	0,2	0,2
Porcinos levante & ceba - comercial familiar	0,0	0,0	0,5	0,2
Caprinos	0,0	0,3	-0,1	0,1
Aves carne	-0,1	0,1	0,2	0,0
Equinos	0,0	0,0	0,1	0,0
Bovinos	0,0	0,0	0,1	0,0
Aves reproductoras	0,0	0,0	0,0	0,0
Aves traspatio	-0,1	0,0	0,0	0,0
Ovinos	-0,1	0,1	-0,1	0,0
Porcinos traspatio	0,7	-0,4	-0,4	-0,1
Porcinos levante & ceba - tecnificada	-0,4	-1,0	0,0	-0,5

Fuente: UPRA & ICA, 2022

## Anexo C: Sistema energético

Tabla 0-3. Parámetros utilizados en el cálculo del potencial energético de los residuos agrícolas

Producto	Tipo de residuo	Factor de residuo [decimal]	Humedad	Poder calorífico inferior [kJ/kg]	Factor disponibilidad [decimal]
Aguacate	Semilla	0,3 <sup>k</sup>	0,4 <sup>k</sup>	14.600 <sup>k</sup>	0,3 <sup>h</sup>
Arroz	Cáscara	0,3 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup>	15.359,0 <sup>a</sup>	0,4 <sup>a</sup>
	Paja	2,2 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>	14.170,0 <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>
Limón	Cáscara	0,5 <sup>c</sup>	0,7 <sup>e</sup>	18670 <sup>e</sup>	0,3 <sup>h</sup>
Maíz	Hoja	0,3 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup>	14.845,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
	Mazorca	0,2 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>	18.030,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
	Rastrojo	2,6 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>	14.487,5 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
Naranja	Cáscara	0,5 <sup>c</sup>	0,1 <sup>j</sup>	17.450 <sup>i</sup>	0,3 <sup>h</sup>
Piña	Cáscara	0,4 <sup>f</sup>	0,1 <sup>f</sup>	17.620 <sup>f</sup>	0,3 <sup>h</sup>
Plátano	Fruto rechazado	0,4 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>	13.079,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
	Raquis	1,0 <sup>a</sup>	0,9 <sup>a</sup>	11.547,5 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
	Tallo	4,8 <sup>a</sup>	0,9 <sup>a</sup>	12.316,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>
Yuca	Afrecho	0,1 <sup>b</sup>	0,9 <sup>d</sup>	15.262,2 <sup>g</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: A. F. Rojas González & Flórez Montes, 2019; f: Da Silva et al., 2023; g: Muñoz et al., 2013; h: Orrego et al., 2020; i: Brachi et al., 2019; j: Frigo et al., 2019; k: Domínguez et al., 2014. Elaboración propia

Tabla 0-4. Parámetros utilizados en el cálculo del potencial energético de los residuos animales

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.