



Transiciones hacia el desarrollo sostenible de Medellín

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

nexus



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Transiciones para el desarrollo sostenible de Medellín

Autores:

Alexander Gómez Mejía

Cesar Enrique Acosta Sequeda

Daniel Sebastián González Pedraza

Diego Arturo Cortés Valencia

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.....	7
2.4	Necesidades básicas insatisfechas.....	9
2.5	Desigualdad.....	9
2.6	Síntesis.....	10
3.	Economía, infraestructura y producción	11
3.1	Producto Interno Bruto	11
3.2	Comercio exterior	11
3.3	Empleo y desempleo	12
3.4	Estructura fiscal	13
3.5	Infraestructura	13
3.6	Síntesis.....	14
4.	Desafíos y tensiones sociales	15
4.1	Presencia de organizaciones armadas ilegales	15
4.2	Presencia de economías ilegales.....	16
4.3	Síntesis.....	17
5.	Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad	18
5.1	División político-administrativa.....	18
5.2	Usos del suelo y Cobertura de tierra	23
5.3	Hidrología	27
5.4	Ecosistemas estratégicos.....	29
5.5	Climatología y recursos hídricos	33
5.6	Recursos ecosistémicos.....	37
5.7	Síntesis.....	40
6.	Sistemas agroalimentarios	42
6.1	Usos del suelo	42
6.2	Producción de alimentos.....	43
6.3	Síntesis.....	49
7.	Emisiones y planes de acción climática	51

7.1	Emisiones por sectores.....	51
7.2	Mitigación y adaptación al cambio climático	53
7.3	Síntesis	55
8.	Sistema energético	56
8.1	Balance energético distrital.....	56
8.2	Infraestructura energética	58
8.3	Potenciales de energías renovables	58
8.4	Síntesis.....	62
9.	Conclusiones	64
10.	Bibliografía	65
10.1	Condiciones socioeconómicas	65
10.2	Economía, infraestructura y producción	65
10.3	Desafío y tensiones sociales.....	65
10.4	Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad	67
10.5	Sistemas agroalimentarios	68
10.6	Emisiones y planes de acción climática	70
10.7	Sistema energético	70
11.	Anexos.....	76
11.1	Anexo A: Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad	76
11.2	Anexo B: Sistema energético	83

1. Introducción

Conocida como la “Ciudad de la eterna primavera”, Medellín destaca como un epicentro cultural y económico en Colombia. Ubicada en el noroccidente del país, en el Valle de Aburrá, se constituye como la capital del departamento de Antioquia y la segunda ciudad más grande del país después de Bogotá.

Reconocida por su vitalidad económica, Medellín es uno de los principales centros de producción de Colombia. Alberga una amplia variedad de empresas nacionales y multinacionales que impulsan su dinámica económica. En 2013, la ciudad fue galardonada como la más innovadora del mundo en el concurso City of the Year del Wall Street Journal. Asimismo, en 2018, fue reconocida como el mejor destino turístico del continente, y los Premios de Excelencia de Autodesk reconocieron los destacados proyectos de intervención urbana en las comunas populares.

En este contexto, el presente documento se presenta un análisis de las condiciones socioeconómicas de Medellín, explorando aspectos demográficos, de salud, pobreza y desigualdad. Además, se examinan las dinámicas económicas locales, desde indicadores clave como el Producto Interno Bruto (PIB) y el empleo hasta la infraestructura que impulsa el desarrollo económico regional.

Asimismo, se abordan los desafíos sociales que enfrenta la ciudad, desde conflictos territoriales hasta cuestiones de seguridad y medio ambiente. Se analiza también el ordenamiento territorial, considerando la división político-administrativa, el uso del suelo y la planificación urbana, así como las estrategias para asegurar la sostenibilidad ambiental.

Un punto adicional a revisar es el estado del ordenamiento territorial alrededor del agua y dirigido a la sostenibilidad. En el caso de Medellín, se convierte en un factor crucial de análisis teniendo en cuenta las características del ordenamiento territorial en un entorno urbano tan complejo como el Valle de Aburrá, con actividades económicas complejas, actividades productivas y una amplia cantidad de habitantes en una aglomeración urbana. En este punto se vuelve importante analizar el estado actual de la planificación y las pautas del ordenamiento territorial en la ciudad, el manejo ambiental, así como las condiciones ecosistémicas, las condiciones climáticas y la infraestructura para el manejo del recurso hídrico. En el caso de Medellín se presentan diferentes problemáticas y retos propios de tensiones entre las áreas urbanas y naturales, así como el impacto sobre los recursos naturales y la cobertura vegetal, planteando desafíos para la planificación territorial relacionada a la sostenibilidad en los usos del suelo y los recursos básicos.

Además, se incluye en este diagnóstico una revisión de los sistemas agroalimentarios de Medellín, que comprende desde la producción agropecuaria hasta la industria de alimentos, el consumo y las problemáticas de seguridad alimentaria y nutricional. Se examinan también las emisiones de gases de efecto invernadero por sectores y se presentan los planes de acción climática para mitigar los efectos del cambio climático.

Este análisis integral proporcionará una visión holística de los retos y oportunidades que enfrenta Medellín, lo que permitirá la formulación de políticas y acciones dirigidas a promover un desarrollo sostenible y resiliente en la región.

2. Condiciones socioeconómicas

Medellín es la capital de Antioquia, con una población significativa de cerca de 2,6 millones de personas y unas características socioeconómicas que la posicionan como una ciudad con buenas características para su población. A continuación, se detallarán las principales variables socioeconómicas de Medellín y se compararán con el promedio nacional y departamental.

2.1 Población

Medellín tiene una población de 2,6 millones de personas, que representan el 5 % de la población del país en 2023. Comparado en términos de edades, la distribución poblacional de Medellín difiere del promedio nacional, donde la población de niños es cuatro puntos porcentuales menos al promedio del país, mientras la población de adultos y adultos mayores es superior en la capital de Antioquia (tabla 2-1).

Tabla 2-1. Población del municipio de Medellín y Colombia por grupo etario. Año 2023.

	Población Medellín (personas)	Porcentaje Medellín (%)	Población Colombia (personas)	Porcentaje Colombia (%)
Niños (0 a 13 años)	415.374	16,0	10.823.738	20,7
Jóvenes (14 a 28 años)	622.901	24,0	12.701.952	24,3
Adultos (29 a 64 años)	1.258.391	48,5	23.459.171	44,9
Adultos mayores (más de 65 años)	298.634	11,5	5.230.642	10,0
TOTAL	2.595.300	100,0	52.215.503	100,0

Fuente: DANE, 2023.

2.2 Salud

2.2.1 Natalidad

En Medellín la natalidad ha descendido desde el año 2015, llegando a su nivel más bajo en el año 2022. Pasó de 27 mil nacimientos en 2011, a ser de 21 mil nacimientos en 2022 (figura 2-1).

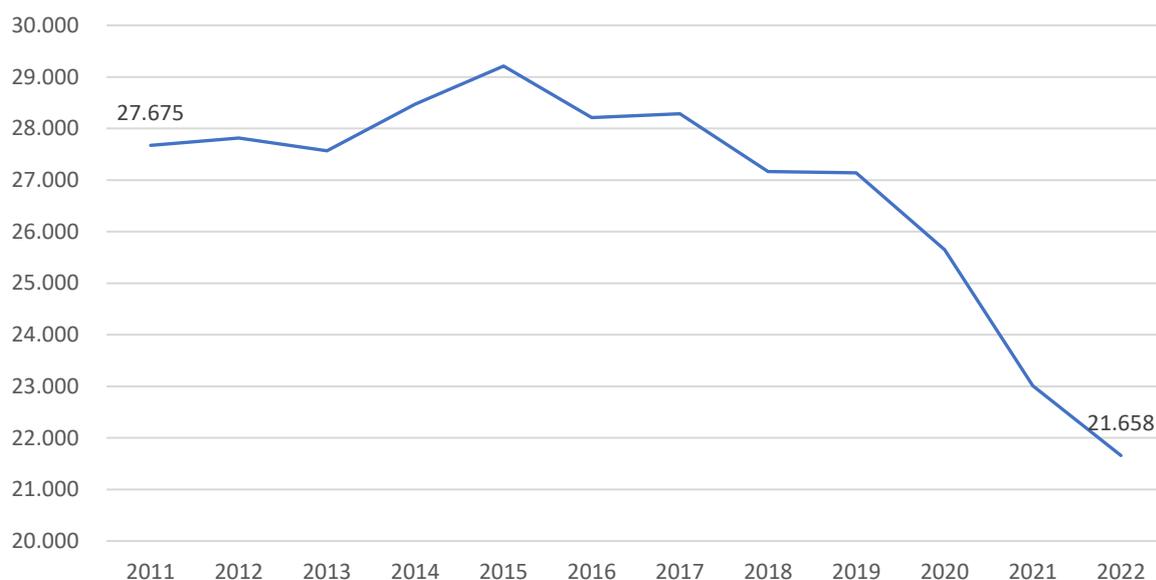


Figura 2-1. Nacimientos en el municipio de Medellín. Años 2011 – 2022. Fuente: DANE. Estadísticas vitales 2022.

2.2.2 Mortalidad

La mortalidad había crecido desde 2013 hasta el 2019 a un ritmo sostenido, pero se disparó para los años 2020 y 2021, por cuenta de la pandemia. En 2022 volvió a descender, pero a niveles similares a los observados en el año 2020 (figura 2-2).

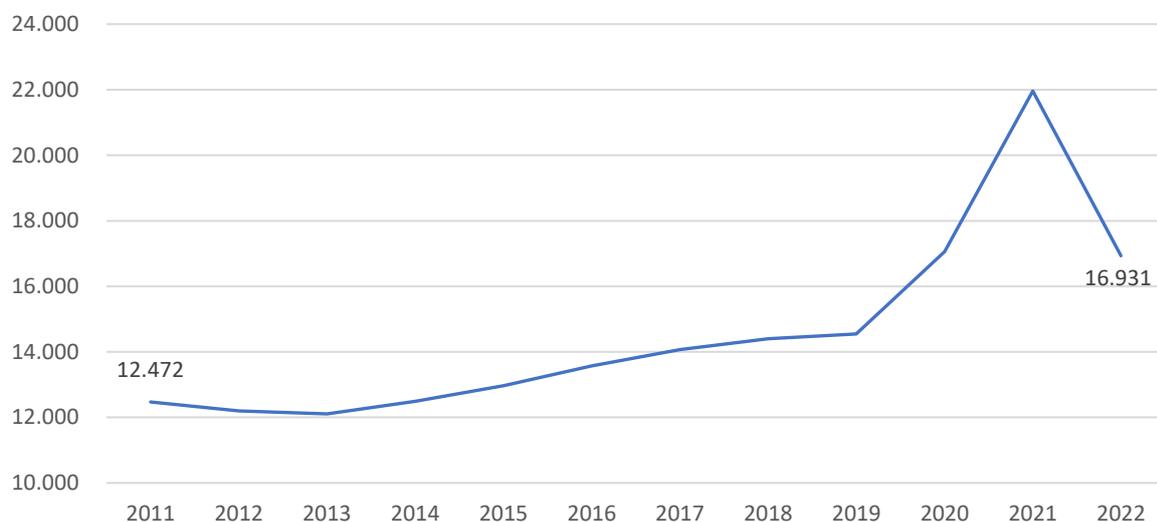


Figura 2-2. Defunciones no fetales en el municipio de Medellín. Años 2011 – 2022. Fuente: DANE. Estadísticas vitales 2022.

2.3 Pobreza

2.3.1 Pobreza monetaria

Medellín ha mantenido unos niveles de pobreza monetaria por debajo del promedio nacional en la última década. Entre 2012 y 2018, la pobreza monetaria se reducía, siguiendo la tendencia del país. Se incrementó en 2019 y luego para el año 2020, derivado de la pandemia. Para 2022 volvió a reducirse, también semejante al promedio nacional. La diferencia de la ciudad con respecto al país ha sido de más de 7 puntos porcentuales cada año, y en años como el 2022 la diferencia ha sido incluso de más de 10 puntos porcentuales (figura 2-3). Para 2022 la pobreza monetaria en Medellín se ubica alrededor del 25 % de la población.

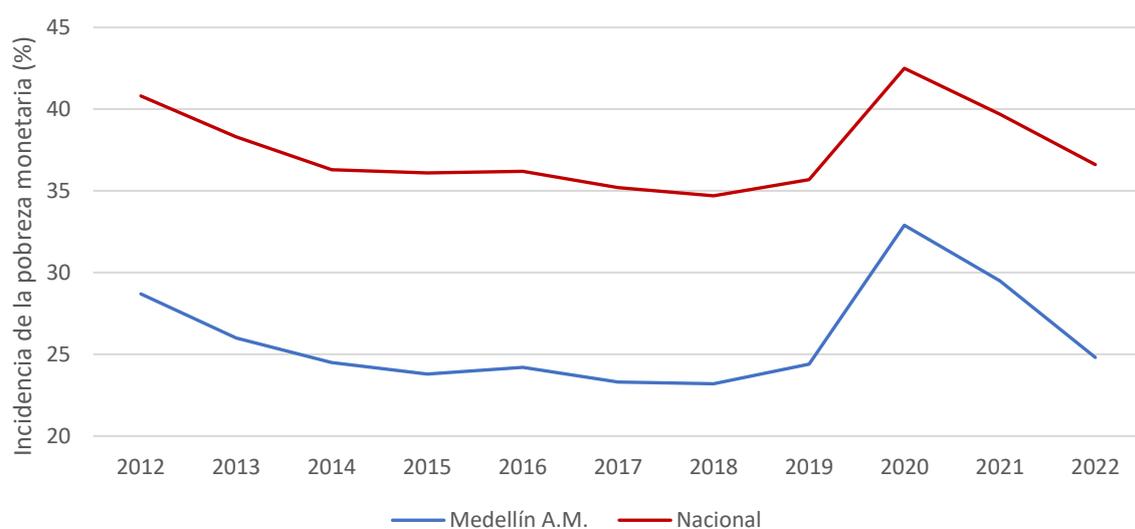


Figura 2-3. Incidencia de la pobreza monetaria de la ciudad de Medellín y Área Metropolitana y total nacional. Años 2012-2022. Fuente: DANE (2023a), pobreza y desigualdad.

La tendencia es semejante en la incidencia de la pobreza monetaria extrema. La diferencia es que para el año 2022 la brecha se incrementó, pasando de cerca de 5 puntos porcentuales a ser más de 8 puntos porcentuales de diferencia (figura 2-4). Para el año 2022, la pobreza monetaria externa en Medellín fue de 5,3 % de la población.

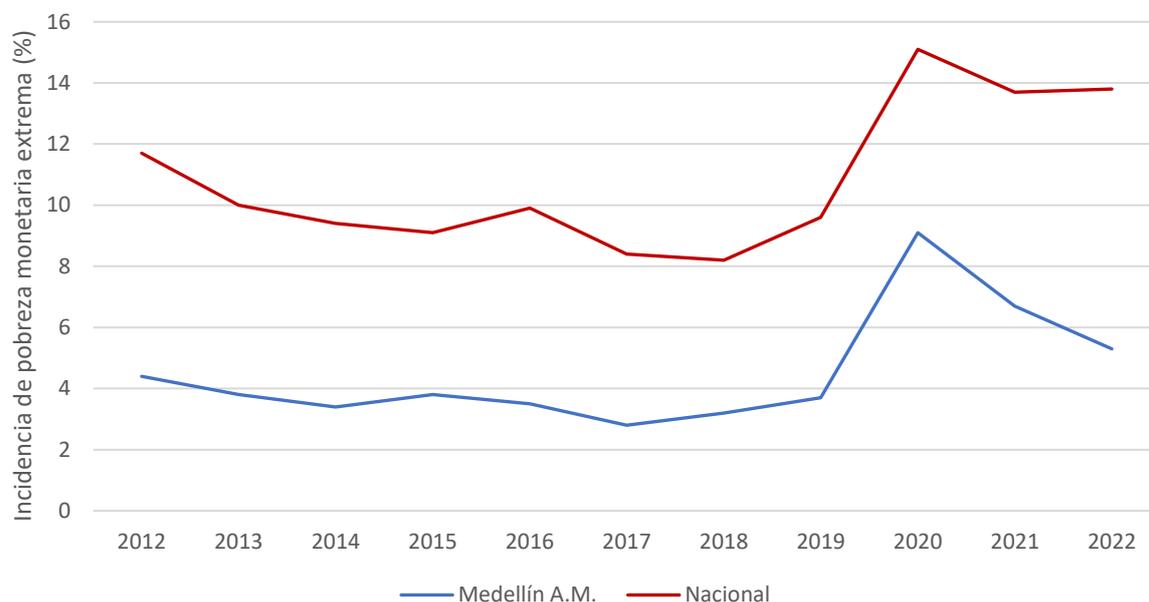


Figura 2-4. Incidencia de la pobreza monetaria extrema de la ciudad de Medellín y Área Metropolitana y total nacional. Años 2012-2022. Fuente: DANE (2023a), pobreza y desigualdad.

2.3.2 Pobreza multidimensional

Frente a la pobreza multidimensional, Medellín ha tenido un promedio inferior al del departamento de Antioquia y el nacional, con diferencia del año 2020 donde se disparó. Sin embargo, es importante anotar que ese dato tuvo una recolección distinta de estimación, y pudo sobrestimarse. Aun así, la tendencia muestra cómo la pobreza multidimensional siguió reduciéndose a pesar de la pandemia, y coincide con la tendencia departamental y nacional (figura 2-5). Para 2022, la población en pobreza multidimensional en Medellín fue del 9,8 %.

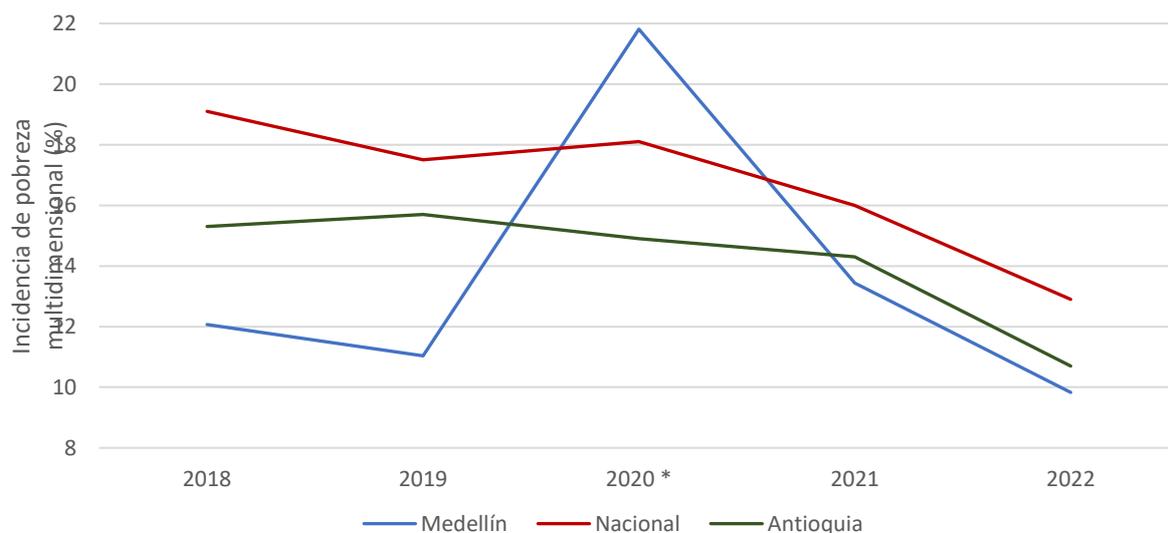


Figura 2-5. Incidencia de pobreza multidimensional en Medellín, Antioquia y total nacional. Años 2018-2022. Fuente DANE (2023b), pobreza multidimensional; e Indicadores y estadísticas del Departamento Administrativo de Planeación de la Alcaldía de Medellín (2023).

2.4 Necesidades básicas insatisfechas

Medellín tiene un porcentaje de población en necesidades básicas insatisfechas del 5,2 %. Es la mitad del promedio del departamento de Antioquia y cerca de un tercio del promedio nacional. Entre los componentes que predominan en ese porcentaje de población en Medellín, se encuentra el componente de inasistencia, dependencia económica y hacinamiento, como se observa en la tabla 2-2.

Tabla 2-2. Necesidades básicas insatisfechas por categorías (%) de Medellín, Antioquia y total nacional. Año 2018.

Necesidades Básicas Insatisfechas por Categorías %							
	Personas en NBI (%)	Personas en miseria	Componente vivienda	Componente Servicios	Componente Hacinamiento	Componente Inasistencia	Componente dependencia económica
Medellín	5,23	0,42	0,28	0,19	1,56	1,61	2,05
Antioquia	10,73	2,50	3,53	1,89	2,77	1,73	4,15
Total nacional	14,28	3,80	5,31	3,59	4,17	1,94	4,44

Fuente: DANE (2021).

2.5 Desigualdad

Excluyendo el año 2003, Medellín siempre ha tenido un coeficiente de desigualdad de GINI inferior al promedio nacional. Al igual que la tendencia del país, se redujo hasta el año 2017, donde cambió la tendencia y se incrementó desde entonces (figura 2-6). Para el año 2021 y 2022 se redujo nuevamente en Medellín, y se ubicó en 0,512 en el último año.

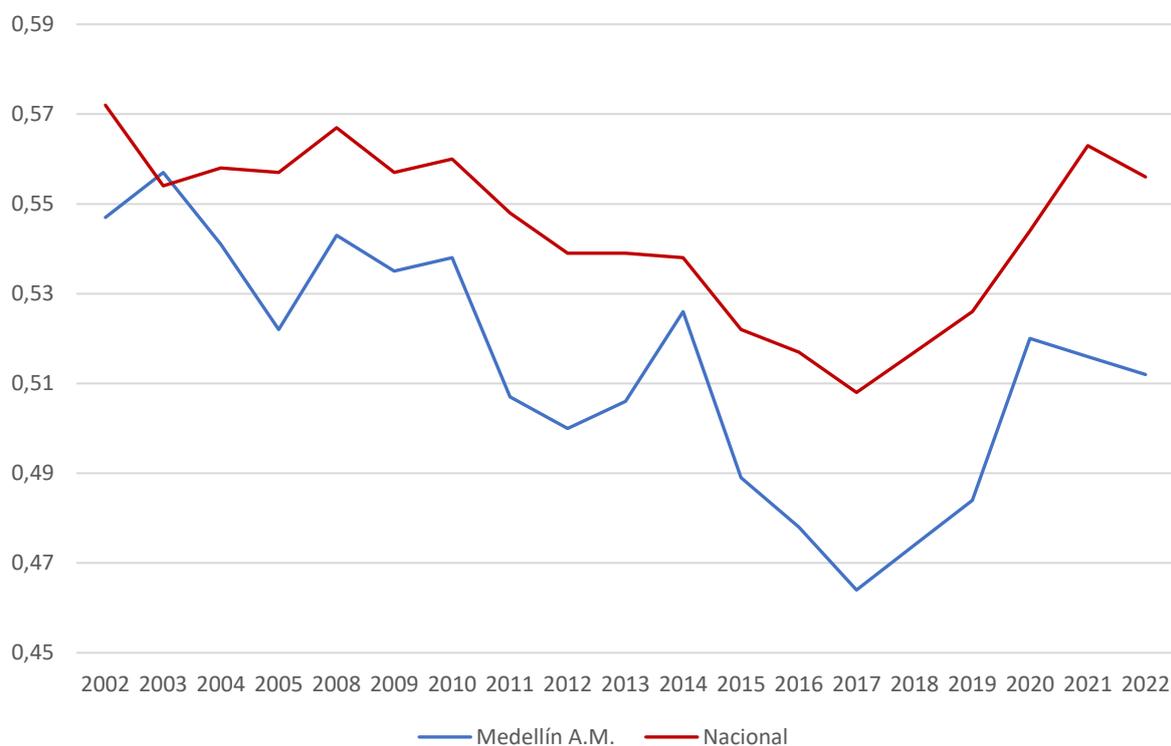


Figura 2-6. Coeficiente de desigualdad de GINI de Medellín y total nacional. Años 2002-2022. Fuente: DANE (2023), pobreza y desigualdad.

2.6 Síntesis

Medellín, como capital del departamento de Antioquia, refleja unas cifras positivas en condiciones socioeconómicas, comparada con el promedio departamental y nacional. La pobreza monetaria y multidimensional ha sido inferior al promedio nacional, y ha seguido las tendencias del país, lo cual sugiere que no se desarrollan fenómenos extraordinarios que modifiquen el comportamiento de estas variables en la ciudad. La población en necesidades básicas insatisfechas es inferior al promedio nacional y departamental y la desigualdad se ubica también en niveles más bajos que el promedio de todo el país.

3. Economía, infraestructura y producción

La economía de Medellín se ha caracterizado históricamente por su relevancia, en particular por su actividad minera de oro y durante el siglo XX la consolidación de empresas manufactureras. A continuación, se detallan las principales características económicas de la ciudad para el año 2022.

3.1 Producto Interno Bruto

El PIB de Medellín para el año 2022 fue de \$ 117 billones de pesos, equivalentes al 8 % del PIB nacional. La principal actividad económica es el sector servicios, como el comercio, reparación, transporte, alojamiento y servicios de comida, que equivalen al 22 % de la producción de la ciudad. Siguen en peso el sector público, como defensa, administración, salud y educación (12 %), las actividades profesionales, científicas y técnicas (12 %) y las industrias manufactureras (11 %), como se observa en la figura 3-1.

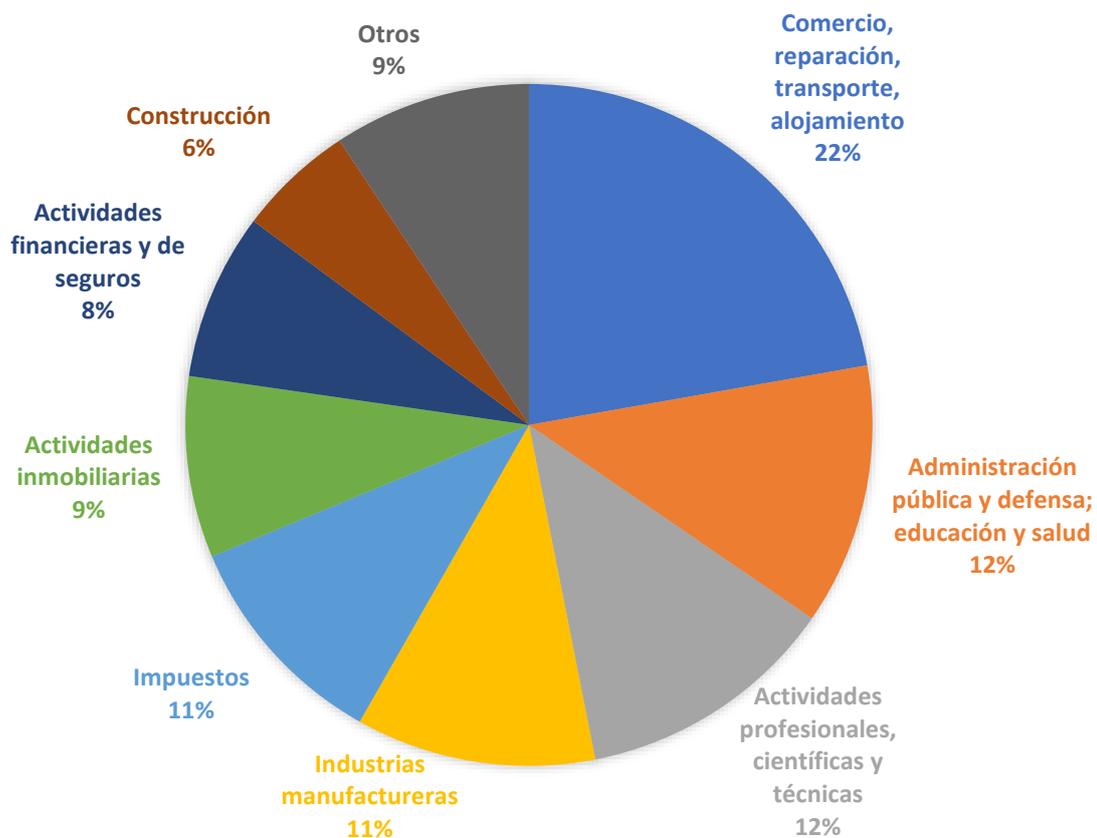


Figura 3-1. Producto interno bruto (PIB) de Medellín como principales sectores. Año 2022. Porcentaje del PIB total departamental (%). Fuente: DANE (2023), PIB Departamental.

3.2 Comercio exterior

Las cifras de exportación se presentan a nivel departamental. Por lo tanto, las siguientes cifras serán del departamento de Antioquia.

3.2.1 Exportaciones

En 2022 el departamento de Antioquia exportó 7.656 millones de dólares, equivalentes al 13,5 % de las exportaciones totales nacionales (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023). Las exportaciones han crecido en participación desde 2013 (9,9 %) hasta el año 2020 (18,5 %), y luego descendieron en 2021 y 2022. El 46,8 % de las exportaciones fueron minero energéticas, un 24,8 % agropecuarios y 10,5 % de industria liviana. El principal producto de exportación fue el oro (41 %), seguido del café (7,3 %). Los principales destinos son Estados Unidos (33 %), Italia (6,9 %) e India (6,6 %) (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023).

3.2.2 Importaciones

Las importaciones en el año 2022 fueron 11.126 millones de dólares, equivalentes al 14,4 % de las importaciones del país (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023). El 29,8 % de las importaciones fueron de maquinaria y equipo, seguido de la industria básica (23,1 %) y liviana (15,4 %). Los principales productos fueron demás aeronaves (11,9 %), maíz (6,1 %) y motocicletas para ensamblar (3,7 %). Los principales orígenes de importación fueron China (26 %), Estados Unidos (17,1 %) y Francia (11,9 %).

3.3 Empleo y desempleo

El desempleo en Medellín siempre se ha ubicado por encima del promedio nacional, excepto por los últimos trimestres del año 2021 y 2022 (figura 3-2). El comportamiento ha seguido una tendencia semejante al promedio nacional, incluso en el año 2020. Sin embargo, sobresale el desempleo de Medellín en medio de la pandemia, que llegó a ubicarse cerca del 27 %, mientras el promedio nacional fue 21,1 % ese mismo año.

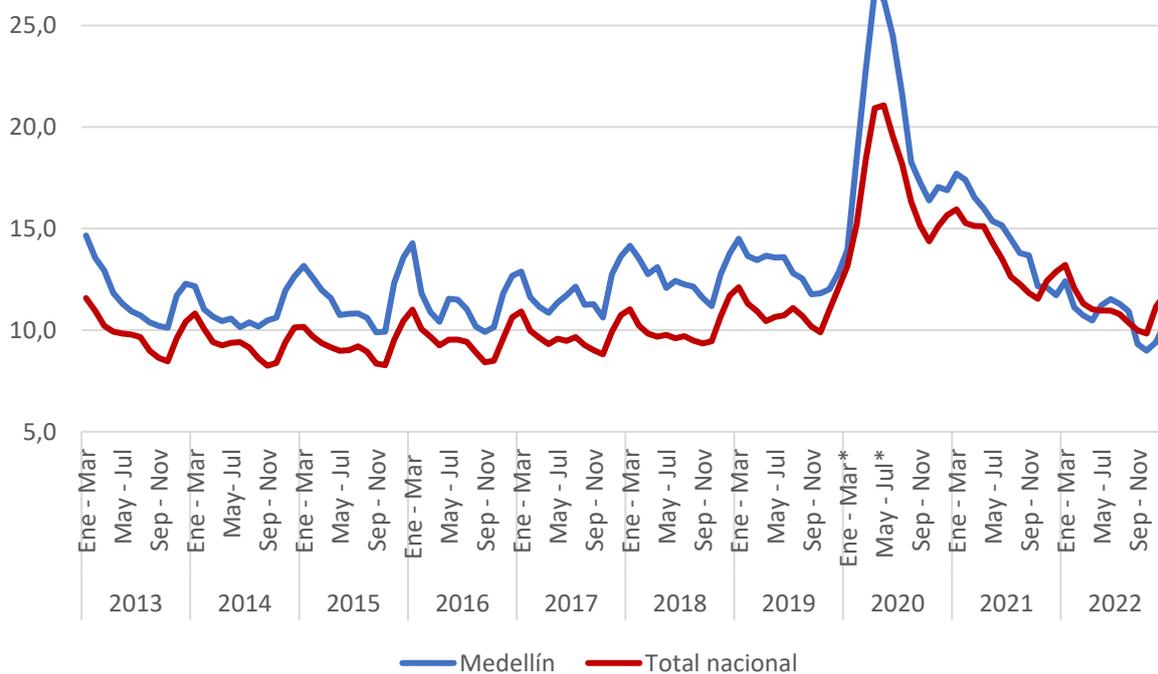


Figura 3-2. Tasa de desempleo trimestral de Medellín y Colombia. Años 2013- 2022. Fuente: DANE (2023a). Empleo y Desempleo.

Frente a los ocupados, los sectores generadores de empleo coinciden con los principales en producción (figura 3-3). El comercio es el sector que más empleos genera (20 % del total), seguido de la industria (18 %). Es relevante el dato de industria porque mientras representa el 11 % del PIB de la ciudad, genera mucho más empleo, en proporción. Siguen los ocupados en el sector público (12 %) y en actividades profesionales, científicas y administrativas (11 %).

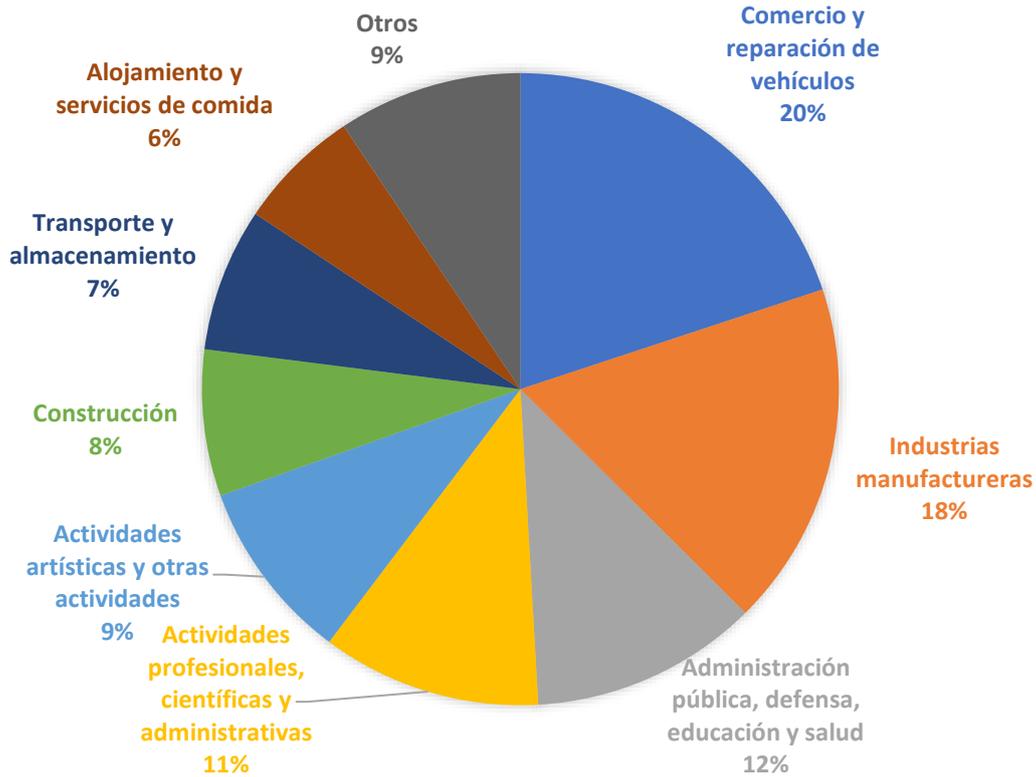


Figura 3-3. Ocupados de Medellín por principales sectores económicos. Año 2022. Fuente: DANE (2023b).

3.4 Estructura fiscal

La ciudad de Medellín tuvo ingresos fiscales en el año 2022 de \$ 7,8 billones de pesos. Los ingresos tributarios fueron de \$ 2,2 billones de pesos, equivalente a 27,9 % de los ingresos del año (Alcaldía de Medellín, 2023). Los ingresos no tributarios fueron de \$ 2,6 billones de pesos (33,3 % de los ingresos) y su procedencia principal fueron las transferencias nacionales, en particular con aumento de recursos de salud. Los recursos de capital fueron de \$ 3 billones de pesos, equivalentes al 38,8 % del total de ingresos que proceden principalmente de los excedentes de EPM (Alcaldía de Medellín, 2023).

Los impuestos directos fueron \$ 870 mil millones de pesos, y provienen del impuesto predial. Por el lado de los impuestos indirectos, los más significativos fueron el de industria y comercio (\$ 795 mil millones de pesos), seguido de la sobretasa de solidaridad en servicios públicos (\$ 149 mil millones) (Alcaldía de Medellín, 2023).

Frente a los gastos de la ciudad, se ejecutaron \$ 7,1 billones de pesos. Equivale al 94,8 % del presupuesto definitivo del año. El principal gasto fue de inversión, con \$ 5,9 billones, seguido de funcionamiento (\$ 802 mil millones) y servicio a la deuda (\$ 349 mil millones). En los gastos de funcionamiento el principal es el gasto de personal (60 %). Frente a la inversión, la ejecución más grande fue en educación (22,3 %), seguido del sector de salud (20,4 %) (Alcaldía de Medellín, 2023).

Las cifras y los indicadores del Marco Fiscal de Mediano Plazo 2024- 2033 reflejan la liquidez y solvencia con la que cuenta la ciudad (Alcaldía de Medellín, 2023).

3.5 Infraestructura

Medellín cuenta con una malla vial buena. De acuerdo con la información de Medellín Cómo Vamos (2020), el 40 % de la malla vial se encuentra en muy buen estado, 29 % en buen estado, 15 % en aceptable estado y 17 % en mal estado. A 2017, Medellín tenía 4.267 kilómetros de vías (Medellín Cómo Vamos, 2018).

3.6 Síntesis

La economía de Medellín se caracteriza por sus actividades en servicios y de producción industrial manufacturera. La producción de la ciudad representa el 8 % del PIB nacional y la generación de empleo coincide con la distribución de sectores productivos. Sobresale que el peso del empleo industrial es mucho más alto que su tamaño en la producción de la ciudad. Las exportaciones más relevantes de la ciudad, sin embargo, se concentra en el oro y el café principalmente. La ciudad cuenta con una estructura fiscal sólida, que le permite tener margen para importantes inversiones económicas y sociales que promuevan el desarrollo, tanto de Medellín, como de Antioquia.

4. Desafíos y tensiones sociales

La presencia de organizaciones armadas ilegales y la penetración de economías ilícitas en la dinámica urbana de Medellín han generado un clima de violencia, inseguridad y violación sistemática de los derechos humanos. La complejidad de estos fenómenos, sus interrelaciones e impactos sobre la población, ponen de manifiesto la necesidad de implementar estrategias integrales que combinen enfoques de seguridad, desarrollo social y transformación económica para avanzar en la construcción de paz y el desarrollo sostenible de la ciudad.

4.1 Presencia de organizaciones armadas ilegales

Medellín ha sido escenario de la presencia histórica de varias organizaciones armadas ilegales, que han ejercido control territorial y social sobre amplios sectores de la población. La complejidad de las dinámicas de su presencia y persistencia revela las dificultades que implica la construcción de paz en los entornos urbanos colombianos. Más allá de las acciones de seguridad y del desmantelamiento de estas estructuras, es crucial abordar las raíces socioeconómicas y políticas que han facilitado su propagación, reproducción y arraigo en el tejido urbano de la ciudad.

Tras la desarticulación del Cartel de Medellín, la ciudad presencié la reestructuración, dispersión y consolidación de grupos paramilitares y bandas criminales, quienes han logrado establecer su dominio sobre actividades ilegales como el microtráfico, la extorsión y el sicariato (Pardo Quintero & Parada Lugo, 2023). Estos grupos han mantenido su presencia y poder adaptándose y reconfigurándose constantemente (Defensoría del Pueblo, 2020). Según informes de prensa, alrededor de 140 organizaciones armadas ilegales operan en Medellín y su área metropolitana (Pardo Quintero & Parada Lugo, 2023), ejerciendo control sobre aproximadamente el 85 % del territorio de la ciudad (Defensoría del Pueblo, 2020), extendiendo su influencia más allá de sus lugares de origen hacia otras zonas de Medellín y el departamento de Antioquia.

Entre las organizaciones de mayor envergadura en la ciudad se encuentran "La Oficina", "La Terraza", "Los Pachelly" y "Los Triana", entre otras, quienes concentran ingresos derivados de actividades ilícitas como el microtráfico, la extorsión, el sicariato y el control forzado de negocios y rentas locales. Esto les permite ejercer un dominio territorial efectivo en algunos barrios y comunas de la ciudad, además de controlar rutas de tráfico desde Medellín hacia otros municipios del departamento (Carvajal Bolívar, 2023); Pardo Quintero & Parada Lugo, 2023). La dinámica de la presencia y accionar de estos grupos es compleja. Organizan los "combos" que operan en los barrios, dividiendo el control del territorio, generando acuerdos en algunas comunas y disputando otras. Existen lealtades hacia líderes que a menudo dirigen el accionar de los combos desde las cárceles (Pardo Quintero & Parada Lugo, 2023).

Las disputas entre las bandas en la ciudad han generado dinámicas como la existencia de fronteras invisibles en comunas como la 16 y la 13, donde grupos como "Los Pesebreros" y "La Oficina" se disputan el control de rentas de microtráfico, extorsiones e incluso mercados como la venta de bebidas alcohólicas. Situaciones similares ocurren entre las comunas 5 y 6, donde las organizaciones compiten por el control del territorio (Carvajal Bolívar, 2023; Pardo Quintero & Parada Lugo, 2023)

Estas organizaciones han permeado las dinámicas sociales, económicas y políticas de la ciudad. Según Quijano (2023), han establecido vínculos y redes de complicidad con diversos actores, incluyendo sectores de la administración pública y el sector empresarial ("Por lo menos 140 bandas criminales ponen en riesgo la vida en Medellín", 2020). Además, han forjado alianzas con grupos armados como el Clan del Golfo y organizaciones de crimen transnacional como los carteles de narcotráfico mexicanos, expandiendo así sus actividades (Pardo Quintero & Parada Lugo, 2023).

La presencia de estas organizaciones ha generado un clima de violencia y zozobra en la ciudad, traduciéndose en la vulneración sistemática de derechos humanos, con casos de homicidios, desplazamientos forzados, extorsión y reclutamiento de menores, entre otros (Defensoría del Pueblo, 2020). Delitos como la extorsión son ampliamente reconocidos y normalizados en Medellín, aunque existe un subregistro significativo. Según Pares, para 2023, Medellín fue la segunda ciudad del país con más casos de extorsión (PARES, 2023).

La presencia de organizaciones armadas ilegales en Medellín representa un desafío estructural y de larga data para la ciudad. La complejidad de las redes que estas estructuras han tejido, así como los impactos sobre la población civil, requieren una respuesta integral que combine un enfoque de seguridad con la atención a las necesidades de las comunidades afectadas y la generación de oportunidades de desarrollo. Esto es fundamental para avanzar hacia la construcción de paz y desarrollo sostenible en la ciudad.

4.2 Presencia de economías ilegales

En la ciudad de Medellín se desarrollan diversas actividades ilícitas que generan importantes rentas criminales y profundizan la desigualdad, la violencia y la estigmatización de la sociedad. La presencia y penetración de estas economías ilegales tiene raíces históricas. La herencia del Cartel de Medellín ha dejado una marca en la ciudad, donde la criminalidad se ha arraigado como una forma de vida en amplios sectores de la población (“Sustitución de economías ilegales, un gran reto para alcanzar la paz urbana”, 2023; Valencia, 2023). Este fenómeno representa un desafío significativo en la promoción de la transición hacia actividades económicas legales y sostenibles.

Las principales fuentes de ingresos de las organizaciones ilegales en la ciudad son la venta de drogas y la extorsión, ambas controladas por las bandas y combos que operan en los barrios y comunas de Medellín. Además, en la ciudad existe una industria del sexo que involucra la explotación sexual de menores, articulada a redes transnacionales que ofrecen "paquetes" que incluyen alojamiento, servicios sexuales, drogas y alcohol.

La venta de drogas, principalmente cocaína y marihuana, constituye la principal fuente de ingresos de las estructuras criminales en Medellín. Estos estupefacientes se distribuyen en lugares controlados y regulados por las bandas, generando ingresos diarios que pueden alcanzar hasta \$ 100 millones (Salazar Sierra, 2023). La extorsión es otra fuente de ingresos relevante. Existe subregistro de casos, puesto que, aunque se denuncian entre 600 y 700 casos anuales, se estima que entre 140.000 y 150.000 hogares y negocios pagan cuotas semanales, recaudando sumas que pueden superar los \$ 150.000 millones al año (Hernández Naranjo, 2023). Estas actividades extorsivas son reguladas por las bandas y combos, que imponen restricciones y normas para ejercer control social en las comunas de la ciudad.

Además, el crimen organizado en Medellín ha diversificado sus operaciones hacia otros negocios ilegales, como préstamos a "pagadarios" o préstamos gota a gota, regulación del transporte informal, venta de lotes informales en zonas vulnerables y cobros asociados a productos legales como lácteos y bebidas alcohólicas (Salazar Sierra, 2023). Ello pone en evidencia la complejidad del fenómeno y la versatilidad de las estructuras criminales en la ciudad.

4.2.1 Explotación sexual de menores

La explotación sexual de niños, niñas y adolescentes en Medellín está inmersa en una compleja interacción de factores sociales, económicos y políticos, que han facilitado su persistencia y expansión en el tiempo. Este fenómeno representa una violación a los derechos humanos que demanda una respuesta integral enfocada en lograr su restablecimiento. La ciudad de Medellín se ha convertido en un destino preferente para este tipo de actividades ilícitas, principalmente para turistas extranjeros que llegan motivados por su percepción de impunidad y accesibilidad a menores de edad a través de redes criminales establecidas en la ciudad.

Estas redes de explotación sexual se entrelazan con las dinámicas económicas y sociales de Medellín, aprovechando las condiciones de vulnerabilidad, especialmente entre aquellos menores pertenecientes a los estratos socioeconómicos más bajos. Según informes de prensa revisados¹, muchos de estos menores son víctimas previas de abuso y violencia intrafamiliar, lo que los hace particularmente susceptibles a la explotación, perpetuando un ciclo de victimización.

¹ Véase: (Carvajal Bolívar, 2023; Godoy, 2024; Ownby, 2024; Parrado Beltrán, 2024; “Por casos de explotación sexual comercial de niñas, niños y adolescentes en Medellín (Antioquia), Defensor del Pueblo solicita medidas urgentes”, 2024; Valencia, 2024)

Los grupos armados ilegales presentes en la ciudad han capitalizado esta actividad delictiva, convirtiéndola en una lucrativa fuente de ingresos. Esta complejidad añade un grado adicional al desafío que supone abordar este problema, ya que se requiere una respuesta institucional más coherente y coordinada por parte de las autoridades locales y nacionales. A pesar de las medidas aplicadas, como los toques de queda y las restricciones a la prostitución, éstas parecen tener un alcance limitado para abordar las causas profundas del problema, dejando a los menores afectados en una situación de vulnerabilidad.

Ante esta realidad, es fundamental adoptar un enfoque que involucre no sólo a las entidades gubernamentales, sino también a la sociedad civil y a la comunidad internacional. Para ello se requiere ir más allá de la judicialización y enfocarse en acciones preventivas, de atención a las víctimas y de desmantelamiento de las redes criminales, con el fin de lograr la restitución integral de los derechos de los menores afectados. La construcción de la paz y el desarrollo sostenible de Medellín se encuentran estrechamente ligados a la superación de este fenómeno, lo cual requiere de un compromiso colectivo de todos los actores involucrados.

La penetración de las economías ilegales en Medellín representa un desafío considerable para la construcción de paz y el desarrollo sostenible. La magnitud de las rentas criminales, la sofisticación de las estructuras delictivas, la corrupción y la violencia asociada a estos fenómenos, subrayan la necesidad de implementar estrategias integrales que aborden tanto los aspectos de seguridad como los de carácter social, económico y político. La sustitución de estas actividades ilegales por alternativas legales y sostenibles, así como la construcción de una cultura ciudadana de paz, constituyen retos fundamentales para lograr una transformación de la ciudad.

4.3 Síntesis

Medellín enfrenta desafíos estructurales y de larga data relacionados con la presencia de organizaciones armadas ilegales y la penetración de economías ilícitas. La complejidad de estos fenómenos se expresa en las redes de poder y complicidades que han tejido estos grupos, así como en los significativos impactos que generan sobre la población civil en términos de violencia, vulneración de derechos y profundización de la desigualdad.

Las organizaciones armadas ilegales han adaptado y diversificado sus actividades, consolidando su control sobre rentas provenientes del microtráfico, la extorsión y el sicariato. Esto les ha permitido ejercer un dominio territorial efectivo en amplios sectores de la ciudad, impactando negativamente la convivencia y el desarrollo comunitario. Por otra parte, la penetración de economías ilegales como el narcotráfico, la explotación sexual de menores y otras actividades delictivas, afecta a amplios grupos poblacionales, profundizando la desigualdad y la exclusión social.

Abordar estos desafíos requiere respuestas integrales que combinen enfoques de seguridad con estrategias de desarrollo social, transformación económica y construcción de una cultura ciudadana de paz. La coordinación y corresponsabilidad de todos los actores involucrados es necesaria para trazar caminos que permitan la superación de estos desafíos en Medellín.

5. Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad

La ciudad de Medellín (y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá) es una de las mayores aglomeraciones urbanas del país y del continente, situándose en un territorio con una densidad poblacional elevada, un crecimiento económico y actividades asociadas de impactos ambientales y espaciales y con unas características naturales que entran en una disputa en el ordenamiento territorial relacionado a la transformación del territorio. Con unas condiciones particulares, tanto ecosistémicas como humanas, dinámicas espaciales, actividades económicas especiales, industria pesada y uso del espacio (que cada vez suele ser más escaso) es un objeto de estudio importante para el desarrollo sostenible, especialmente en áreas urbanas. Por lo anterior, se considera importante revisar y analizar las condiciones de la ciudad en cuanto a la división político-administrativa, estado actual del ordenamiento territorial y sus lineamientos, dinámicas de usos del suelo y cobertura de la tierra, condiciones ecosistémicas, condiciones climáticas y ambientales y finalmente el uso de los recursos ecosistémicos y su distribución. Cabe resaltar que en este análisis se hará un énfasis en el área urbana, teniendo en cuenta el impacto que tiene esta área sobre las condiciones generales del territorio.

5.1 División político-administrativa

El municipio de Medellín cuenta con un área de 376,4 km², dividido en 16 comunas urbanas, 5 corregimientos rurales (siendo estos Palmitas, San Cristobal, San Antonio de Prado, Altavista y Santa elena), 249 barrios y 52 veredas en las zonas rurales (Alcaldía de Medellín, 2024b).

La ciudad de Medellín se declaró en el año 2021 (Acto Legislativo 1 de 2021 “POR EL CUAL SE OTORGA LA CALIDAD DE DISTRITO ESPECIAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN A LA CIUDAD DE MEDELLÍN Y SE OTRAS DISPOSICIONES,” 2021) como Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación, dando cierta autonomía y manejo especial en el régimen político y fiscal para favorecer actividades y desarrollo en estos ámbitos. Por otro lado, se le adjudicó cierta autonomía política y fiscal, a los cuales también se pueden acoger los municipios aledaños del área metropolitana del Valle de Aburrá.

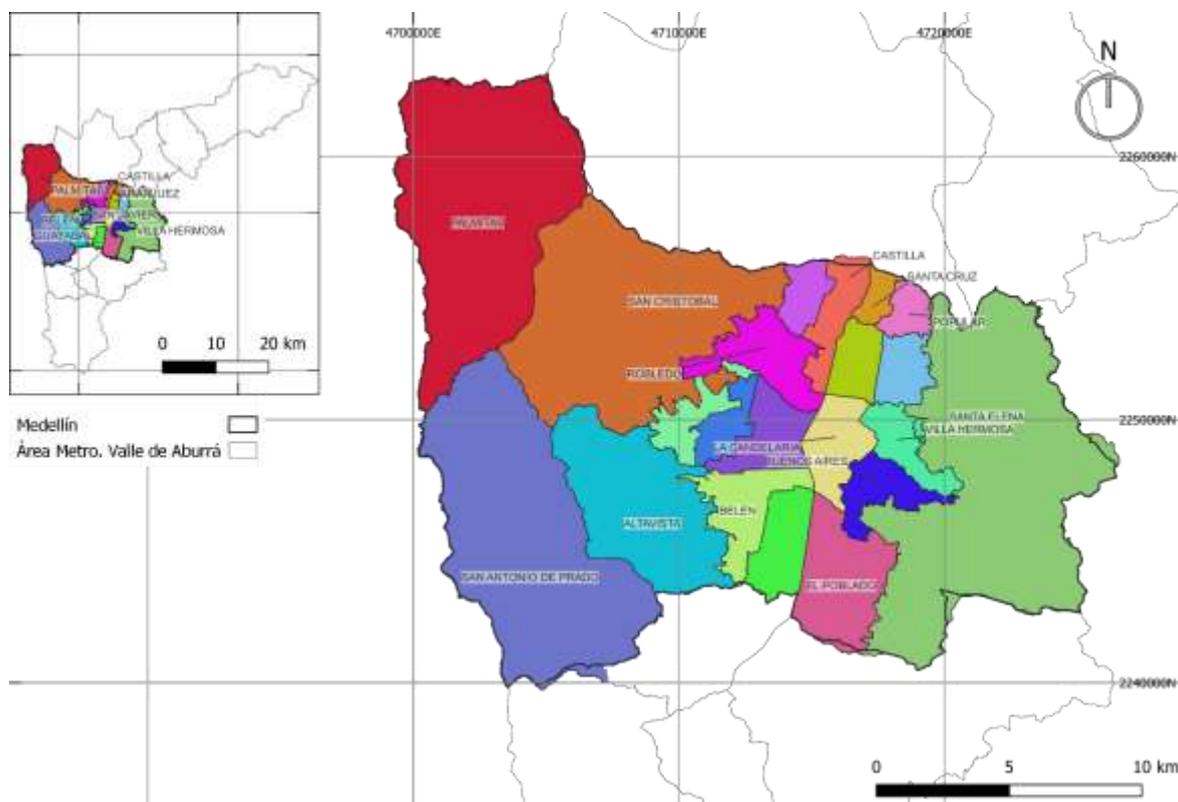


Figura 5-1 División político-administrativa de Medellín. Fuente: Alcaldía de Medellín. Elaboración propia.

5.1.1 Clasificación del suelo

El municipio de Medellín estableció en su más reciente Plan de Ordenamiento Territorial (Acuerdo 48 de 2014 "Por Medio Del Cual Se Adopta La Revisión y Ajuste de Largo Plazo Del Plan de Ordenamiento Territorial Del Municipio de Medellín y Se Dictan Otras Complementarias" - Medellín Todos Por La Vida, 2014) la clasificación del suelo en 3 diferentes categorías dentro de su jurisdicción, siendo estas el área urbana, área de expansión y área rural. Actualmente la ciudad cuenta con 111,61 km² de suelo urbano, 263,04 km² de suelo rural y 1,75 km² de suelo de expansión. Más del 60 % del territorio del municipio es rural, aun teniendo en cuenta la elevada población y la densidad de la población en el área urbana. Cabe resaltar que el suelo de expansión representa una proporción menor de toda el área del municipio, con solo el 0,46 %.

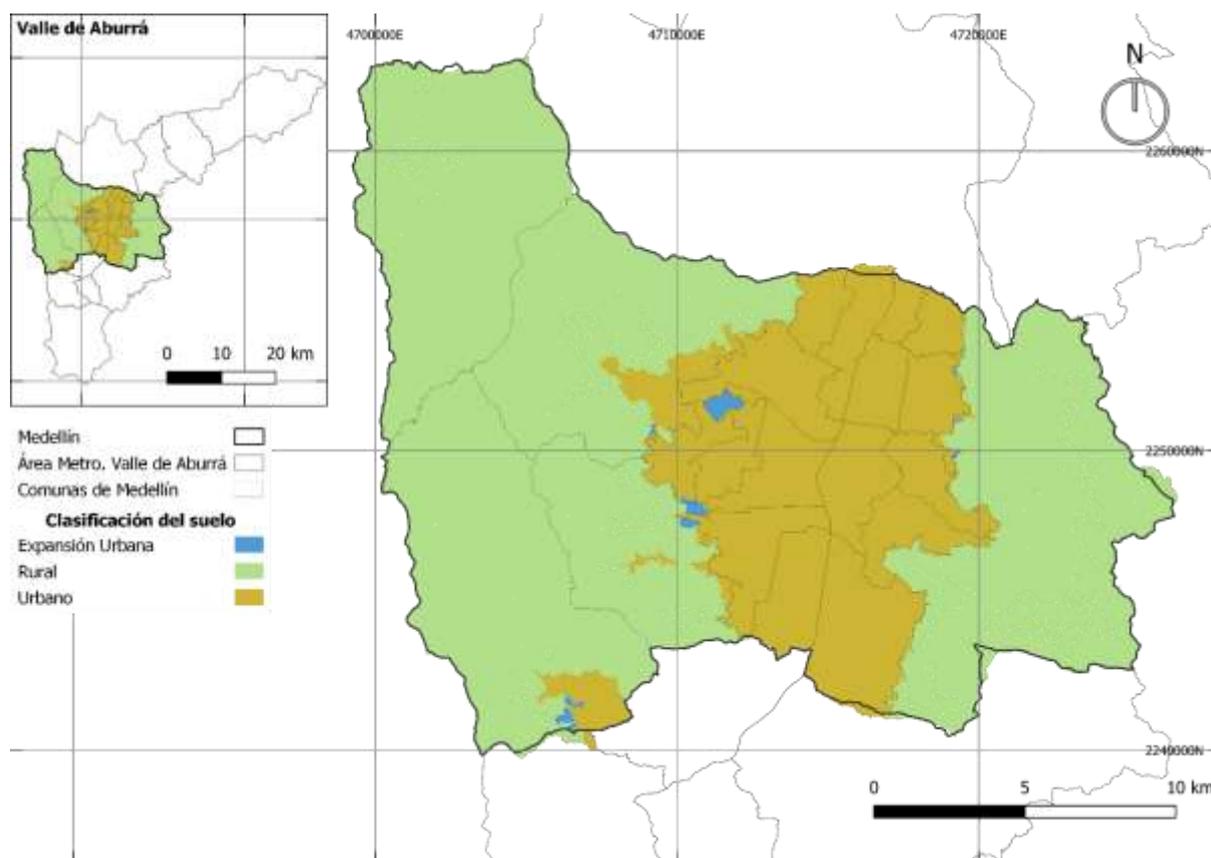


Figura 5-2 Clasificación del suelo en Medellín. Fuente: Alcaldía de Medellín. Elaboración propia.

5.1.2 Área metropolitana del Valle de Aburrá

El municipio de Medellín se encuentra dentro del Área metropolitana del Valle de Aburrá, una aglomeración urbana con dinámicas e interacciones económicas, sociales y urbanas interconectadas y relacionadas dividida en varios municipios que se concentran alrededor de un núcleo urbano (siendo este Medellín). Entre estos municipios se encuentran los 10 municipios en la región del Valle de Aburrá, 9 de ellos se incluyeron en la declaración del área metropolitana a nivel departamental en el año 1981, posteriormente el municipio de Envigado se unió en 2015. El Área metropolitana cuenta con un área total de 1.165,5 km² con un área urbana de 15,21 %. La ciudad de Medellín representa el 32,3 % de esta área total (Medellín Cómo Vamos, 2017). El área metropolitana es administrada por la entidad homónima que destina recursos en proyectos y en la planeación enfocada al desarrollo conjunto de los municipios del Valle de Aburrá. Entre estas propuestas se encuentran la planificación en materia ambiental (y el manejo), el transporte, el desarrollo económico y la coordinación y acompañamiento en el ordenamiento territorial de los municipios (AMVA, s/f).

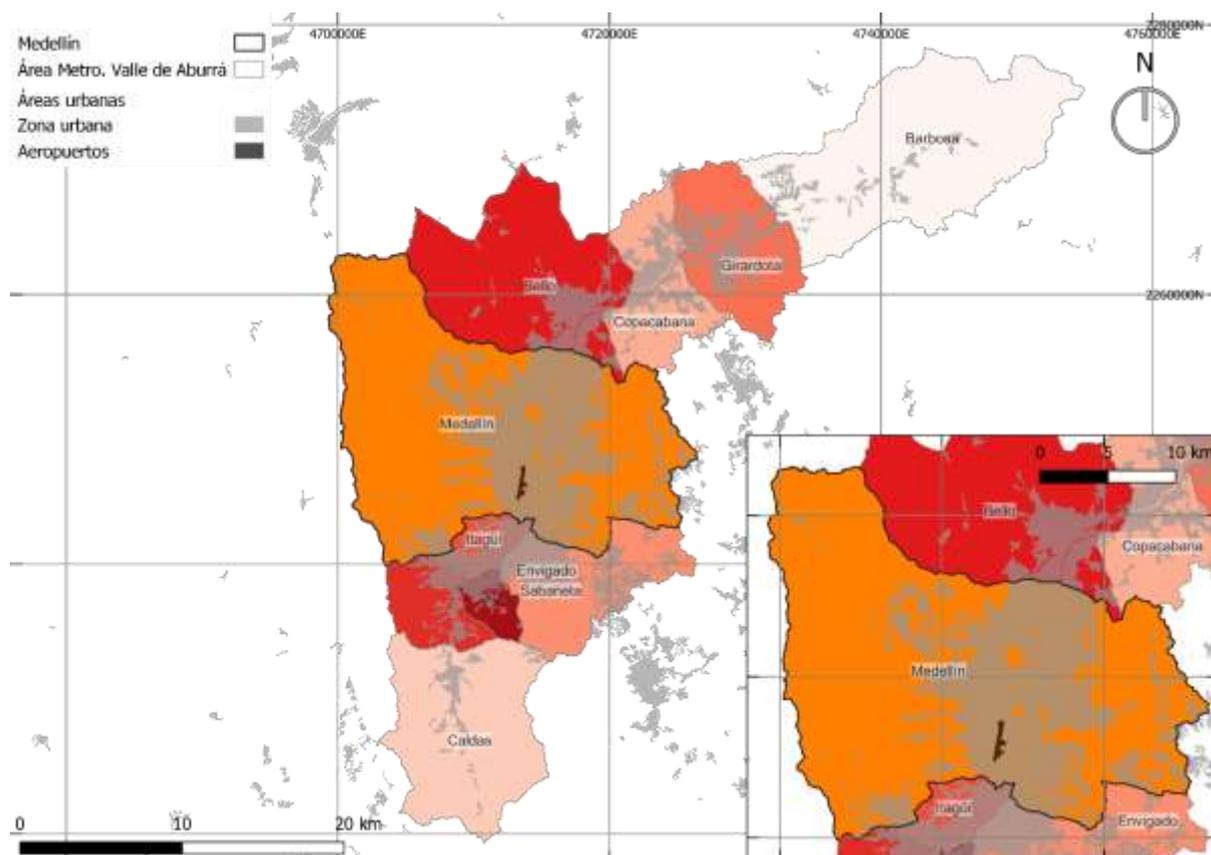


Figura 5-3 Área Metropolitana Valle de Aburrá y sus municipios. Fuente: Igac. Elaboración propia.

El Área Metropolitana contaba en los años 2020-2023 con el Plan de Gestión “Futuro Sostenible” en el cual se priorizaban 3 ejes centrales dentro de su gestión, siendo estos la sostenibilidad ambiental, las sinergias territoriales entre las diferentes administraciones y la conectividad física en el Valle de Aburrá (AMVA, 2020). Diferentes procesos de planeación metropolitana incluidos en el plan incluían el plan integral de Desarrollo Metropolitano (PIDM), Plan Estratégico Metropolitano de Ordenamiento Territorial (PEMOT), el Plan Estratégico Corporativo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (PEC), el Plan Director para Medellín y el Valle de Aburrá BIO 2030, el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Aburrá y múltiples planes de temáticas específicas dentro del área metropolitana como Vivienda y Hábitat, Seguridad, Movilidad y Riesgo de Desastres entre otros. Todos los planes mencionados y la gestión metropolitana llevada a cabo por la entidad del AMVA se enfocan en cumplir con agendas y planes internacionales de sostenibilidad como los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), La Nueva Agenda Urbana (creada en el encuentro de ciudades por la ONU) y la COP 21.

Gran parte de los programas y objetivos planteados en el Plan de Gestión del área metropolitana se enfocan en la articulación y planificación unificada entre los municipios. Los programas en los 3 ejes centrales se enfocan en la gestión fiscal y catastral conjunta, la planificación de la conectividad mediante una integración y unificación de los sistemas de transporte, mejorar la oferta de espacio público verde, fomentar el fortalecimiento empresarial o realizar un manejo ambiental y de mitigación de impactos o riesgos por desastres en toda la región (AMVA, 2020). Estas propuestas y la planificación conjunta de la región aportan a la integración de las dinámicas territoriales que se dan en la conurbación alrededor de Medellín y permitiendo la creación de un solo órgano con metas y objetivos conjuntos, teniendo en cuenta la integración que ya se tiene hoy en día en materia ambiental, económica, social y espacial.

5.1.3 Plan de ordenamiento Territorial

La Alcaldía de Medellín y el concejo municipal aprobaron mediante el acuerdo 048 de 2014 el más reciente plan de ordenamiento territorial del municipio, llamado "Medellín todos por la vida". En él se establecen lineamientos de planificación y gestión del suelo en el marco estratégico principal, se plantea el sistema municipal de ordenamiento territorial, La estructura ecológica, clasificación del suelo, Sistema público y colectiva, sistemas de ocupación y otros elementos y estructuras importantes para la gestión del territorio (Acuerdo 48 de 2014 "Por Medio Del Cual Se Adopta La Revisión y Ajuste de Largo Plazo Del Plan de Ordenamiento Territorial Del Municipio de Medellín y Se Dictan Otras Complementarias" - Medellín Todos Por La Vida, 2014).

El marco estratégico establece algunas apuestas importantes centrándose en diferentes aspectos de la sostenibilidad, el derecho a la ciudad y la inclusión. En primer lugar, se establece como un punto clave el urbanismo ecológico para la mitigación y adaptación al cambio climático. Para esto se busca la consolidación de las áreas protegidas, medidas de mitigación como la ciudad compacta generando menor ocupación del suelo, mejorar la red de espacios públicos verdes, aumentar el sistema de transporte urbano sostenible, ahorro energético, medidas de mitigación de riesgos y programas de seguridad alimentaria.

La segunda propuesta se centra en la equidad territorial municipal buscando la gestión asociativa, con una división y reparto equitativo de cargas y beneficios, regeneración urbana y un sistema habitacional incluyente que permita el acceso a viviendas dignas y asequibles a todos los habitantes. La tercera propuesta busca por su parte la revitalización y diversificación económica. El plan propone la creación de clústeres estratégicos de actividades económicas, fomento de la competitividad en actividades y tecnologías generadoras de valor agregado, estrategias de apoyo a actividades y mixtura de usos en el suelo urbano promoviendo la inclusión de actividades económicas en todas las zonas de la ciudad.

El POT de Medellín plantea a su vez en el marco estratégico de su POT la construcción colectiva del territorio desde el fortalecimiento del sistema de planeación municipal, la integración entre diferentes entidades, instituciones y sectores, así como asociaciones público-privadas y colectivas tanto para la ejecución de las metas del POT como la veeduría y el control urbanístico a partir de un sistema de evaluación y seguimiento.

La consolidación del sistema físico espacial es un punto clave dentro de los puntos estratégicos del POT. Entre ellos se busca establecer la estructura ecológica principal como elemento ordenador del espacio, pero también fortalecer otras redes y sistemas en el espacio urbano y rural como el transporte urbano con espacios para la movilidad activa, el espacio público de calidad, preservación de identidad y memoria, el patrimonio y un sistema habitacional asequible y articulado con las dinámicas urbanas. En este punto se establece el ordenamiento a partir de redes y sistemas en la ciudad.

Finalmente se propone el mejoramiento de las capacidades institucionales, con acciones que redistribuyan los recursos humanos y técnicos para mejorar la eficacia y eficiencia administrativa y tener una mejor capacidad de respuesta y gestión en las decisiones institucionales para el desarrollo y la aplicación del POT.

Cabe resaltar que gran parte de los objetivos se centra en lograr una equidad territorial mitigando la segregación socioespacial en diferentes escalas. Esto se pretende también con la consolidación de redes físico-espaciales que provean de mayor acceso a los servicios y oportunidades importantes en la ciudad. Por otro lado, se pretende generar una ciudad compacta, con mixtura de usos y policéntrica que evite el crecimiento del espacio urbano y detenga la disputa territorial con los espacios naturales y rurales circundantes. La consolidación de redes fundamentales como la estructura ecológica y los diferentes equipamientos y espacios públicos. Asimismo, se debe implementar un sistema de participación y de control a la ejecución del POT, fortalecimiento institucional, crear un territorio resiliente evitando la vulnerabilidad social y fomentar el desarrollo.

El POT no deja de lado la importancia de la planificación metropolitana en el Valle de Aburrá siendo el municipio núcleo, teniendo en cuenta las actividades económicas y culturales de toda la región. El POT en este punto se articula con el plan de gestión del Área Metropolitana (ver. 5.1.2) en los aspectos de crear una conurbación que esté interconectada, cuente con un sistema conjunto de redes, articulación institucional y un manejo ambiental

sostenible. Asimismo, el POT considera el desarrollo rural como parte de sus lineamientos, teniendo en cuenta el mejoramiento de la integración y conectividad con el área urbana y la articulación de las dinámicas urbano-rurales mediante la protección de valores paisajísticos, consideración de la estructura ecológica y la consolidación del borde rural-urbano.

5.1.4 Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca Hidrográfica (POMCA)

En el año 2019 se aprobó por medio de la resolución conjunta de la Corporación Autónoma Regional de Antioquia (Corantioquia), El Área Metropolitana Valle de Aburrá (AMVA) y la Corporación Autónoma de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (Cornare) (Resolución 1811-6712 “Por medio de la cual se aprueba la actualización del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Aburrá - NSS (2701-01)”, 2018) el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Aburrá. Esta cuenca hidrográfica es establecida por la Corantioquia y la Cornare, ubicándose en la jurisdicción de ambas Corporaciones autónomas en los municipios del Valle de Aburrá y otros aledaños. Esta Cuenca hidrográfica forma parte de la subzona hidrográfica establecida por el Ideam en 2013 nombrada Río Porce, abarcando solo una parte de esta SZH. El área total de la cuenca equivale a 120.720,9 ha distribuidas en 14 municipios (10 del Valle de Aburrá y 4 más). En total se encuentran 76,1 % del área en la jurisdicción de la AMVA, 12,4 % en la jurisdicción de CORANTIOQUIA y 11,5 % en la de CORNARE.

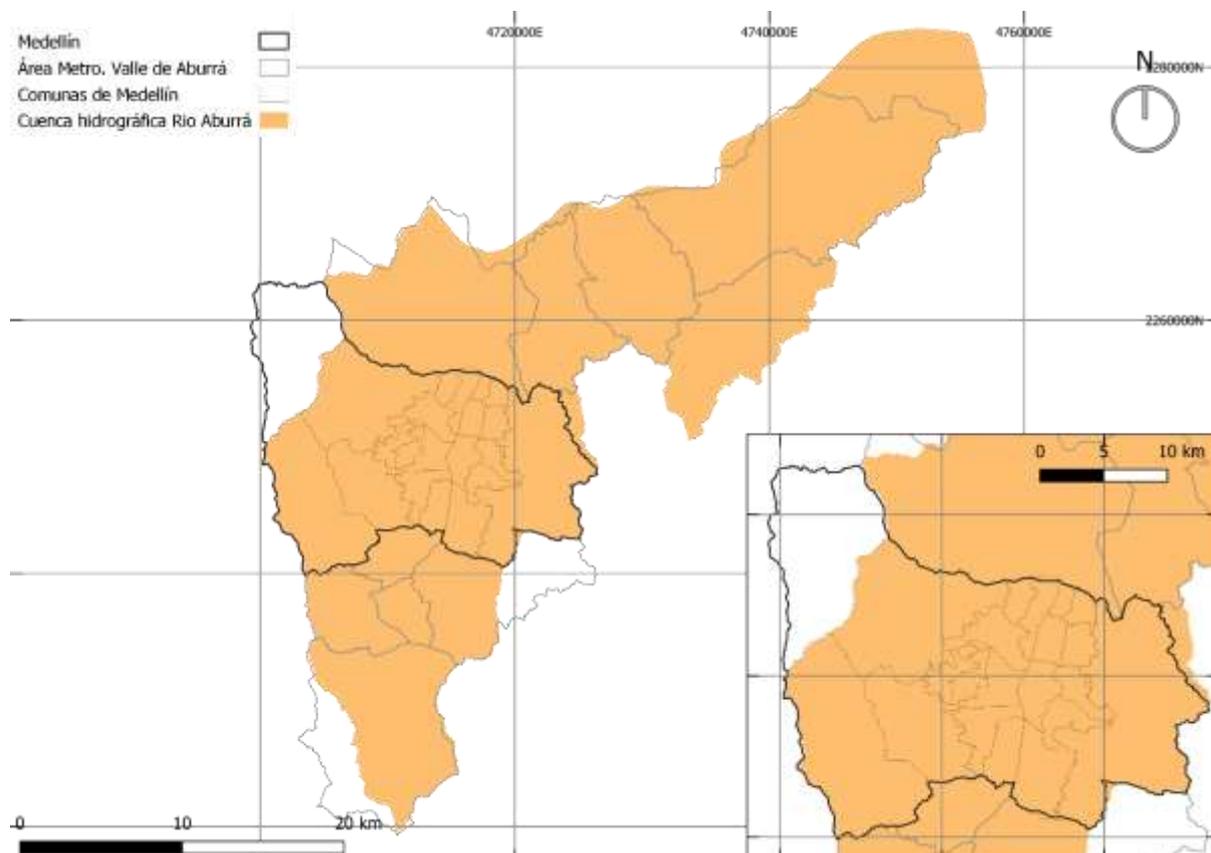


Figura 5-4 Área de la jurisdicción del POMCA Río Aburrá. Fuente: Igac. Elaboración propia.

El POMCA se centra en propuestas específicas en torno a la mitigación de riesgos por desastres y por impactos del cambio climático, la preservación de la cobertura vegetal y de la estructura del paisaje, el monitoreo y el manejo sostenible de las fuentes hídricas, el aumento de la protección a reservas forestales y áreas naturales y el manejo del recurso hídrico relacionado a la disminución de la presión sobre el recurso hídrico en algunos ríos y aumentar la cobertura de los servicios relacionados a este. Estos son los puntos problemáticos que se han presentado en el diagnóstico del POMCA (Corantioquia et al., 2016). Entre ellos se menciona la reducción del hábitat para especies de flora y fauna, la presión del recurso hídrico teniendo en cuenta la relación oferta-demanda de agua, la falta de monitoreo para evaluar las condiciones e indicadores hidrográficos, la

contaminación, los riesgos de desastres y otros problemas relacionados a la presión por la densidad poblacional y la urbanización.

En Áreas protegidas y zonas de importancia de conservación se proponen por ejemplo diferentes planes de restauración y reforestación. Asimismo, se insta en los POT de los diferentes municipios en el área de jurisdicción de la cuenca que mejoren los criterios en cuanto a la construcción sostenible, mejor manejo de recursos y la implementación de sistemas de recolección de aguas lluvia y mejor manejo de recurso junto con un aumento del espacio público verde para la población.

En general el POMCA se centra en 6 estrategias principales que se atienden en 5 programas. Las 6 estrategias tenidas en cuenta en la fase de formulación son el manejo ambiental del recurso hídrico, la innovación tecnológica para la transformación del campo, la gestión urbana y la recuperación de oferta de bienes y servicios ambientales, la conservación y protección de los recursos naturales, el fortalecimiento institucional y gobernabilidad en asuntos ambientales, la gestión del riesgo para la protección de la vida y los recursos naturales y la adaptación al cambio climático. Los 5 programas establecidos son la gestión integral del riesgo y adaptación al cambio climático, el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico, el manejo integral de recursos naturales para la sostenibilidad del suelo rural y la calidad ambiental urbana, la implementación de un modelo de ocupación sostenible para la cuenca y la gobernanza de la cuenca y la corresponsabilidad en la gestión ambiental. Dentro de los 5 programas estratégicos se establecieron 12 proyectos específicos centrados en el cumplimiento de estos objetivos. Cabe resaltar que un punto transversal no considerado como programa pero que se presenta constantemente es la reducción de conflictos por los usos del suelo inadecuados o competitivos.

5.2 Usos del suelo y Cobertura de tierra

5.2.1 Usos del suelo urbanos establecidos en el POT

Como mencionado anteriormente, el POT de Medellín plantea la consolidación de diferentes redes de servicios para la población a favor de una equidad espacial y teniendo en cuenta el derecho a la ciudad. Diferentes espacios de servicios dotacionales como lo son los equipamientos de diferentes tipos son tenidos en cuenta en el establecimiento de los usos del suelo para la ciudad de Medellín (Acuerdo 48 de 2014 "Por Medio Del Cual Se Adopta La Revisión y Ajuste de Largo Plazo Del Plan de Ordenamiento Territorial Del Municipio de Medellín y Se Dictan Otras Complementarias" - Medellín Todos Por La Vida, 2014).

Asimismo, según los estableció en los objetivos del POT que proponen la promoción de una ciudad compacta, con mixtura de usos en diferentes niveles y el acercamiento de actividades económicas y oportunidades en diferentes áreas, se establecen 3 tipos de mixtura de usos en el área urbana, siendo estos la mixtura baja, la mixtura media y la mixtura alta. Estas áreas son de ocupación privada y se establecen dependiendo del porcentaje mínimo de actividad residencial.

La mixtura baja corresponde a suelo urbano donde el uso predominante sea residencial, teniendo en cuenta que el fin principal es el hábitat para las personas y que cuente con actividades económicas de uso cotidiano complementando las dinámicas residenciales. En estas áreas se establece que la actividad económica o usos diferentes a los residenciales deben aplicarse únicamente en el primer piso de las edificaciones teniendo una relación directa con la vida urbana y el espacio público. La media mixtura por su parte se establece para áreas con actividades económicas de mayor área y proporción con respecto al área residencial y en relación con esta. Existen núcleos de media mixtura incluidas en el subsistema de centralidades que genera áreas de escala barrial o corredores específicos de media mixtura. En estas áreas se pueden generar aglomeraciones de actividades económicas de bajo impacto o media intensidad en estas zonas. Entre estas áreas también se encuentran las zonas de transición, entre áreas de baja y alta mixtura funcionando como amortiguación, centralidades dotacionales que son concentraciones de equipamientos de escala barrial o local, y también los corredores de media mixtura que se ubican especialmente alrededor de vías principales arteriales y troncales o ejes del servicio público.

Finalmente se consideran las zonas de mixtura alta, donde predominan las actividades económicas y la prestación de servicios urbanos en el uso del suelo. Estos son atractores de población de diferentes escalas de la ciudad. Entre estas áreas caben diferentes categorías de actividad económica y usos del suelo. En primer lugar, se establecen las áreas de actividad económica en transformación, que se centran en las actividades productivas, industriales y terciarias generadoras de empleo. Estas áreas deben contar con fácil accesibilidad e infraestructura adecuada a nivel metropolitano, por lo que se suelen ubicar sobre vías arteriales o corredores principales como el río Medellín. En estas áreas se propone la mixtura de usos en edificios híbridos permitiendo una mayor agrupación de clústeres y actividades. También se tiene en cuenta que una parte de estas áreas debe contar con usos dotacionales para la población fomentando la creatividad y la innovación. La segunda categoría se establece como centralidades y corredores de alta mixtura, que se enfoca en los corredores alrededor de las vías arteriales y de alta capacidad aportando a la accesibilidad de estos centros de servicios urbanos y de generadores de empleo, así como aprovechando la alta edificabilidad en estos sectores. Las centralidades de carácter mixto no cuentan con predominio económico necesariamente sino en general ofrecer servicios de escala metropolitana incluyendo los servicios dotacionales. Las aglomeraciones comerciales y de servicios de orden zonal permiten una mayor predominancia de las actividades económicas en clústeres que ofrecen servicios en esta escala. La última categoría se trata de las centralidades con predominancia económica, donde el intercambio de bienes y servicios, la oferta de empleo y las actividades del sector terciario predomina. Estas zonas cuentan con la iniciativa privada como fuerza motora.

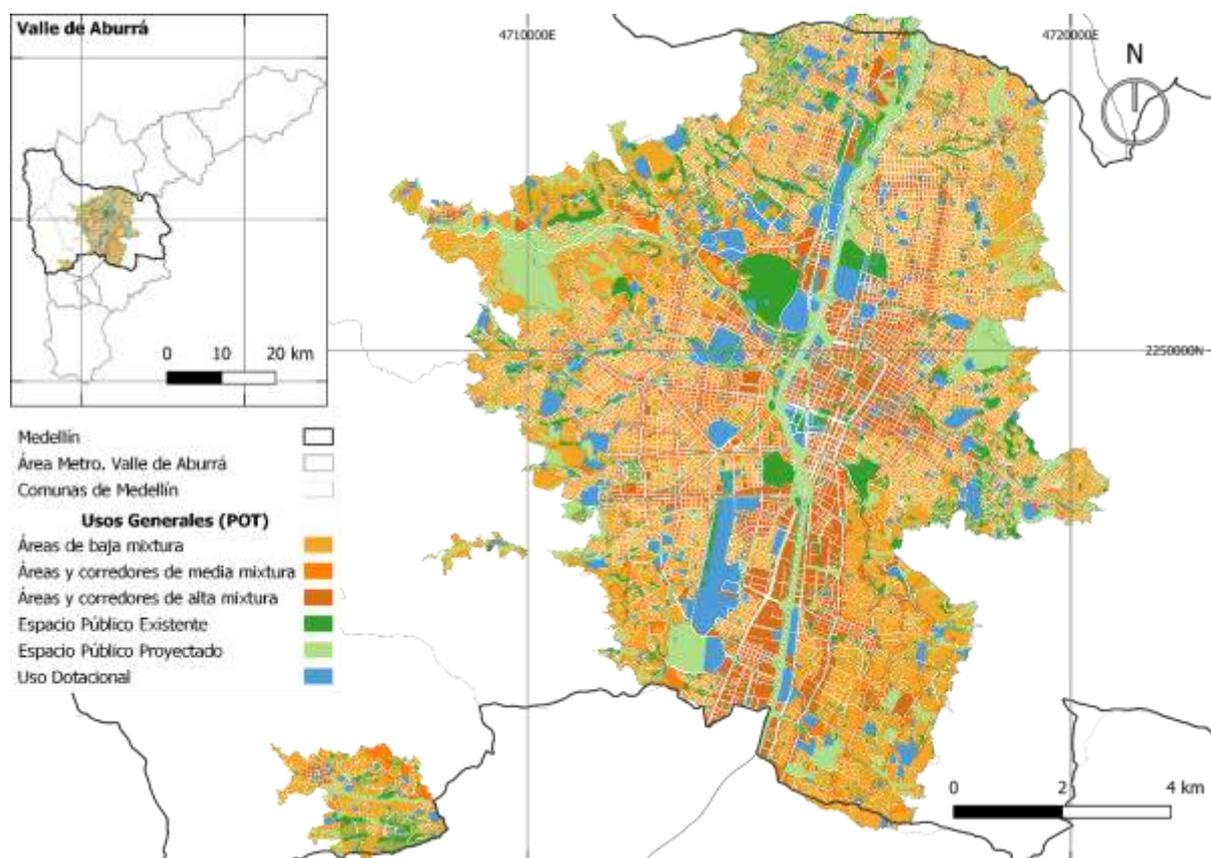


Figura 5-5 Usos del suelo declarados en el POT (Acuerdo 048 de 2014) en Medellín. Fuente: Alcaldía de Medellín. elaboración propia.

Cabe resaltar que esta división de usos no deja de lado la clasificación general de usos del suelo urbano teniendo en cuenta categorías como el uso residencial comercial, de servicios, industrial, dotacional y servicios públicos en su estructura para la mixtura. Por ejemplo, la división o categorización de escalas de cada una de estas categorías permitidas en las diferentes zonas de mixtura se establece en el POT. Las viviendas cuentan con áreas de vivienda unifamiliar, bifamiliar, multifamiliar o compartida, los usos comerciales con pequeños comercios, medianos, grandes e hipermercados o grandes superficies y los servicios con categorías como hospedaje, oficinas,

recreativos, servicios personales, y también divididas según el aforo. Los usos industriales cuentan con la categorización en industrias artesanales, industrias menores, medianas y grandes y los usos dotacionales también cuentan con diferentes impactos en las escalas urbanas. Dependiendo de la mixtura (baja, media, alta) se establece que tipo de áreas, aforos o categorías son permitidas, por ejemplo, limitando grandes comercios o usos industriales en la baja mixtura o viviendas unifamiliares en áreas de alta mixtura.

Cabe resaltar que las actividades y los usos en cada zona de mixtura cuentan también con un protocolo ambiental y urbanístico para el control de actividades económicas, denominado el PAU. Este plantea el impacto, la mitigación o el manejo adecuado en cada uso dependiendo de la mixtura (principalmente las actividades económicas). El mapa de usos del suelo según el POT (Acuerdo 48 de 2014 "Por Medio Del Cual Se Adopta La Revisión y Ajuste de Largo Plazo Del Plan de Ordenamiento Territorial Del Municipio de Medellín y Se Dictan Otras Complementarias" - Medellín Todos Por La Vida, 2014) también establece algunas áreas con destinaciones exclusivas para usos dotacionales o espacio público como se puede evidenciar en la figura 5-5.

5.2.2 Usos del suelo rurales establecidos en el POT

Dentro de los usos establecidos en el área rural se encuentran diferentes vocaciones dependiendo del manejo, si es de explotación del suelo o de reservas protectoras. Los usos para la actividad económica se concentran en actividades agropecuarias como las áreas agrícolas, agroforestales y agropecuarias, así como áreas forestales productoras. Existen otras áreas como las destinadas a servicios en industria, y las áreas mineras en transición en las zonas de montaña. Finalmente existen áreas dotacionales y de servicios en el área rural (principalmente parques de montaña) y zonas mixtas o de transición entre el área urbana y rural (Acuerdo 48 de 2014 "Por medio del cual se adopta la revisión y ajuste de largo plazo del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Medellín y se dictan otras disposiciones complementarias" - Medellín Todos por la Vida, 2014b).

La mayoría de la cobertura rural se concentra en áreas forestales, ya sean productoras o protectoras. La protección dentro de las áreas forestales se concentra en el manejo de los recursos ecosistémicos y la preservación de estos, manteniendo la oferta de servicios ecosistémicos y de áreas naturales. Estas áreas se superponen a las zonas protegidas establecidas en el POT (ver 5.4.2.). Las áreas agrícolas y agroforestales también concentran gran parte del área rural, con presencia especialmente en zonas de montaña al occidente del municipio. Otras áreas productivas abarcan menor tamaño, como las zonas de servicios e industria en una franja al occidente de la ciudad y áreas mineras en transición en las laderas de montaña en zonas de borde urbano al suroccidente.

5.2.3 Cobertura de la tierra

El Ideam es la entidad encargada del seguimiento del estado de la cobertura de la tierra a nivel nacional. En el año 2020 actualizó el estado de la cobertura en Colombia, definiendo tanto la cobertura vegetal como los usos antrópicos sobre el territorio (Ideam, 2021). En el municipio de Medellín y el Valle de Aburrá predominan las áreas transformadas, especialmente los espacios urbanos como el tejido urbano en sí, las áreas dotacionales, industriales y de infraestructura. Sin embargo, los corregimientos y las áreas rurales agrupan otro tipo de coberturas como áreas de cultivos, pastos y en menor medida bosques.

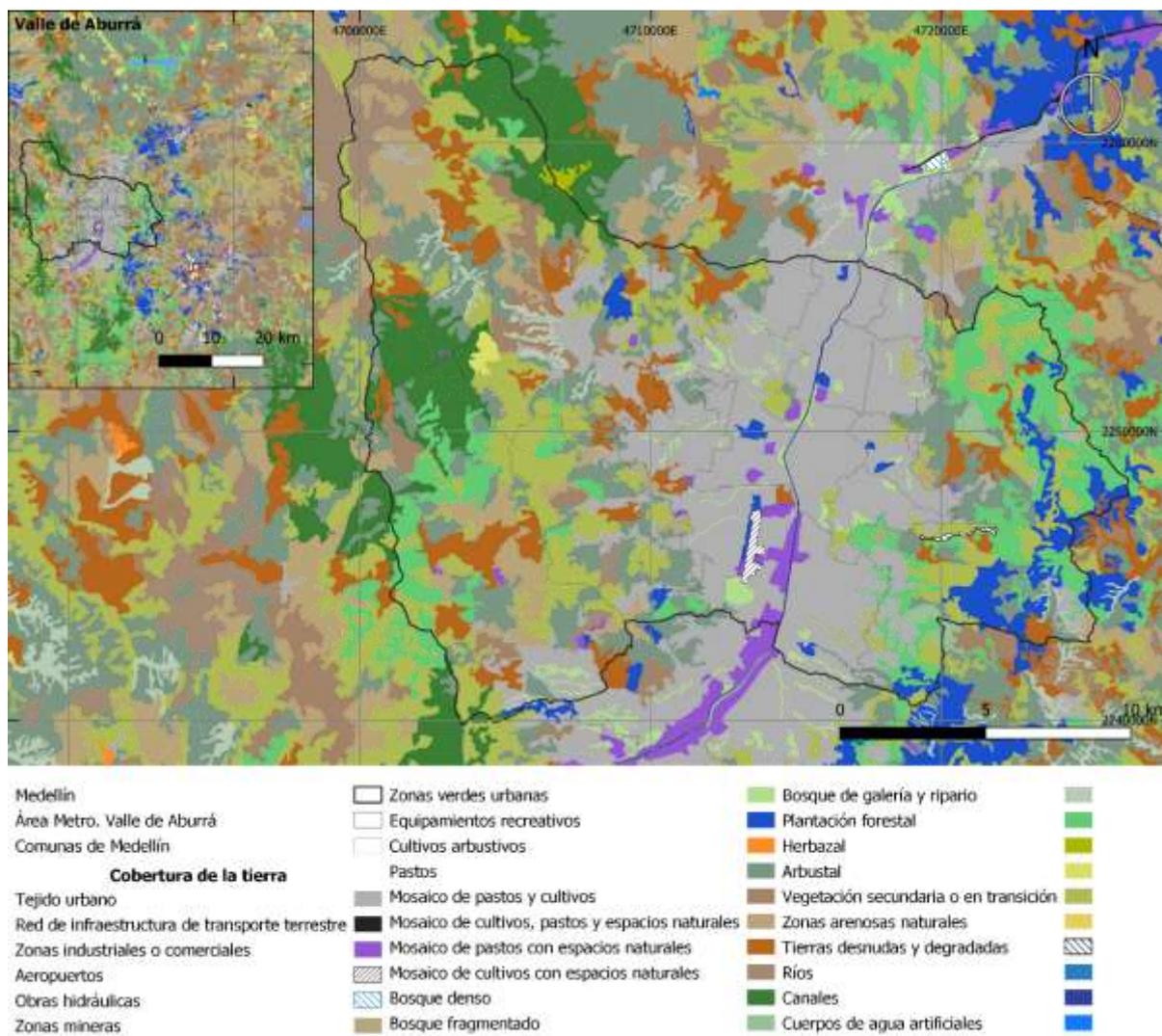


Figura 5-6. Cobertura de la tierra en Medellín. Fuente: Ideam. Elaboración propia.

Las áreas urbanas se concentran en el valle alrededor del río Medellín, disminuyendo a medida que aumenta la elevación en las laderas de las montañas al occidente y al oriente. Especialmente en el sur y zonas centrales alrededor del río Medellín se ubican los corredores industriales, como lo recomienda el POT “Medellín Por la Vida” (Acuerdo 48 de 2014 “Por Medio Del Cual Se Adopta La Revisión y Ajuste de Largo Plazo Del Plan de Ordenamiento Territorial Del Municipio de Medellín y Se Dictan Otras Complementarias” - Medellín Todos Por La Vida, 2014). En diferentes comunas, pero especialmente en las zonas alrededor del eje central de la ciudad (el río) se ubican diferentes áreas con destinación específica para equipamientos recreativos y áreas dotacionales. Asimismo, se encuentran grandes áreas de zonas verdes urbanas, especialmente distribuidas en corredores a lo largo de la ciudad y alrededor de fuentes hídricas. Asimismo, existe un área de infraestructura de gran tamaño en el centro-sur de la ciudad, siendo esta el área del aeropuerto Olaya Herrera al interior de la ciudad. Este aeropuerto era el principal de la ciudad de Medellín, hasta la creación del aeropuerto José María Córdoba de Rionegro en 1986 (López Rueda, 2017). Hoy en día este aeropuerto opera vuelos regionales.

Las laderas de las montañas agrupan diferentes tipos de espacios naturales como herbazales, mosaicos de pastos y espacios naturales y bosques fragmentados. Al oriente de la ciudad se pueden encontrar plantaciones forestales en la zona de borde entre el tejido urbano y las montañas. Asimismo, en el oriente del municipio se encuentran áreas rurales menos transformadas y con más presencia de áreas naturales. En estas zonas existen amplias extensiones de parques de montaña registrados como espacios dotacionales, así como bosques fragmentados, vegetación secundaria y mosaicos de pastos o herbazales. En esta zona, sin embargo, no existe una cobertura de

espacios para cultivos o agroecosistemas. Sin embargo, si existen amplias zonas de plantaciones forestales, especialmente en los puntos más elevados de las montañas. Asimismo, existe una franja de tierras degradadas alrededor de una de las fuentes hídricas de la ciudad.

Al occidente existen agrupaciones similares al oriente en las zonas de ladera y en la media montaña. Se encuentran grandes extensiones de pastos, vegetación secundaria, bosques fragmentados y algunas plantaciones forestales. La diferencia con las montañas en el oriente es que en el extremo occidente y noroccidente se pueden encontrar coberturas de bosques densos extensas, algo que no se percibe en grandes extensiones en el municipio. Asimismo, existen diferentes mosaicos de cultivos y espacios naturales o mosaicos de cultivos y pastos en la región del noroccidente en la zona rural.

5.3 Hidrología

5.3.1 Cuerpos de agua

La hidrografía del municipio y del Valle de Aburrá se encuentra marcada por el eje central de todo el valle que es el río Medellín o río Aburrá (cuenta con ambos nombres). Asimismo, se establecen otros drenajes y corredores principales de fuentes hídricas en el municipio, como los ríos Santa Elena, Piedras Blancas, La Iguaña, Doña María, Ana Díaz, La Picacha, Altavista, La Guayabala y la Presidenta. Estos corredores principales cuentan con múltiples otros afluentes como quebradas y ríos pequeños que juntos conforman la red hídrica de Medellín (Acuerdo 48 de 2014 "Por Medio Del Cual Se Adopta La Revisión y Ajuste de Largo Plazo Del Plan de Ordenamiento Territorial Del Municipio de Medellín y Se Dictan Otras Complementarias" - Medellín Todos Por La Vida, 2014).

Las fuentes hídricas forman parte de la estructura ecológica principal (EEP) de la ciudad, que incluye tanto los ríos como sus zonas de retiro (como mencionadas en el POT) o rondas hídricas, que son las áreas aferentes a los ríos formando parte de sus áreas inundables según el máximo caudal. Estas zonas se convierten en mitigación de inundaciones y áreas de protección ante el aumento del caudal entendiendo los ciclos hidráulicos. Por esto mismo, se establece una conservación de la vegetación alrededor de las fuentes hídricas, especialmente en zonas cercanas a los nacimientos que deben contar con plantaciones de vegetación nativa. Usualmente se consideran 15 metros de extensión desde la cota máxima del nivel de inundación histórico de las fuentes hídricas como estas zonas de retiro, a excepción de del río Medellín que cuenta con un área aferente de 60m.

Como mencionado anteriormente, el eje principal de la red hídrica corresponde al río Medellín. Este río cuenta con un caudal aproximado de 21,2 m³/s en años medios, aumentando hasta a 37 m³/s en años húmedos (Corantioquia, 2022). Su recorrido empieza en el Alto de San Miguel en el municipio de Caldas al sur del Valle de Aburrá y termina en su desembocadura en el río Grande (AMVA, 2019a). A este río principal lo alimentan las otras fuentes hídricas ya mencionadas, naciendo mayoritariamente en las cadenas montañosas orientales y occidentales, recorriendo transversalmente el área del municipio y desembocando en el río Medellín. Los caudales de estos ríos apenas superan 1 m³/s, como en el caso de los ríos directos al Aburrá. Las quebradas cercanas a los nacimientos de los ríos en las cadenas montañosas cuentan con caudales menores a 0,2 m³/s. Estas quebradas desembocan en los afluentes que posteriormente alimentan al río Medellín.

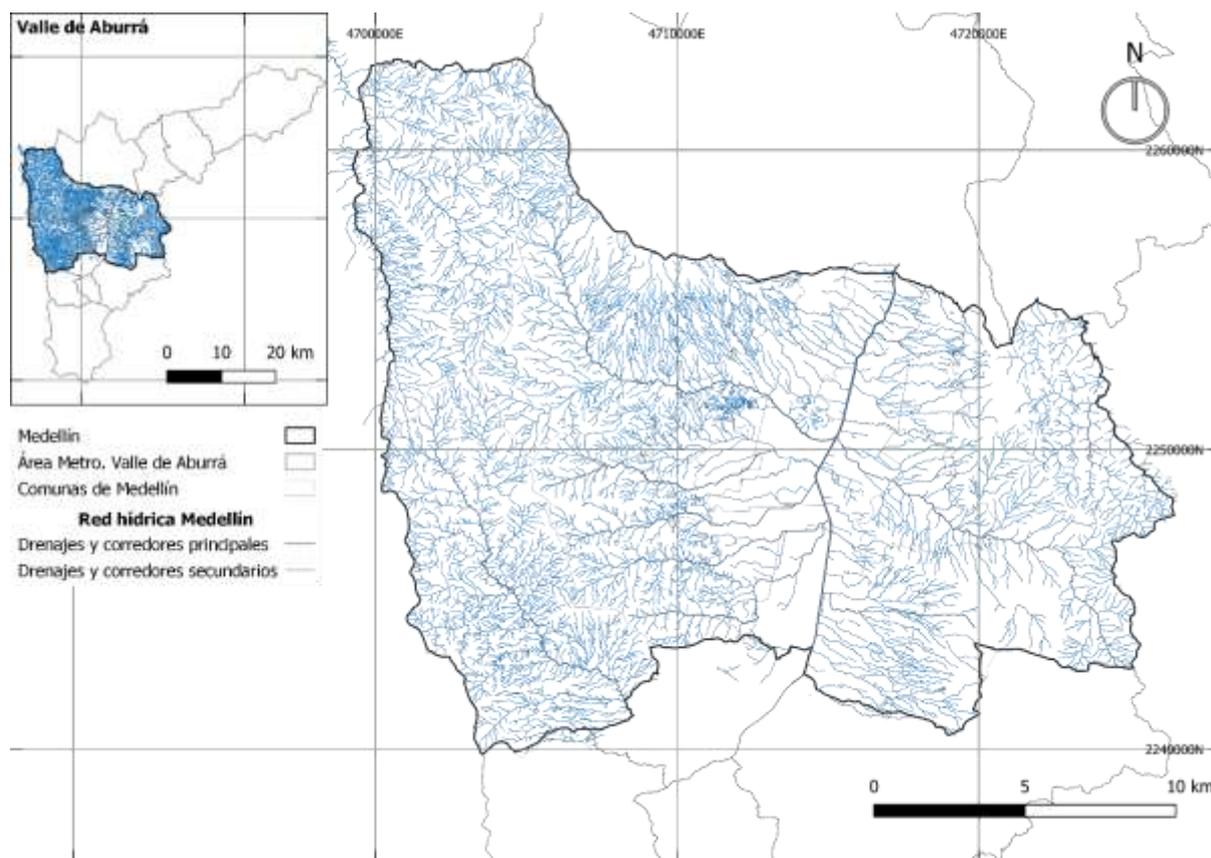


Figura 5-7 Red hídrica de Medellín. Fuente: Alcaldía de Medellín. Elaboración propia.

5.3.2 Zonificación hidrográfica

Tanto Medellín como los municipios del Valle de Aburrá se encuentran dentro de la Subzona hidrográfica del río Porce, que forma parte de la Zona hidrográfica y del Área hidrográfica del Magdalena-Cauca en la región central del país según la zonificación hidrográfica establecida por el Ideam (2013). Aun formando parte de la SZH del río Porce, se generó la división departamental en cuencas hidrográficas menores como la Cuenca del río Aburrá, la cual se tuvo en cuenta para la formulación del POMCA (Corantioquia et al., 2016) y para el presente análisis ya que abarca un área más específica. La cuenca hidrográfica río Aburrá se encuentra dentro de la jurisdicción de Corpoantioquia, Área Metropolitana Valle de Aburrá y Corponare y abarca un área de 120.720,9 ha del total de la SZH del río Porce.

5.3.3 Cuerpos de agua lénticos

El municipio de Medellín no cuenta con una gran extensión de cuerpos de agua lénticos, algunos de estos incluso son artificiales. Sin embargo, son considerados como parte de la red hídrica y de la estructura ecológica principal al igual que los ríos y quebradas del municipio. Algunos de estos cuerpos de agua lénticos son la Laguna de Guarne, el Embalse de Piedras Blancas, el Lago del Parque Norte, el Lago del Jardín Botánico y el humedal Romeral.

La primera Laguna se encuentra ubicada en el corregimiento de Santa Elena en la zona rural al oriente de Medellín (Alcaldía de Medellín, 2024a). La laguna cuenta con una cobertura de 15,46 ha, y es el único cuerpo de agua natural. Este forma parte de las Áreas de conservación y protección ambiental.

El embalse de Piedras Blancas por su parte se encuentra en el nororiente de Medellín, construida con el fin de generar electricidad por medio de la central hidroeléctrica, sin embargo, en 1958 se planteó la oportunidad de crear el embalse con el fin adicional de abastecer y potabilizar agua para la ciudad de Medellín (EPM, 2023a). Este tiene un área de 108,5 ha igualmente en el corregimiento de Santa Elena (Acuerdo 48 de 2014 “Por Medio Del Cual Se Adopta La Revisión y Ajuste de Largo Plazo Del Plan de Ordenamiento Territorial Del Municipio de Medellín

y Se Dictan Otras Complementarias" - Medellín Todos Por La Vida, 2014), siendo el cuerpo de agua léntico de mayor extensión en el municipio.

Los siguientes 2 cuerpos de agua son igualmente artificiales formando parte de espacios dotacionales o espacios públicos verdes. El primero es el Lago del Parque Norte, que cuenta con una extensión de 39,7 ha. El segundo se ubica en la misma comuna, siendo el Lago del Jardín Botánico con un área de 3,7 ha, siendo significativamente menor. Ambos cuerpos de agua se consideran al igual que los primeros dos como parte de parte de las Áreas de conservación y protección ambiental.

El humedal Romeral se encuentra en el extremo suroccidente del municipio. Cuenta con un área de 9,49 ha y es el único humedal dentro de los cuerpos de agua lénticos del municipio. Al igual que los cuerpos de agua anteriores, forma parte de las Áreas de conservación y protección ambiental y se trata de un cuerpo de agua natural.

5.3.4 Zonas potencialmente inundables

Por la topografía del municipio con altas pendientes, pocas áreas planas y rápido desagua al río Aburrá no se generan grandes extensiones de áreas inundables o zonas potencialmente inundables (ZPI). Sin embargo, existen extensiones importantes del territorio que se ubican alrededor de las fuentes hídricas que son consideradas ZPI teniendo en cuenta los aumentos del caudal y el área cubierta de agua en las crecientes en temporadas extremas. Estas ZPI se encuentran principalmente alrededor del río Medellín, abarcando gran parte de la ronda hídrica. Asimismo, se encuentran algunas zonas inundables alrededor de otras corrientes principales afluentes al río Medellín. Sin embargo, las ZPI no son gran parte de los ecosistemas acuáticos del municipio y dependen totalmente de las dinámicas de las fuentes hídricas.

5.4 Ecosistemas estratégicos

5.4.1 Ecosistemas principales

El área del Valle de Aburrá se caracteriza principalmente por estar cubierta de ecosistemas transformados, principalmente debido a las actividades económicas asociadas a los usos del suelo y la transformación por la expansión del área urbana (IDEAM, 2018). La cobertura natural se compone principalmente de condiciones ecosistémicas de Bosques Andinos, teniendo en cuenta la ubicación geográfica y la elevación de la región. Las diferencias entre las áreas montañosas al occidente y oriente del Valle de Aburrá y la zona del Valle asimismo son notorias, teniendo en cuenta las diferentes dinámicas y la segregación de los espacios urbano y rural.

La región del Valle alrededor del río Aburrá se caracteriza por contar con gran parte de áreas urbanas, especialmente en los municipios de Medellín, Envigado e Itagüí. En menor medida se pueden encontrar algunas áreas naturales urbanas como parques urbanos, el jardín botánico y la estructura ecológica principal. Sin embargo, hay una cobertura de espacios naturales transformados dentro del área urbana. El río Medellín en sí, por su canalización, no presenta áreas inundables dentro de la categorización de ecosistemas generales y se considera un río de aguas blancas en su ronda hidráulica.

El área de borde entre el área urbana de Medellín y las cadenas montañosas cuenta con condiciones propias de borde urbano. Entre estos ecosistemas se encuentran algunas áreas de ecosistemas transicionales transformados y vegetación secundaria en parches extensos o alrededor de fuentes hídricas en las laderas de las montañas. Estos ecosistemas son la transición o la amortiguación entre el área urbana y el área rural en Medellín, que agrupa en mayor medida agroecosistemas de diferentes tipos. Gran parte de las áreas montañosas que anteriormente se componían de bosques andinos extensos se encuentran actualmente cubiertos por ecosistemas transformados para actividades agropecuarias (Observatorio de Bosques de Antioquia, 2020a). En el extremo occidental de Medellín se pueden encontrar algunos parches de bosques y herbazales andinos, más alejados de la zona urbana y de los agroecosistemas. Estas coberturas siguen siendo minoritarias dentro del área rural de Medellín. El extremo oriente por su parte no cuenta con tanta cobertura de bosques y o de cobertura vegetal, con extensiones y parches menores de vegetación secundaria y en menor medida herbazales. En los corregimientos rurales también se encuentran algunas áreas urbanas, tanto al oriente como al occidente.

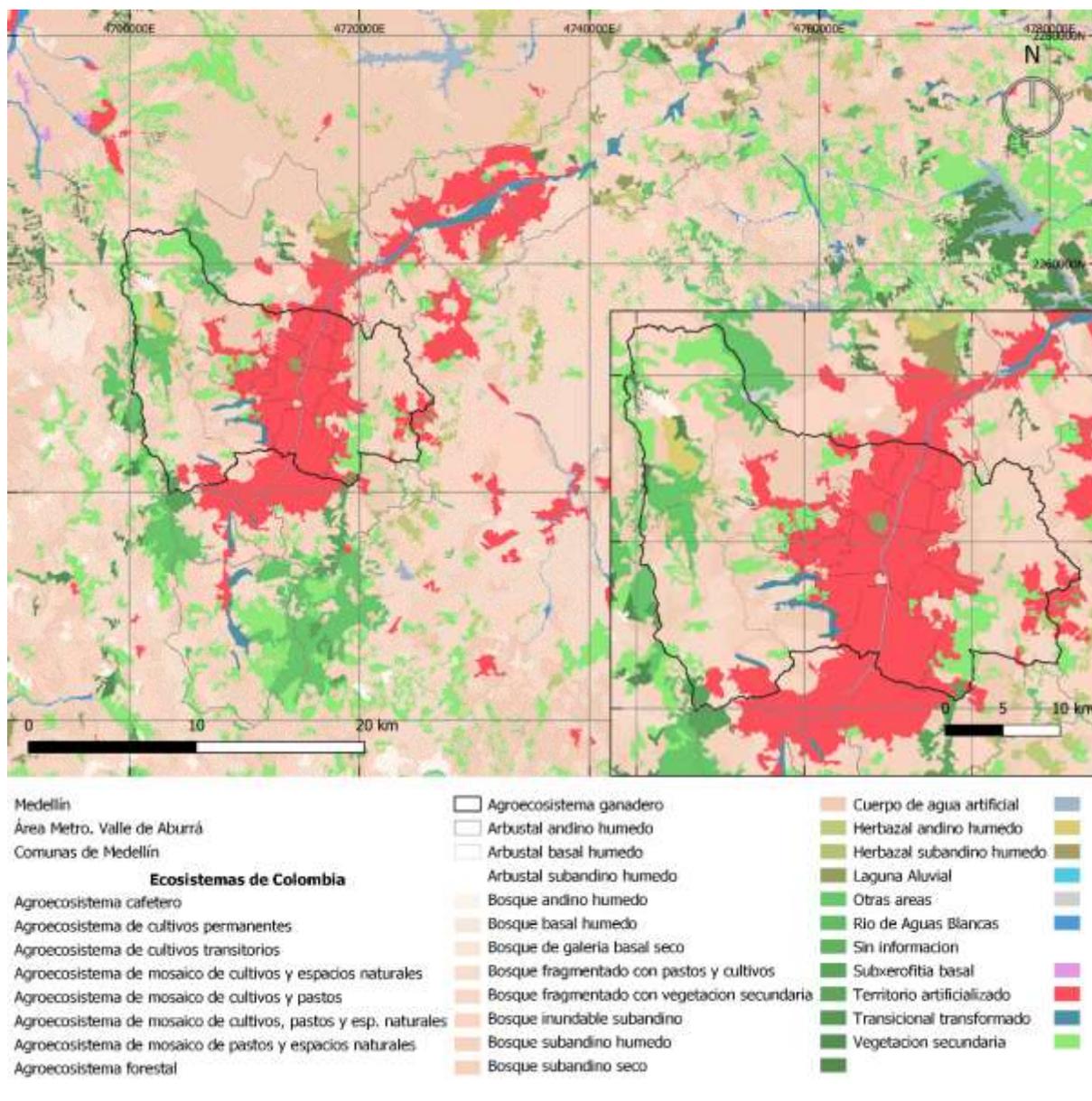


Figura 5-8 Ecosistemas en el Valle de Aburrá y Medellín. Fuente: Ideam. Elaboración propia.

El resto del Valle de Aburrá cuenta con una distribución y caracterización de los ecosistemas bastante similar. Las áreas alrededor del río Medellín se caracterizan por contar con amplia cobertura de áreas urbanas, con una presencia menor de algunos parques urbanos y vegetación secundaria. Sin embargo, alrededor de las áreas urbanas también existen áreas transformadas como las grandes coberturas de agroecosistemas en las áreas rurales de los municipios al norte y al sur del valle y ecosistemas transicionales transformados alrededor del río Medellín en el sur y el extremo nororiente del Valle de Aburrá. La cobertura vegetal suele ser baja, con diferentes parches de vegetación secundaria y herbazales en los municipios del norte, mientras que en el sur se puede encontrar una mayor cobertura de bosques andinos en las montañas al oriente y occidente. La presencia de áreas inundables o ecosistemas acuáticos es casi inexistente en toda el área del Valle de Aburrá.

5.4.2 Áreas protegidas

En el municipio de Medellín se encuentran grandes extensiones y diferentes categorías de áreas protegidas. Existen áreas protegidas declaradas a nivel nacional, áreas protegidas a nivel regional, áreas protegidas metropolitanas y reservas de la sociedad civil (Acuerdo 48 de 2014 “Por Medio Del Cual Se Adopta La Revisión y

Ajuste de Largo Plazo Del Plan de Ordenamiento Territorial Del Municipio de Medellín y Se Dictan Otras Complementarias" - Medellín Todos Por La Vida, 2014).

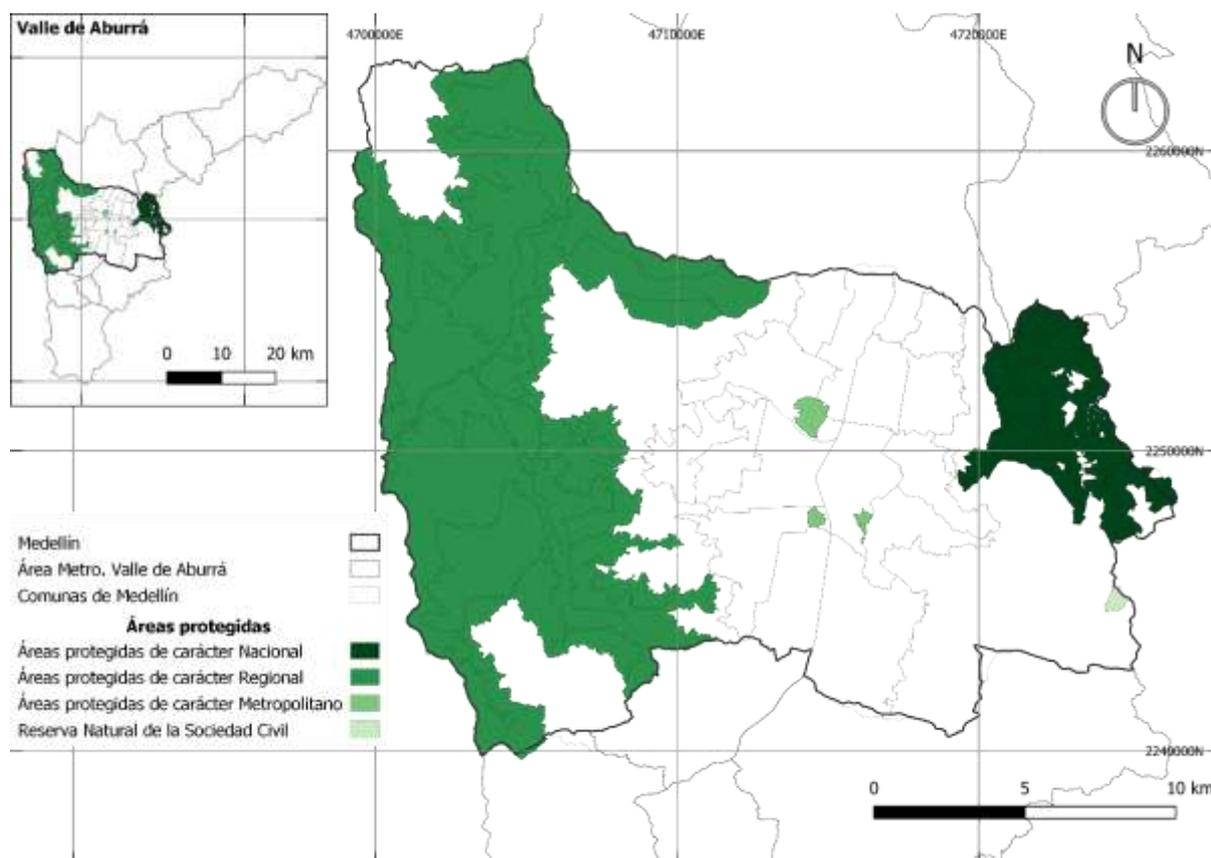


Figura 5-9 Áreas protegidas de Medellín. Fuente: Alcaldía de Medellín. Elaboración propia.

Las áreas de la primera categoría se encuentran declaradas y protegidas a nivel nacional. La Reserva Forestal Protectora Nare se considera parte de las reservas forestales a nivel nacional y fue declarada en la resolución 1510 de 2010 por el MADS, abarcando gran parte de la cadena montañosa oriental en el municipio de Medellín. Esta reserva cuenta con manejo de protección de uso sostenible y también de restauración. Cuenta como parte de la estructura Ecológica Complementaria de Medellín y abarca un área de 9.829 ha. Su objetivo principalmente es el de proteger y restaurar los ecosistemas andinos y subandinos y proteger las subcuencas del río Nare, así como la recarga de acuíferos y la protección del hábitat de fauna y flora (Resolución 1510 de 2010 "Por La Cual Se Redelimita La Zona Forestal Protectora Declarada y Reservada a Través Del Acuerdo de 1970 de La Junta Directiva Del Inderena, Aprobado Mediante La Resolución Ejecutiva 24 de 1971 Del Ministerio de Agricultura y Se Adoptan Otras Determinaciones," 2010).

Dentro de la segunda categoría se encuentran las áreas protegidas a nivel regional, como el caso del Distrito de Manejo Integrado Divisoria Valle de Aburrá - Río Cauca. Este se encuentra al occidente de la ciudad sobre los bosques de la cadena montañosa occidental. Cuenta con un área de 28.075 ha de las cuales la mitad se encuentran dentro de la jurisdicción del municipio de Medellín (Corantioquia, 2022). Esta reserva cuenta con el objetivo de proteger los recursos y servicios ecosistémicos, así como la biodiversidad, la flora y la fauna y el hábitat en el bosque Andino. Se encuentra declarada y dentro de la jurisdicción de Corantioquia.

Las áreas protegidas a nivel metropolitana son administradas por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Dentro de estas se encuentran el Parque Natural Regional Metropolitano Cerro El Volador, el Área de Recreación Parque Ecológico Cerro Nutibara y el Área de Recreación Parque Ecológico Cerro La Asomadera. El primero cuenta con un área de 1.037 ha, el segundo con un área de 293,2 ha y el tercero de 266,89 ha. Estas áreas protegidas cuentan igualmente con un objetivo de protección, sin embargo, también con un énfasis importante en la recreación y la educación ambiental. Estos se encuentran inmersos en el área urbana de la ciudad.

Finalmente, se encuentra dentro de los límites del territorio del municipio, en el área rural oriental sobre las montañas del occidente, la Reserva Natural de la Sociedad Civil Montevivo, con un área de 406,45 ha (Acuerdo 48 de 2014 "Por Medio Del Cual Se Adopta La Revisión y Ajuste de Largo Plazo Del Plan de Ordenamiento Territorial Del Municipio de Medellín y Se Dictan Otras Complementarias" - Medellín Todos Por La Vida, 2014).

5.4.3 Estructura ecológica de Medellín

El POT del año 2014 (Alcaldía de Medellín) establece diferentes elementos naturales como parte de su estructura ecológica. Entre estos entran los elementos de la red hídrica como las fuentes y sus áreas aferentes, los cerros tutelares al oriente, occidente y suroriente de la ciudad, y otros corredores de conectividad ecológica o lugares de interés paisajístico y recreativo. Los elementos de la estructura y su composición en sí debe integrarse a la red ecológica regional, mientras también considera una integración con los elementos del paisaje rural.

Los diferentes elementos de la estructura ecológica tienen distintos criterios de manejo dependiendo de la categoría. En primer lugar, existen los elementos de carácter nacional como la reserva Forestal Protectora del Río Nare, que debe tener en cuenta las disposiciones generales a nivel nacional del manejo de reservas forestales. Los elementos de carácter regional a su vez también deben contar con un manejo de acuerdo con los lineamientos impuestos de la CORANTIOQUIA, con el fin de manejar de manera sostenible los recursos naturales y ordenar el espacio teniendo en cuenta las actividades económicas existentes y su relación con el manejo ambiental. Los elementos de carácter metropolitano cuentan con diferentes tipos de manejo, como la restauración y recuperación parcial de funciones ecosistémicas (como en el caso del Parque ecológico Nutibara o el Cerro la Asomadera) con un régimen de uso principal para el disfrute de la población, manejo sostenible y educación ambiental. Otros elementos de carácter privado cuentan con un manejo de restauración y protección con usos de recreación al igual que los espacios protegidos de carácter metropolitano.

Las fuentes y cuerpos hídricos contarán con un manejo de regulación de ciclos hidrológicos y protección del recurso hídrico mediante la protección de la biodiversidad en estas áreas. Las cuencas abastecedoras, parte de la EEP contarán con unos incentivos para promover su conservación y para programas de reforestación, así como el ecoturismo en zonas cercanas. El sistema orográfico por su parte será objeto de diferentes programas de manejo y conservación de los ecosistemas, preservación del patrimonio paisajístico y ecológico, así como recuperación de la biodiversidad. Estos deberán contar con una conexión y nodos importantes de integración, especialmente con los corredores ecológicos para crear una transición rural-urbana en la EEP.

Finalmente, los corredores de conectividad deberán preservar una arborización extensa, mantenimiento y mejoramiento de esta y de otras especies de flora. Para esto se aplicará el manual de silvicultura urbana, teniendo en cuenta la correcta implementación y mantenimiento de especies arbóreas. Asimismo, existe un plan de manejo ambiental sobre la intervención en estos corredores establecido por la AMVA.

5.4.4 Estado de los bosques

El departamento de Antioquia es uno de los departamentos a nivel nacional que reporta mayor grado de deforestación a nivel nacional (Observatorio de Bosques de Antioquia, 2020b). Esto se debe principalmente a la expansión de áreas para cultivos, ganadería, plantaciones industriales, extracción de madera, minería, infraestructura y cultivos ilícitos (Observatorio de Bosques de Antioquia, 2020a). En el Valle de Aburrá, la mayor causa de deforestación tiene que ver con actividades extractivas forestales con una participación del 36 % de la deforestación total. En general, los bosques Andinos en el departamento (de los cuales forman parte los bosques en el Valle de Aburrá) cuentan con una mayor deforestación por agricultura y actividades de extracción de madera.

En esta región de Antioquia, la deforestación proveniente de obras de infraestructura es aquella con mayor participación por causa en el departamento con 10 % de la deforestación en la región. Estas deforestaciones se han producido desde el año 2000 hasta el año 2020, aunque en los años más recientes se ha presentado una disminución significativa de la deforestación. En el caso del Municipio de Medellín específicamente se ha reportado un área total de cobertura de bosques de alrededor de 37 000 ha, de las cuales más de 1000 han sido

deforestadas en el periodo mencionado. Las causas principales son el aumento de espacios para ganadería (42,31 %), Actividades extractivas forestales (38,36 %), Agricultura (7,03%) e infraestructura (12,3 %).

Para contrarrestar el impacto de la deforestación, se ha demostrado un aumento de la cobertura de bosques mediante plantaciones forestales, especialmente en las regiones montañosas del oriente y del occidente que son las zonas donde más se han producido deforestaciones (Acuerdo 48 de 2014 "Por Medio Del Cual Se Adopta La Revisión y Ajuste de Largo Plazo Del Plan de Ordenamiento Territorial Del Municipio de Medellín y Se Dictan Otras Complementarias" - Medellín Todos Por La Vida, 2014). Dentro del POT actual y en el POMCA del río Aburrá se establecen diferentes proyectos de restauración y reforestación.

5.5 Climatología y recursos hídricos

5.5.1 Precipitación

Según el Ideam (2014), la precipitación promedio de Medellín equivale a 1625 mm anuales. El municipio es aquel con mayor pluviosidad en el Valle de Aburrá y mayor humedad relativa (Corantioquia et al., 2016). El clima de Medellín, sin embargo, se considera templado-seco, con dos temporadas lluviosas y dos temporadas secas. Las temporadas lluviosas se concentran en los periodos de abril a junio y de septiembre a noviembre. Las temporadas secas por su parte se concentran en diciembre-febrero y de julio-agosto. Cabe resaltar que la menor cantidad de días con lluvias al mes se da en enero, mientras que en mayo y octubre puede llover hasta 24 días al mes. Las horas de radiación solar pueden variar entre 4 y 6 al día, dependiendo de la temporada (seca o húmeda). La mayor humedad relativa se presenta en los meses lluviosos con 73 %, sin embargo, no disminuye de 63 % en los meses secos.

5.5.2 Escorrentía y oferta hídrica

La escorrentía en el municipio suele ser estar alrededor de los 1000 mm anuales (Ideam, 2023). Esto significa que, con respecto a la precipitación, el nivel de escorrentía no es tan bajo, reflejando niveles de evapotranspiración y aridez moderados. Sin embargo, en condiciones extremas como años secos o húmedos, se puede evidenciar una alteración significativa de la escorrentía anual, como una disminución a alrededor de 300 mm en años secos y aumentar a entre 1500 y 2000 mm en años húmedos. Los meses con menor escorrentía se presentan en los meses con menor precipitación, siendo estos de diciembre a febrero y julio a agosto, mientras que los meses con mayor escorrentía se presentan a mitad de año en abril a junio y a final de año de septiembre a noviembre. La escorrentía mensual en las temporadas más secas se registra en alrededor de 20 mm mensuales o menos, mientras que en temporadas húmedas puede aumentar hasta a 80 mm mensuales. En años secos esta escorrentía mensual puede disminuir a 0-20 mm mensuales, mientras que en años húmedos la escorrentía mensual máxima corresponde a más de 200 mm. Esto significa que tanto la escorrentía como la oferta hídrica pueden variar significativamente dependiendo de las temporadas extremas en el mismo año o incluso en años con condiciones extremas.

En Medellín se ha registrado en la formulación del POMCA en el año 2017 un rendimiento de 58 l/s/km², siendo una oferta moderada, intermedia frente a municipios en el Valle de Aburrá (Corantioquia et al., 2016). La oferta depende proporcionalmente de la escorrentía y la precipitación, por lo que también se evidencian diferencias notables.

5.5.3 Índice de aridez y eventos de sequía

El índice de aridez reportado en el municipio de Medellín y en el Valle de Aburrá es relativamente bajo, representando valores moderados con algunos excedentes de agua o incluso con un valor entre 0.15 y 0.20, significando excedentes de agua según el reciente Estudio Nacional del Agua (Ideam, 2023). Este valor se asocia al índice de retención y regulación del recurso hídrico superficial que suele ser alto (con un valor alrededor de 0.80). Por lo tanto, se entiende que la regulación de caudales de las cuencas en la región suele ser altos. Estos valores sin embargo son estimados por región, ya que se toman los datos generalizados y ponderados de la SZH del río PORCE en el índice de retención y regulación. El POMCA del 2017 para la cuenca del río Aburrá reflejó en

su diagnóstico de igual manera una alta retención y regulación de la humedad en el municipio de Medellín y los municipios aledaños.

Por otro lado, en el departamento de Antioquia se presentan pocos eventos de sequía tanto en índices tenidos en cuenta por el Ideam en el estudio nacional del agua, como la escorrentía, precipitación y humedad del suelo, como en el índice multivariado sumando los tres factores. En general se reportaron de 6 a 10 eventos en índices univariados y menos de 4 eventos en los índices multivariados en un periodo de 24 meses. En el área específica del Valle de Aburrá, sin embargo, se refleja cierta vulnerabilidad a eventos de sequía especialmente en años secos o en temporadas extremas como el fenómeno del niño (como reportado en el Estudio Nacional del agua (Ideam, 2023) en los años 2016 y 2017). Aun así, tanto la ZH Nechí, como la SZH de Rio Porce, donde se ubica el Valle de Aburrá y el municipio de Medellín, no se presenta gran predisposición a eventos de sequía ni univariados ni multivariados.

Asimismo, se ha reportado una vulnerabilidad ante incendios forestales, especialmente en cuencas altas de fuentes hídricas. Esto se debe principalmente a cambios en la cobertura vegetal en estas cuencas generando menor retención de la humedad del suelo y también por el manejo ambiental que no se ha tenido en cuenta por parte de la población cercano a las zonas de riesgo. Este riesgo se reporta menor en algunas zonas rurales de Medellín, sin embargo, dentro del área urbana el riesgo es medio y en algunas zonas de montaña, especialmente en los municipios del norte del Valle de Aburrá el riesgo es elevado (Corantioquia et al., 2016).

5.5.4 Predisposición a eventos de desabastecimiento

La región del Valle de Aburrá y por ende el municipio de Medellín no cuentan con una alta predisposición a eventos de desabastecimiento según el Ideam (2023), por lo que no forma parte de los municipios con vulnerabilidad ante estos eventos si se tienen en cuenta las condiciones de otros municipios. Sin embargo, se presentan problemáticas por la disposición del recurso hídrico, especialmente relacionados a la presión por el índice de uso del agua elevado con el que cuenta el municipio.

El índice de uso del agua es muy alto, relacionando la oferta de las diferentes microcuencas de la región con la demanda hídrica efectiva. Esta presión es tan elevada que en temporadas secas puede generar incluso afectaciones a la calidad del agua (Corantioquia et al., 2016).

5.5.5 Inundaciones

A lo largo de la Cuenca del río Aburrá se presenta un riesgo medio de inundaciones en casi todos los municipios y en el territorio en general. Sin embargo, se reflejan algunas zonas de riesgo alto especialmente alrededor del río Medellín, debido a las crecientes súbitas, la variabilidad climática y los eventos extremos como el fenómeno de la niña (Corantioquia et al., 2016). En el POT del año 2014 (Acuerdo 48 de 2014 "Por Medio Del Cual Se Adopta La Revisión y Ajuste de Largo Plazo Del Plan de Ordenamiento Territorial Del Municipio de Medellín y Se Dictan Otras Complementarias" - Medellín Todos Por La Vida, 2014) de igual manera se establecieron algunas zonas con riesgos por inundaciones, con 2 categorías principales: zonas con condición de riesgo y otras zonas con riesgo alto no mitigable.

En los años pasados se han reportado diferentes casos de inundaciones en zonas urbanas de Medellín, principalmente en temporadas de lluvias. Principalmente infraestructura vial urbana como los pasos deprimidos han sido afectados por inundaciones (El País, 2023). En el municipio de Caldas en el área metropolitana se generaron afectaciones a infraestructura e inundaciones por fuertes lluvias, generando también bloqueos a vías de conexión con corregimientos (El Colombiano, 2023). Estas inundaciones son causadas principalmente por la transformación del territorio, como la deforestación y la impermeabilización del suelo para la construcción del suelo urbano, aumentando el flujo del agua de manera superficial y la disminución de la retención y la absorción del agua en el suelo (Redacción UdeA Noticias & Piedrahita Tamayo, 2023). El río Medellín, que cuenta con el mayor caudal dentro del Valle de Aburrá se ha visto más afectado por su canalización y transformación en el área aferente, lo cual ha generado afectación en infraestructura vial aledaña provocando accidentes graves y afectaciones a personas. Sin embargo, existen otros tipos de afectaciones provocadas por crecientes de fuentes

hídricas, aumento de la precipitación e inundaciones como las avenidas torrenciales y los movimientos en masa, que al igual que la transformación del territorio generando inundaciones, son efectos de problemáticas en usos del suelo conflictivos y planificación territorial.

5.5.5.1 *Avenidas torrenciales y movimientos en masa*

Las avenidas torrenciales son uno de los riesgos predominantes que se registran en el área tanto urbana como rural en la ciudad de Medellín. En el POT vigente (Acuerdo 48 de 2014 "Por Medio Del Cual Se Adopta La Revisión y Ajuste de Largo Plazo Del Plan de Ordenamiento Territorial Del Municipio de Medellín y Se Dictan Otras Complementarias" - Medellín Todos Por La Vida, 2014). Las zonas en riesgo se ubican principalmente sobre o alrededor de fuentes hídrica en la ciudad. Las condiciones de riesgo se categorizan en zonas con condiciones de riesgo, riesgo bajo, riesgo medio, riesgo alto mitigable y riesgo alto no mitigable. En el área de la ciudad de Medellín se encuentran pocas zonas de riesgo no mitigable, sin embargo, existen fuentes hídricas tanto al oriente como al occidente que cuentan con un riesgo alto dentro de las áreas urbanas. Sin embargo, la mayor parte de áreas con riesgo es de algunas condiciones de riesgo en fuentes hídricas afluentes al río Medellín. Las zonas de riesgo por avenidas torrenciales pueden ser objetos de reasentamiento y se prohíben las construcciones de múltiples edificaciones de distintos usos. Se pueden implementar parques urbanos siempre y cuando tengan un estudio detallado del fenómeno, estudios geotécnicos y sean propuestas que aporten a la mitigación de impactos y riesgos.

En cuanto a los movimientos en masa, se registra una amplia parte de las áreas urbanas que cuentan con niveles de riesgo considerables. Especialmente al occidente en la comuna de Villa Hermosa es donde se presentan la mayoría de las áreas en riesgo, de riesgo medio, alto e incluso alto no mitigable. En otras localidades al nororiente o al noroccidente se encuentran otras áreas de riesgo alto no mitigable, especialmente en zonas de ladera de montaña. Dentro del artículo 35 del POT se definen áreas para la mitigación de movimientos en masa especialmente en áreas naturales como parte de la Estructura Ecológica Complementaria. Estas áreas cuentan con planes de intervención para asegurar el correcto funcionamiento previo a riesgos detectados. Las causas principales de los movimientos en masa son la acumulación de lluvias, así como las pendientes presentadas alrededor de las fuentes hídricas. Por esto mismo, diferentes zonas de riesgo bajo y muy bajo cuentan con condiciones geomorfológicas de suelos blandos. Estas zonas pueden obtener licencias urbanísticas siempre y cuando se tengan en cuenta los lineamientos de la NSR-10 y el manejo ambiental en estas zonas. En zonas de riesgo medio se pueden presentar riesgos por lluvias y pendientes, pero también por intervención antrópica como usos agrícolas. Por esto mismo el manejo y el ordenamiento de los usos del suelo se vuelve fundamental en el manejo de estas zonas. Asimismo, si se quiere intervenir en estas zonas se debe contar con un estudio detallado del fenómeno presente. En el caso de las zonas de riesgo alto, la intervención antrópica tiene un impacto mayor en el riesgo general. Principalmente se consideran zonas de riesgo alto aquellas con remoción en masa previa o posterior a los eventos. Estas zonas también podrán contar con intervención y urbanización siempre y cuando se tenga un estudio detallado de los fenómenos y se limitan ciertos usos.

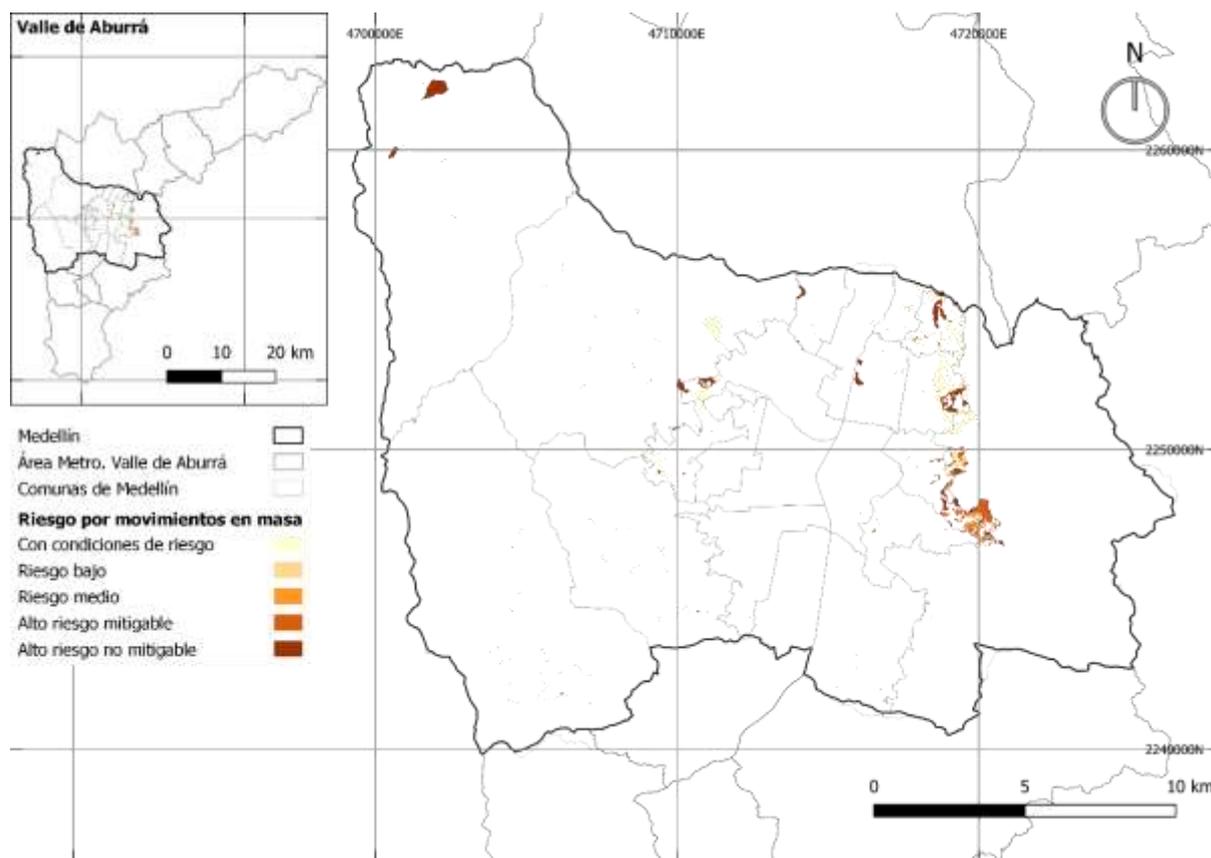


Figura 5-10 Áreas de riesgo por movimientos en masa. Fuente: Alcaldía de Medellín. Elaboración propia.

5.5.6 Vulnerabilidad ambiental y Proyecciones a 2040 y 2050

Aunque en relación con el recurso hídrico y las condiciones climáticas no se presenten grandes afectaciones (esto en comparación a otras regiones del país) la vulnerabilidad ambiental y el impacto de la transformación antrópica en áreas tan urbanizadas como lo es la ciudad de Medellín y el Valle de Aburrá, así como los impactos por el cambio climático se hacen presentes en otros campos.

La vulnerabilidad ambiental registrada en el Ideam para el año 2040 (Ideam, 2020) depende de las zonas de la ciudad. En grandes extensiones del área urbana de la ciudad y en el Valle de Aburrá la vulnerabilidad resulta siendo media. Sin embargo, existen zonas en las cadenas montañosas orientales y occidentales que presentan una vulnerabilidad alta. Esto se debe principalmente a afectaciones por cambios en la cobertura vegetal, lo que ha aumentado el riesgo y deterioro del espacio natural (Corantioquia et al., 2016). Asimismo, existe una disputa importante por los usos del suelo en el territorio. 35,28 % del territorio de la cuenca del río Aburrá se encuentra en un estado de sobreexplotación severa del suelo. En el caso de la ciudad de Medellín no se presenta tanta sobreexplotación, sin embargo, una gran porción del territorio se encuentra dentro del rango de sobreexplotación moderada. Esta sobreexplotación ha generado problemáticas como la deforestación, que se refleja en 60% de la cuenca. Asimismo, se presentan casos importantes de erosión en los suelos y baja fertilidad por ganadería extensiva.

Aunque no existan problemas por eventos de sequía, desabastecimiento o aridez, si se presenta un conflicto por la presión sobre el uso del recurso hídrico en gran parte de la cuenca. En la ciudad de Medellín se presenta un conflicto alto del recurso hídrico, ligado a la alta demanda con respecto a la oferta hídrica y a la pérdida de aptitud de uso por contaminación. Esto es evidencia sobre todo en fuentes de abastecimiento veredales donde el conflicto por el recurso hídrico según el POMCA es alto. Teniendo en cuenta la expectativa de aumento de la demanda hídrica para los diferentes sectores como agropecuario, agrícola, residencial e industrial (donde en los

primeros dos casos se vería un aumento de más del 60 % para el año 2040) se debe tener en cuenta esta problemática (Ideam, 2023).

Por otro lado, existe una vulnerabilidad importante reflejada en la pérdida de ecosistemas principales y su cobertura en la cuenca. Solo el 28 % de la cuenca se encuentra con cobertura vegetal y de bosques, cuando se recomienda que el 70 % lo tenga, especialmente en zonas de alta montaña y zonas a rededor de las fuentes hídricas. Esto debido a que funcionan como sistemas de protección ante procesos erosivos. 60 % del territorio se encuentra en un nivel de criticidad alto en las coberturas naturales. Adicional a esto, se tiene en cuenta que, como mencionado anteriormente, la cobertura de bosques importantes para la protección de ecosistemas se ha ido perdiendo debido a procesos de deforestación (ver 5.4.4.).

5.6 Recursos ecosistémicos

5.6.1 Usos del agua

Al tratarse de un área urbana con una gran diversidad de usos y actividades económicas, se evidencia una alta demanda del recurso hídrico en diferentes sectores. La demanda total del recurso hídrico en el municipio de Medellín correspondía a una categoría alta en el año 2021, con un valor entre 39 y 105 millones de m³ al año. Se encuentra dentro de la categoría de los municipios con mayor demanda hídrica en el país (SSPD, 2023). Al ubicarse dentro del rango de altura ente 1000 y 2000 m.s.n.m, se considera según la SSPD que el consumo básico por suscriptor equivale a 13 m³ mensuales. Sin embargo, el consumo promedio por suscriptor en Medellín se ubica por debajo de los 12 m³ por mes, es decir, entre el rango más bajo.

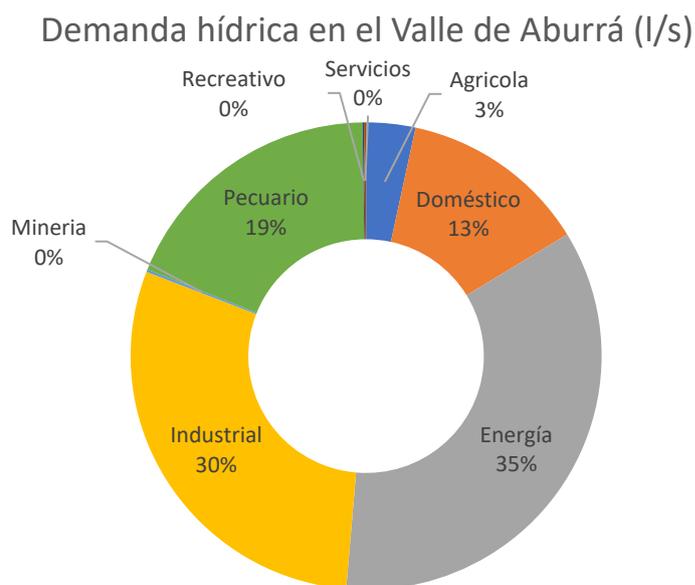


Figura 5-11 Demanda hídrica en el Valle de Aburrá por sectores. Fuente: POMCA 2017. Elaboración propia.

En total se registra una demanda hídrica de 5765,01 l/s en todo el Valle de Aburrá. La mayor participación de la demanda se encuentra en el sector de energía, con 2021,62 l/s, abarcando el 35 % de la demanda total. Esto equivale a un porcentaje mayor a la demanda de este sector a nivel nacional, que proporcionalmente equivale a cerca del 5 %. La segunda mayor demanda se presenta en el sector industrial, con 1701,76 l/s (29,5 %), seguido del sector pecuario con 1078,79 l/s, el sector doméstico con 744,36 l/s y el sector agrícola con 194,58 l/s (Corantioquia et al., 2016). La distribución por sectores es diferente a los porcentajes de la demanda nacionales, ya que el sector pecuario, industrial o de energía suelen ser minoritarios, mientras que en esta región resultan siendo los sectores con mayor demanda. Asimismo, es sector agrícola que suele tener mayor demanda, en este

caso es un valor menor. Esto se debe principalmente a las diferencias entre la demanda a nivel nacional y la de un área urbana con actividades específicas como en el caso de Medellín y el Valle de Aburrá.

Sin embargo, como mencionado anteriormente, se evidencia una alta presión sobre el recurso hídrico en la región. El índice del uso del agua es muy alto, teniendo en cuenta la relación oferta-demanda. Este valor se presenta especialmente en las microcuencas al rededor del río Medellín en el municipio de Medellín. En años secos, se puede evidenciar un índice muy alto y moderado en gran parte de Medellín, y muy alto y alto en el Valle de Aburrá. Sin embargo, el riesgo por vulnerabilidad al desabastecimiento suele ser bajo o medio, dependiendo de la microcuenca. En temporadas secas este indicador suele aumentar a medio en gran parte del territorio de Medellín.

5.6.2 Calidad del Agua

En un área tan altamente urbanizada y con usos del suelo de alto impacto se han evidenciado vertimientos de excretas. El aumento de la urbanización ha generado el deterioro de la calidad del agua en el Valle de Aburrá a largo plazo, incluso detectando una coloración en el río Medellín en zonas cercanas a las industrias por vertimientos industriales (Corantioquia et al., 2016). Asimismo, se registran detecciones de vertimientos directos de residuos o aguas residuales urbanas a las quebradas afluentes al río Medellín. También se han registrado causas de contaminación como la actividad minera que resulta en vertimiento de sólidos finos en las corrientes, aumento de concentración de materia orgánica no biodegradable por vertimiento de aguas industriales de sectores químicos como tanto como textiles, contaminación de agua por mal funcionamiento de pozos sépticos o concentraciones elevadas de materia orgánica y sólidos suspendidos por falta de tratamiento de aguas residuales vertidas en áreas cercanas a fuentes hídricas y por actividades agropecuarias.

El río Medellín en sí presenta una Calidad del agua buena en su nacimiento en el municipio de Caldas. Sin embargo, en el municipio de la Estrella y en Itagüí, solo se logra reducir en un 50 % la carga orgánica vertida al río en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Por esto mismo, la calidad del agua en este punto se registra como regular. El panorama empeora cuando el río atraviesa el municipio de Envigado, Medellín y Bello, donde se registra una calidad del agua muy mala (Universidad de Antioquia & AMVA, 2016). Esto se debe principalmente a la atomización de actividades industriales en zonas aisladas, sin contar con un sistema adecuada para la demanda de la zona y con la calidad de la infraestructura de red de colectores actuales.

El Estudio Nacional del Agua (Ideam, 2023) refleja la presencia de diferentes contaminantes en indicadores como el carbono orgánico, nitrógeno amoniacal, oxígeno disuelto y sólidos suspendidos. En los 4 indicadores, se presentan altas concentraciones en el área de Medellín y en sus fuentes hídricas. En cuanto al carbono orgánico, se presenta una concentración de entre 5 y 10 mg/L, mientras que en nitrógenos amoniacal se presenta una concentración de alrededor de 0,5 mg de N-NH₃/l, siendo el contaminante con menor concentración en esta región. Por otro lado, el oxígeno disuelto presenta una concentración de más de 6 mg de O₂/l, y en cuanto a sólidos totales existe una concentración de entre 100 y 500 mg/l.

El índice de alteración de calidad del agua igualmente es elevado, incluso muy alto en el municipio de Medellín. En ese indicador se presenta una alteración especialmente en temporadas de condiciones extremas como años secos, reflejando la calidad de carga de los contaminantes según el caudal en estas temporadas. Por esto mismo se requiere una atención especial a las condiciones de calidad del agua y el manejo de esta.

5.6.3 Infraestructura y manejo del Agua

En el municipio de Medellín se encuentran diferentes tipos de infraestructura relacionada con el manejo del agua. Entre estos se encuentran la infraestructura relacionada a la generación de energía, al abastecimiento de agua, a la potabilización y al tratamiento de aguas residuales.

En primer lugar, existe el embalse de Piedras Blancas que se utiliza para 3 fines, siendo estos el ocio y la recreación como parque ecológico, el abastecimiento de agua para el acueducto veredal y la generación de energía a una escala menor. En el año 1958 se limitó su capacidad de generación a 5-10 MW teniendo en cuenta que quedó en

desuso por la construcción de nuevas centrales hidroeléctricas con mayor capacidad (EPM, 2023a). Hoy en día el parque se utiliza en mayor medida para la recreación y la visita en el parque ecológico aledaño al embalse.

En segundo lugar, existen diferentes fuentes de abastecimiento para la ciudad de Medellín. La empresa de servicios públicos EPM administra 5 cuencas abastecedoras en total para la ciudad de Medellín, siendo estas la quebrada Manguala, la quebrada Larga, la quebrada La Despensa, la quebrada Doña María y la quebrada Aguas Frías. La fuente de abastecimiento equivale a una toma superficial de fondo, y todas las quebradas cuentan con fuentes complementarias de abastecimiento (Ideam, 2023). La fuente con mayor rendimiento es quebrada Doña María con 16,31 l/s, sin embargo, también es la fuente con mayor rendimiento de sedimentos reflejando un rendimiento muy alto. Todas las otras fuentes reflejan un rendimiento mucho menor, con menos de 2,5 l/s. Por otro lado, todas las fuentes de abastecimiento reflejan altos excedentes de agua en su índice de aridez y solo se presentan eventos de sequías excepcionales.

La potabilización se da en diferentes plantas de potabilización dentro del municipio de Medellín. Existen diferentes plantas de potabilización que se encargan de abastecer acueductos veredales y de algunas comunas. En total se registran 29 plantas de potabilización que son administradas por juntas de acción comunales y empresas pequeñas (Acuerdo 48 de 2014 "Por Medio Del Cual Se Adopta La Revisión y Ajuste de Largo Plazo Del Plan de Ordenamiento Territorial Del Municipio de Medellín y Se Dictan Otras Complementarias" - Medellín Todos Por La Vida, 2014). En cuanto a plantas de potabilización de mayor tamaño aportantes al sistema interconectado del acueducto, estas son administradas por la EPM y son 13 plantas en total. La planta con mayor aporte al sistema es la planta de Potabilización La Ayurá, con un rendimiento de 9,2 m³/s de potabilización. A esta planta le siguen las plantas Villa Hermosa y Manantiales (EPM, 2023b). Estas plantas se ubican en diferentes municipios del Valle de Aburrá aportando al sistema interconectado de toda la región.

El tratamiento de las aguas residuales se da por medio de la PTAR Santa Elena dentro de los límites del Municipio (SSPD, 2019). Esta PTAR sin embargo sirve al corregimiento de Santa Elena, siendo una PTAR veredal con un rendimiento de más de 10.000 l/s de aguas tratadas (Ospina Zapata, 2015). La PTAR Aguas Claras ubicada en el municipio de Bello se encarga de gran parte del tratamiento de aguas residuales en el área metropolitana del Valle de Aburrá. Cuenta con un rendimiento de 4.060 l/s de aguas tratadas, siendo la segunda PTAR con mayor caudal depurado del país (SSPD, 2023). Esta PTAR es la única del país con tratamiento de lodos activados y también cuenta con un sistema de secado térmico de los residuos sólidos remanentes para hacer más eficiente su disposición final (AMVA, 2019b). Junto con la PTAR de San Fernando en el municipio de Itagüí evitan el vertimiento de 140 toneladas de materia orgánica al río Medellín.

5.6.4 Acueducto

La cobertura del sistema de acueducto es muy elevada a comparación de otros municipios en el país. Tanto en Medellín como en otros municipios del Valle de Aburrá se reporta una cobertura del sistema de acueducto de más del 90 % (SSPD, 2023). La red en total en el Valle de Aburrá administrada por EPM equivale a 3580 km (EPM, n.d.) y se cuenta con una cobertura en el 100 % del área urbana. Incluso gran parte de las áreas rurales cuentan con una cobertura suficiente del servicio de acueducto alimentado en parte por fuentes de abastecimiento veredales.

El sistema cuenta con una continuidad de más de 23 horas, por lo que se considera un sistema con buena continuidad (SSPD, 2023). Asimismo, se registra un índice de riesgo potencial de calidad del agua para el consumo humano sin riesgo alguno tanto en áreas rurales como urbanas, por lo que la calidad del servicio se considera adecuada.

5.6.5 Alcantarillado

El servicio de alcantarillado, al igual que el sistema del acueducto, presenta una cobertura elevada a comparación de otras regiones del país. En el Valle de Aburrá, se registra una cobertura mayor a 90 %, y en los otros municipios no es menor al 75% (SSPD, 2023). La red en total de acueducto equivale a 4367 kilómetros para recolección y

transporte de aguas residuales, contando igualmente con un 100 % de cobertura en las áreas urbanas del Valle de Aburrá (EPM, n.d.).

Tanto la red de acueducto como de alcantarillado cuentan con sistemas de redes matrices y redes complementarias. Estas se ubican principalmente subterráneas debajo de la infraestructura vial, y en el caso del alcantarillado son dirigidas y vertidas al río Medellín.

5.7 Síntesis

El Municipio de Medellín presenta condiciones particulares al ser un área urbana y encontrarse en un área metropolitana con dinámicas económicas, sociales y ambientales tan complejas, tanto sensibles a la intervención antrópica, como la sociedad sensible a las condiciones ambientales y ecosistémicas. Asimismo, es un territorio con una complejidad en los usos del suelo que ha llevado a unas dinámicas particulares y propias de una aglomeración urbana de importancia nacional e internacional. Su relación con el ordenamiento territorial y la sostenibilidad se ha convertido en una bandera de la planificación, siendo también un resultado de problemáticas constantes relacionadas al manejo ambiental y a la transformación del territorio.

En primer lugar, cabe resaltar el carácter tanto rural como urbano de Medellín. La mayoría del territorio se encuentra cubierto por áreas rurales, con actividad agrícola y con áreas protegidas o de importancia ecosistémica. Sin embargo, el impacto de las áreas urbanas y sus usos es evidente. Teniendo en cuenta las necesidades de un desarrollo sostenible en el ámbito urbano, el POT reciente considera la mixtura de usos del suelo y diferentes estrategias para mejorar la calidad del ambiente natural, proteger las fuentes hídricas y fortalecer la oferta de servicios ecosistémicos, mientras se fortalece el borde entre lo urbano y lo rural y se genera una ciudad compacta con mayor ocupación del suelo y mejor aprovechamiento de este. El POMCA de igual manera plantea resolver diferentes problemáticas asociadas al recurso hídrico, manejo ambiental y ordenamiento de usos conflictivos en el territorio. Estas dos herramientas de planificación cuentan con una articulación y con fines similares.

Entre objetivos del ordenamiento es la organización de los usos del suelo. Estos resultan en gran medida conflictivos con el área natural al reflejar una gran transformación, especialmente por actividades industriales de medio y alto impacto, el área urbana extensa y densa y también algunas actividades extractivas. Estas áreas transformadas representan gran parte del territorio del municipio y del Valle de Aburrá, significando una alta demanda de recursos e impactos sobre los ecosistemas.

La conformación del sistema hídrico de igual manera es fundamental para la comprensión del territorio. Las fuentes hídricas abundantes, naciendo en las montañas alrededor de Medellín y contando como eje central y cuenca principal el río Medellín, son a su vez gran parte de la estructura ecológica misma, siendo los elementos principales y claves de diferentes áreas naturales, mientras son a su vez dependientes de la configuración y el estado de la cobertura vegetal que presenta diferentes problemáticas en los recientes años. Los cuerpos de agua lénticos no son abundantes, sin embargo, se encuentran diferentes cuerpos de agua artificiales que se han convertido en parte de la estructura ecológica. Asimismo, existen extensiones de zonas inundables alrededor del río Medellín, que no solo han sido transformadas, sino que se han convertido en un riesgo latente ante fenómenos de condiciones extremas de precipitación generando inundaciones en infraestructuras.

Para la protección de los ecosistemas tanto en el área urbana como rural se han establecido diferentes áreas protegidas en escalas nacional-regional o metropolitana, centrándose especialmente en bosques de montaña, fuentes hídricas y reservas forestales. Estas cuentan con una limitación de usos, especialmente aquellas de orden nacional ubicadas en las montañas orientales y occidentales. Asimismo, existen zonas inundables alrededor de fuentes hídricas que deben ser tenidas en cuenta para su conservación. Por otra parte, la ciudad cuenta con diferentes corredores ecológicos dentro del área urbana cuya función es la conectividad entre los grandes elementos de la estructura ecológica. De nuevo, las fuentes hídricas son en gran medida los ejes principales de los corredores de conectividad, que generan una red compleja de áreas naturales en Medellín con un manejo especial establecido. Los avances en la protección de espacios naturales, reservas, bosques, quebradas y cuencas y también los corredores al interior de la ciudad son fundamentales, teniendo en cuenta la pérdida de cobertura

vegetal traída por la sobreexplotación, conflictos en los usos del suelo y deforestación. Esta es una problemática latente en la ciudad al afectar también las condiciones de las fuentes hídricas y la capacidad de mitigación de riesgos por desastres e impactos del cambio climático.

Las condiciones climáticas de la ciudad no presentan tantas problemáticas como en otras regiones del país. La precipitación general y la escorrentía reflejan un índice de aridez bajo y una ausencia de problemáticas por sequías recurrentes. Asimismo, la oferta hídrica suele ser menor en diferentes partes del país que en Medellín. Sin embargo, algo a lo que la ciudad sí encuentra cierta vulnerabilidad es en el impacto de las condiciones extremas. Con una demanda tan elevada del recurso se encuentra que en condiciones de sequía se pueden presentar alteraciones grandes en la oferta hídrica, y en condiciones extremas de lluvia se pueden presentar diferentes tipos de afectaciones por inundaciones. Gran parte del área urbana se encuentra en diferentes zonas de riesgo, sea por incendios forestales en condiciones de sequía, o por movimientos en masa, avenidas torrenciales y crecientes súbitas en diferentes partes de la ciudad. Con la transformación del territorio y la pérdida de cobertura vegetal se ha visto cada vez más la imposibilidad de mitigación de los impactos generados por el cambio climático y las condiciones extremas.

La vulnerabilidad ambiental se presenta por ende en diferentes factores. La pérdida de capacidad de mitigación de impactos, la transformación del territorio, las condiciones de los elementos naturales como fuentes hídricas y los conflictos por los usos del suelo y la demanda de recursos.

La misma condición de los usos del agua presenta una vulnerabilidad ambiental a futuro. La relación oferta-demanda refleja una presión importante sobre el recurso y una vulnerabilidad hídrica importante. La demanda se compone de usos diversos, entre esos mayoritariamente la generación de energía, industria y actividades pecuarias. Esto significa que actividades económicas de alto impacto generan una fuerte demanda sobre los recursos de las fuentes de abastecimiento en el territorio. La presión aumenta si se tiene en cuenta la alteración de la calidad del agua y la erosión o rendimiento de sedimentos (generados por intervención antrópica) que dificultan la disponibilidad real y la usabilidad del agua. La calidad del agua en diferentes fuentes hídricas, especialmente el río Medellín suelen ser malas, aun contando con diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales. El impacto de actividades económicas pesadas y mal manejo de aguas residuales sigue generando un impacto reflejado en la presencia de diferentes contaminantes y pérdida de la capacidad de carga del río.

Por otro lado, se tiene en cuenta que en cuestión de infraestructura para el recurso hídrico la ciudad cuenta con una amplia red y cobertura tanto de alcantarillado, como sistemas de potabilización y acueducto, incluso en las áreas rurales.

Como mencionado, las dinámicas complejas de un área urbana como Medellín han propiciado un territorio con tantas actividades que han generado un impacto significativo sobre el entorno y los ecosistemas. La constante demanda de recursos, la disputa por los usos del suelo, la intervención antrópica y la resiliencia ante riesgos, son problemáticas que se presentan desde hace décadas y que diferentes organismos, entidades y en general el municipio ha tratado de mitigar con diferentes estrategias. Sin embargo, se debe seguir teniendo en cuenta el ordenamiento territorial a favor del desarrollo sostenible para evitar futuros conflictos por usos del suelo, alteración del entorno natural y mayor transformación, mientras se mantiene el potencial de las actividades económicas complejas e importantes con las que cuenta el distrito de ciencia, tecnología e innovación que es Medellín. Una ciudad como estas, siendo un polo de desarrollo en el país cuenta con unas oportunidades en materia de estrategias de mitigación de los impactos de la urbanización y manejo de recursos.

Recursos como aquellos relacionados con las necesidades, las dinámicas y los procesos dentro de la seguridad alimentaria de igual manera son importantes en el municipio de Medellín, tanto para la demanda de alimentos de la aglomeración urbana como para el desarrollo sostenible del área rural en Medellín, que debe ser tenida en cuenta. Las dinámicas urbano-rurales son importantes para analizar un camino hacia el desarrollo sostenible, por lo que a continuación se generará una revisión del estado de los sistemas agroalimentarios en Medellín.

6. Sistemas agroalimentarios

En esta sección, se presenta una revisión de los sistemas agroalimentarios en Medellín. Se abordan aspectos fundamentales como el uso del suelo, las prácticas agropecuarias que se realizan en la región y la actividad agroindustrial. Asimismo, se lleva a cabo un análisis de la seguridad alimentaria, con énfasis en la problemática de la pérdida y desperdicio de alimentos. Esta revisión se complementa con un análisis de las perspectivas de desarrollo del sector agropecuario en la ciudad, con el objetivo de brindar una visión integral de la dinámica agroalimentaria local e identificar oportunidades para fortalecer la sostenibilidad en este sector.

6.1 Usos del suelo

Según el último informe de la Unidad de Planeación Rural (UPRA) sobre la frontera agrícola nacional, se estima que el 68,2 % del territorio del municipio de Medellín está compuesto por bosques naturales y áreas no agrícolas. Adicionalmente, el 28,4 % se destina a las actividades agropecuarias y el restante 3,4 % corresponde a zonas de exclusión legal (SIPRA, 2023b). Entre las exclusiones legales se pueden encontrar el Cerro el Volador y la Reserva Forestal Río Nare. En la figura 6-1 se presenta la distribución de la frontera agrícola en Medellín.

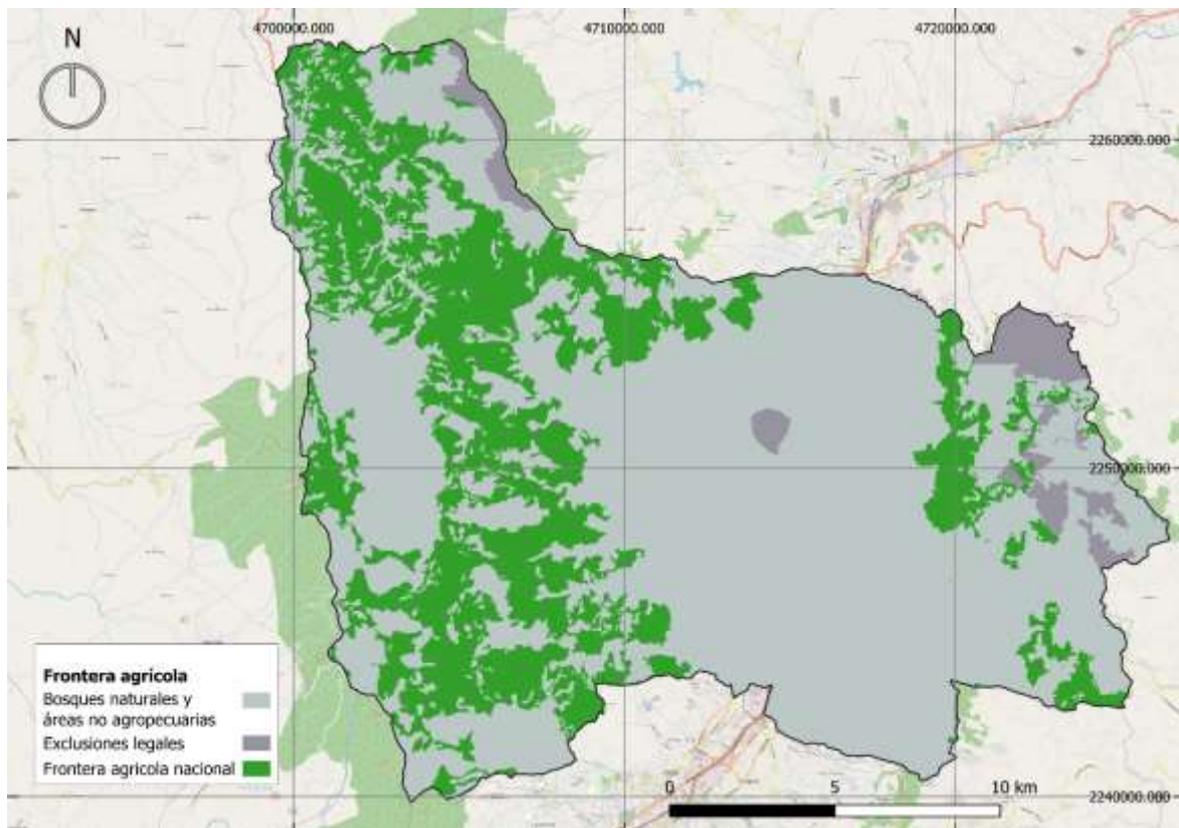


Figura 6-1. Frontera agrícola de Medellín. Fuente: (SIPRA, 2023b). Elaboración propia

El municipio cuenta con 5 corregimientos que corresponden a su zona rural: Altavista, San Antonio de Prado, San Cristóbal y San Sebastián de Palmitas al occidente de la ciudad, y Santa Elena al oriente. En el 2019 se estableció el Distrito Rural Campesino (DRC), un instrumento que permite la planificación e implementación de proyectos agrícolas, agropecuarios y de infraestructura con un enfoque social y territorial, incentivando la actividad productiva, económica y permanente en el territorio.

Esta reglamentación permite fortalecer la producción sostenible y la seguridad alimentaria de más de 2.000 productores agropecuarios distribuidos en los cinco corregimientos. Esto incentiva la vida y el trabajo campesino en un área de 10.263 hectáreas, que representa el 39% del suelo rural de los corregimientos. Como parte de las acciones proyectadas, se incluyen iniciativas relacionadas con la innovación en el sistema de abastecimiento agroalimentario sostenible, el mejoramiento de la vivienda, el alumbrado público, la participación productiva de

la mujer rural y la juventud, así como la identificación de nuevos mercados para los productos agropecuarios, entre otros aspectos (Velásquez, 2023). En la figura 6-2 se muestra la distribución del DRC en los corregimientos de Medellín.

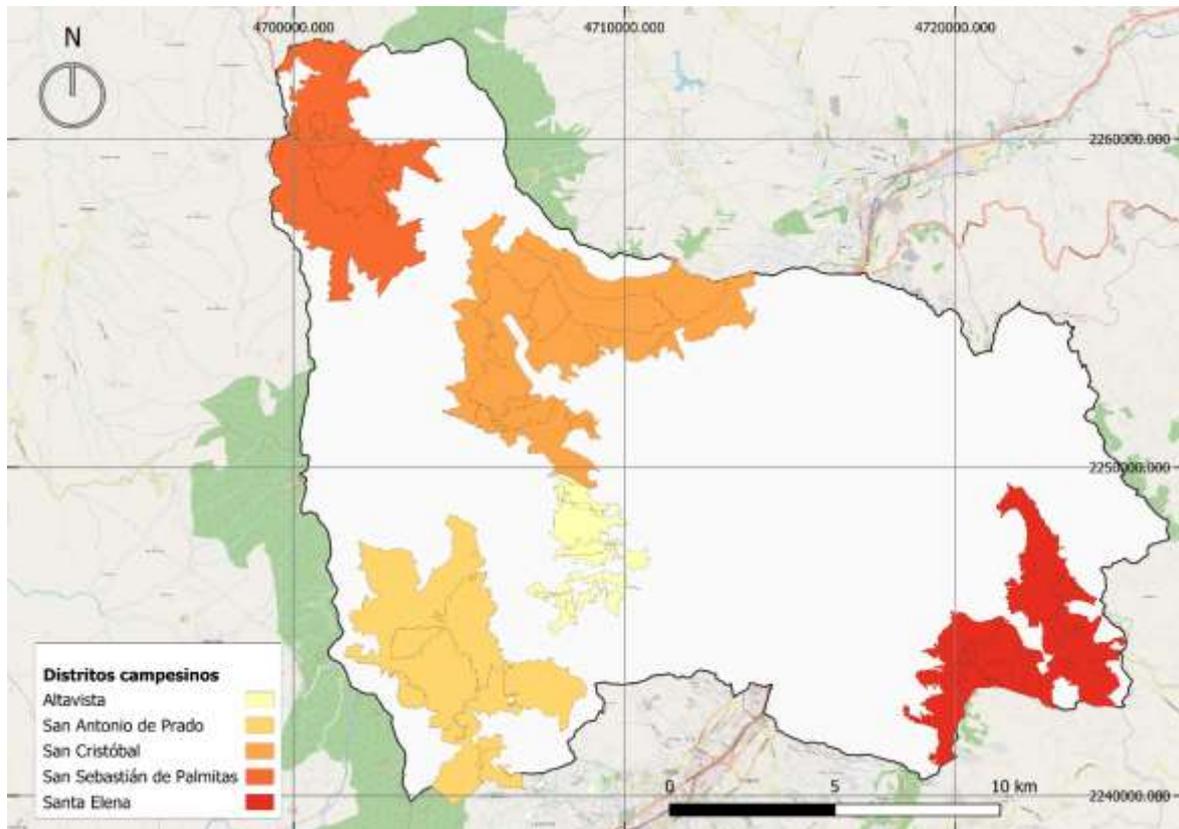


Figura 6-2. Distribución del Distrito Rural Campesino en Medellín. Fuente: (Alcaldía de Medellín, 2023). Elaboración propia

El suelo rural de la región presenta diversas aptitudes para el desarrollo de distintas actividades agropecuarias. Se destaca la capacidad para las plantaciones forestales, que abarca el 49 % del territorio. Además, se registran aptitudes para la producción avícola en el 33 % de la región, seguido por el cultivo de gulupa (29 %), la cría de cerdos en granjas (25 %), el cultivo de aguacate (24 %), pimentón (23 %), cebolla bulbo (22 %), producción de pastos estrella (21 %), así como la cría de trucha en estanques de tierra en el 20 % del territorio. Otros cultivos y actividades también encuentran condiciones favorables en ciertas zonas de la región, lo que refleja la diversidad y potencialidad del suelo para la agricultura y la ganadería (SIPRA, 2023a).

6.2 Producción de alimentos

La producción agropecuaria en Medellín se concentra principalmente en los cinco corregimientos que conforman su área rural, complementándose con las actividades llevadas a cabo en las huertas urbanas de la ciudad. Se estima que la estructura parcelaria es: 70 % actividades agrícolas, 14 % agropecuario, 11 % pecuario y 5 % forestal (Ruta Medellín & Alcaldía de Medellín, 2022). En esta zona, el cultivo de café, plátano, hortalizas y frutales, junto con la cría de aves y porcinos, son las actividades predominantes.

Como parte del departamento de Antioquia, se ha identificado que el éxito de la producción agrícola en Medellín puede estar relacionado con el adecuado manejo de los insumos agropecuarios, condiciones climáticas favorables y la aplicación de buenas prácticas agrícolas (DANE, 2020). La aplicación de estos principios no solo asegura la calidad y cantidad de los productos agrícolas, sino que también promueve la sostenibilidad y contribuye a la seguridad alimentaria de esta región.

6.2.1 Producción agrícola

En 2022, fueron sembradas 1.710 ha, lo que corresponde al 0,4 % del área sembrada en Antioquia y el 0,03 % del área sembrada a nivel nacional. Se registra que el 56,4 % del área sembrada corresponde a cultivos permanentes, entre los que predomina el cultivo de café con 420,9 ha, seguido por el cultivo de plátano, mora, caña panelera y fresa. Los cultivos transitorios corresponden al 43,6 % y en esta categoría se encuentran los cultivos de cebolla de rama con 292,9 ha, seguido por hortalizas, papa y lechuga. La figura 6-3 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 el apio, la mandarina, la col, la naranja y el brócoli, entre otros (UPRA, 2022).

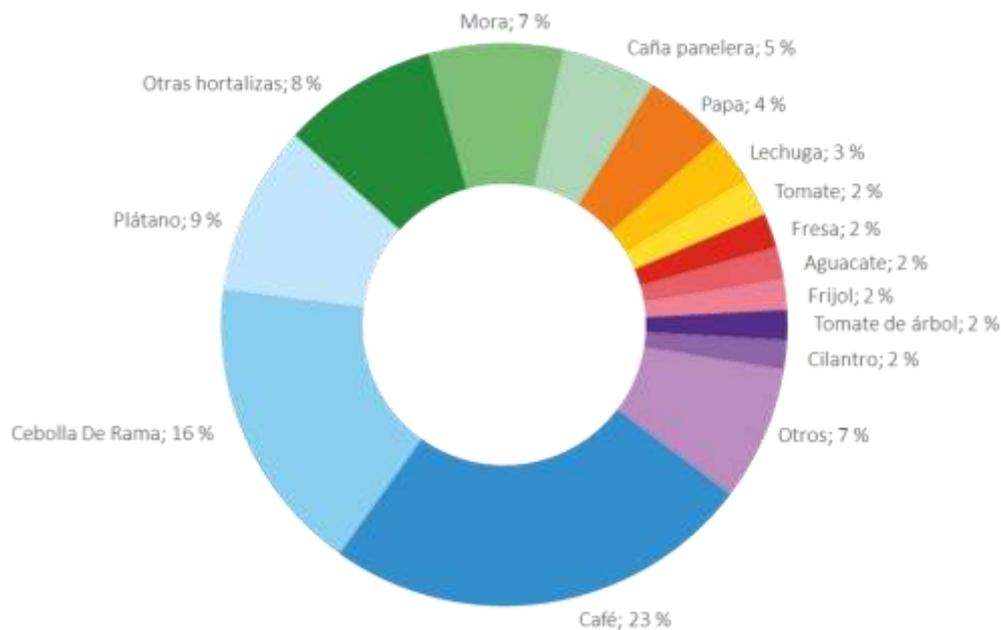


Figura 6-3. Porcentaje del área sembrada de los principales cultivos en Medellín. Fuente: (UPRA, 2022). Elaboración propia

En 2022, la producción agrícola alcanzó alrededor de 20.477 toneladas, lo que representa el 0,03 % de la producción nacional. La caña panelera lidera esta producción con 4.632 toneladas, seguida por la cebolla de rama con 4.030,6 toneladas y el tomate con 4.030,4 toneladas. La figura 6-4 muestra el área sembrada, el área cosechada y la producción de los principales cultivos de Medellín. Entre estos cultivos, el tomate, el brócoli y la caña panelera presentan los mejores rendimientos con aproximadamente 110 t/ha, 64 t/ha y 60 t/ha, respectivamente. Les siguen el cultivo de repollo con 30 t/ha y la coliflor con 20 t/ha (UPRA, 2022).

En cuanto a las actividades poscosecha, se registra que aproximadamente el 16 % de las parcelas realizan algún tipo de almacenamiento de los alimentos. Además, se emplean procesos de selección en el 47 % de las parcelas, y en general se llevan a cabo actividades de lavado, empaque y transporte (Ruta Medellín & Alcaldía de Medellín, 2022).

Por otro lado, se han identificado tres distritos de riego en el territorio, ubicados en las veredas El Llano y El Uvito, en el corregimiento de San Cristóbal, que abarcan una extensión de 263 hectáreas destinadas al cultivo de flores, hortalizas, frutales, aromáticas y tubérculos. Además, se encuentra otro distrito en la vereda La Aldea, en el corregimiento de San Sebastián de Palmitas, que cubre 50 hectáreas utilizadas para el cultivo de caña, café, hortalizas, tomate, plátano y pastos (*Distritos de Riego activos*, 2023).

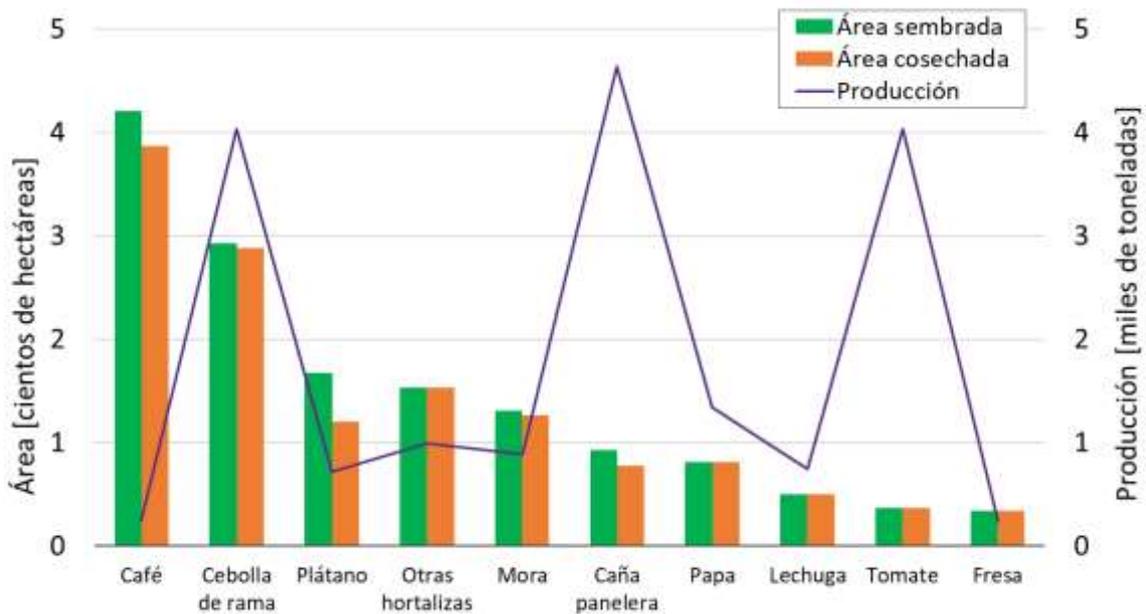


Figura 6-4. Área sembrada, área cosechada y producción agrícola en Medellín durante el 2022. Fuente: (UPRA, 2022).
Elaboración propia

En el ámbito urbano de Medellín, se llevan a cabo prácticas de agricultura urbana que buscan promover la sostenibilidad y participación comunitaria. La ciudad cuenta con una red de huerteros comprometidos en la creación de espacios alternativos y colaborativos, donde se fomenta la reflexión sobre la multifuncionalidad de la agricultura urbana a través del intercambio de conocimientos y experiencias (Red de huerteros de Medellín, 2023).

Como respaldo a estas iniciativas, el Jardín Botánico de Medellín ha establecido un laboratorio de agricultura urbana. Este es un espacio de aprendizaje experimental dedicado a la investigación y el desarrollo de nuevas prácticas agroecológicas. Su objetivo es fortalecer el conocimiento sobre la agricultura urbana y contribuir al bienestar de la comunidad con la implementación de técnicas innovadoras (Jardín Botánico de Medellín, 2024).

La mayoría de las huertas pertenecen al sector civil (comunitarias 19%, personal 24%, familiar 12% y de organizaciones sociales 6%), para un total de 61%, seguidas por las huertas de origen institucional 31% y las privadas 7%. En estos espacios se cultivan una amplia variedad de plantas, que incluyen aromáticas, hortalizas, ornamentales, frutales y polinizadores. Se estima que el 15 % de las huertas usan productos industriales o comerciales para el manejo de plagas, mientras el 85 % opta por métodos orgánicos y naturales, como la alelopatía y biopreparados, para el control de plagas de forma sostenible (Restrepo et al., 2020).

Adicionalmente, el 83 % de las huertas generan su propio abono a través de lombricultivos, paca digestora (técnica de fermentación controlada con poco oxígeno) y/o compostaje. Incluso algunas huertas se especializan en la producción de pacas digestoras, las cuales se distribuyen alrededor del territorio y se integran con las demás huertas de producción de alimentos para gestionar los residuos de manera eficiente (Flechas, 2023; Restrepo et al., 2020). La distribución de las huertas urbanas en Medellín se presenta en la figura 6-5, donde se distinguen las huertas de producción de alimentos, las huertas dedicadas exclusivamente a la producción de pacas y las huertas que realizan ambas actividades.

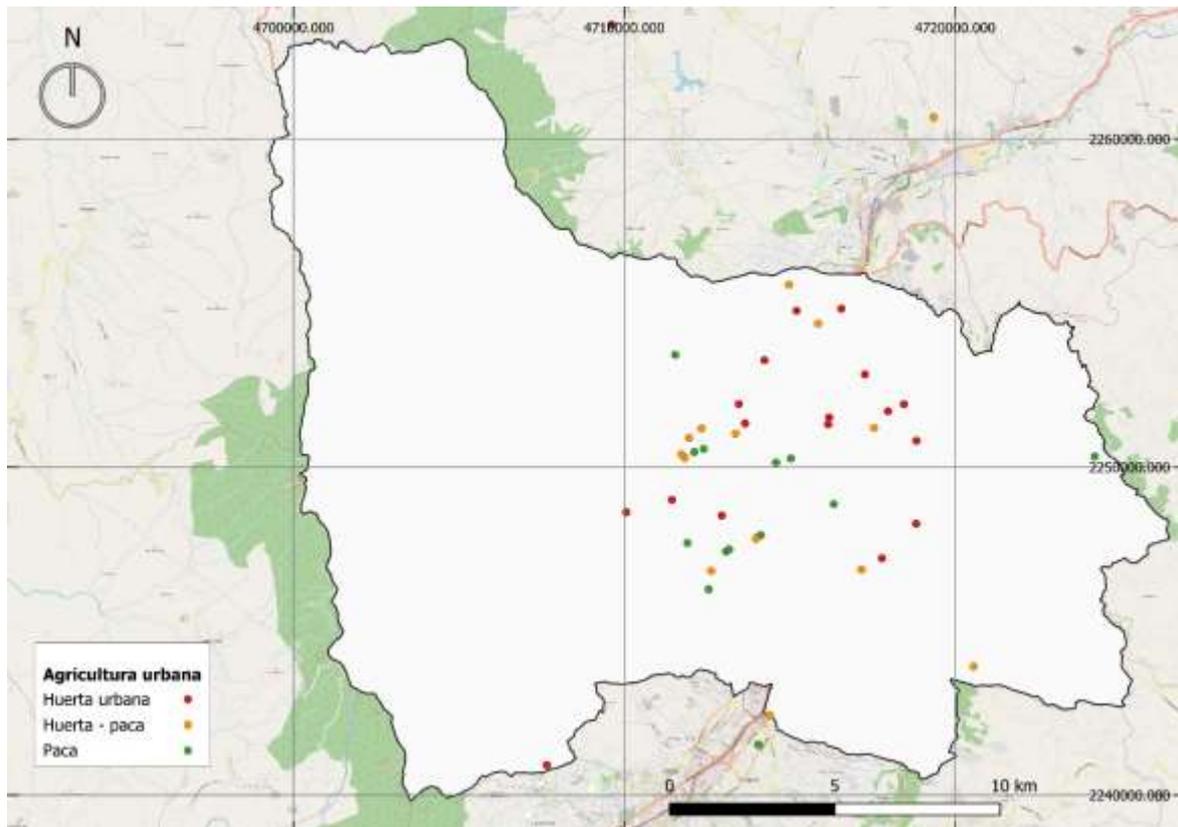


Figura 6-5. Distribución de huertas urbanas y pacas digestoras en Medellín. Fuente: (Red de huerteros de Medellín, 2023). Elaboración propia

6.2.2 Producción pecuaria

La producción pecuaria en Medellín está centrada en la avicultura, como se refleja en la figura 6-6, que presenta el porcentaje de animales por especie. En 2022, se contabilizaron alrededor de 1,05 millones de animales, lo que corresponde al 6 % del total en Antioquia y el 0,4 % del total nacional.

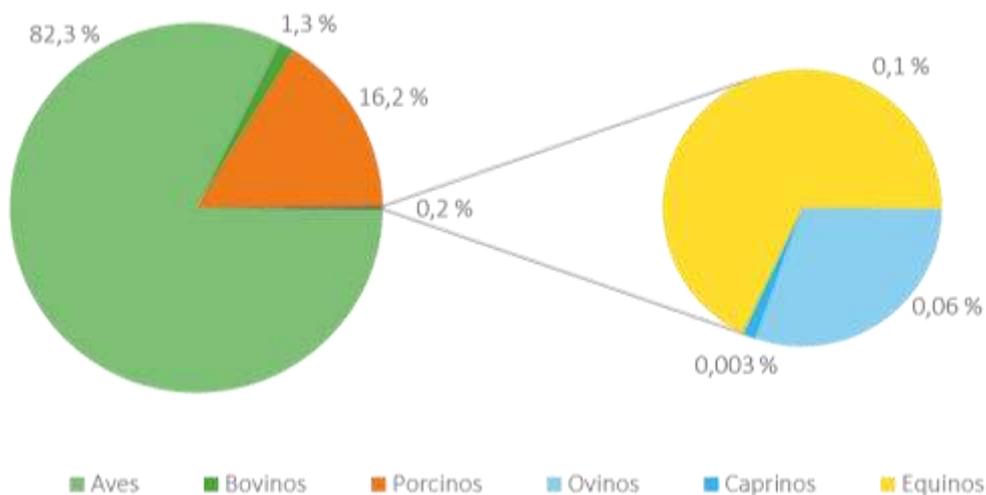


Figura 6-6. Distribución de animales en Medellín durante el año 2022. Fuente: (UPRA & ICA, 2022). Elaboración propia

Del total de animales en Medellín, 853.300 corresponden a aves para la producción de carne; 9.135 corresponden a aves traspatio y 2.600 a aves dedicadas a la postura de huevos. Adicionalmente, se registra la cría de porcinos de levante y ceba en diferentes tipos de granjas: tecnificadas (156.904), en granjas comerciales industriales (12.468) y familiares (705) (UPRA & ICA, 2022). Por otro lado, se observa una menor presencia de bovinos

destinados a la producción de carne, leche y doble propósito, con una producción media de 11,5 litros de leche al día por vaca. Esta leche se utiliza principalmente para la venta, con una menor incidencia en el procesamiento y el autoconsumo (DANE, 2020).

Además, se registran 14 unidades de producción acuícola dedicadas principalmente a la obtención de carne (Roca-Lanao et al., 2022). Entre las especies que pueden ser cultivadas en esta región se encuentran la trucha arcoíris, tilapia, cachama, bocachico, bagre rayado y yamú (SIPRA, 2023a).

6.2.3 Industria de alimentos y bebidas

Actualmente se identifican 1.947 empresas en Medellín relacionadas con las diferentes etapas de la cadena alimentaria, que abarcan desde el cultivo hasta el procesamiento y preparación de alimentos y bebidas, así como actividades de pesca y acuicultura. Este conjunto empresarial representa el 6,8 % del total de empresas a nivel nacional. La Figura 6-7 presenta la distribución de estas empresas, donde se destacan aquellas dedicadas al cultivo y elaboración de alimentos.

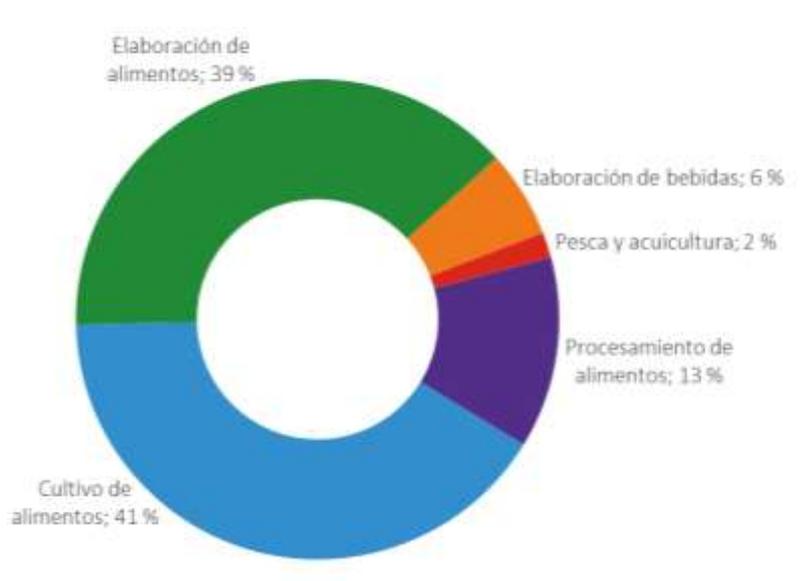


Figura 6-7. Distribución de las industrias de alimentos y bebidas en Medellín. Fuente:(DANE, 2023b). Elaboración propia

En el ámbito del cultivo de alimentos, destacan las empresas especializadas en frutas tropicales y subtropicales, seguidas por aquellas dedicadas al cultivo de especias y plantas aromáticas y medicinales, así como al cultivo de plátano y banano. En el sector de la elaboración de alimentos, sobresalen las empresas dedicadas a la preparación de productos de panadería y la producción de comidas y platos listos para el consumo (DANE, 2023b).

En el sector del procesamiento de alimentos prevalecen las empresas de conservación de productos cárnicos y al procesamiento y conservación de frutas, legumbres, hortalizas y tubérculos, que en conjunto representan alrededor del 96 % del total de empresas en esta sección (DANE, 2023b). Además, se registran empresas especializadas en la elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales y de otras aguas embotelladas. Asimismo, se encuentran empresas enfocadas en la acuicultura de agua dulce (DANE, 2023b).

6.2.4 Consumo, pérdidas y desperdicio de alimentos

La producción de alimentos en Medellín cubre alrededor del 4 % de su demanda interna (Ruta Medellín & Alcaldía de Medellín, 2022). Esta limitada producción se ve agravada por la identificación de pérdidas en la cosecha, causadas principalmente por el costo elevado de los insumos agropecuarios, la carencia de asistencia técnica y la incidencia de eventos climáticos desfavorables (DANE, 2020).

Se estima que solo una pequeña fracción de la producción agrícola se destina al autoconsumo, principalmente en alimentación humana, la obtención de semillas y el alimento de los animales. La mayor parte se comercializa directamente a través de productores, minoristas, cooperativas, acopiadores rurales y plazas de mercado (DANE, 2020; Ruta Medellín & Alcaldía de Medellín, 2022).

Medellín, como centro de acopio de Antioquia, recibe aproximadamente 794.143 toneladas de alimentos procedentes de diversos puntos del departamento y del país. Esta cantidad permite satisfacer la demanda interna de la ciudad y, además, distribuir 71.231 toneladas dentro del departamento y hacia otras 20 ciudades en el resto del país. Entre los productos más enviados se encuentran los procesados y las frutas, predominan las gaseosas y maltas, seguido por el tomate de árbol y agua envasada, también se registra carne de cerdo, leche pasteurizada, tubérculos y productos de panadería, entre otros (DANE, 2023c).

Por otro lado, el desperdicio de alimentos es una problemática que podría afectar a alrededor del 4,5 % de los hogares, con una mayor incidencia en la cabecera municipal. Las verduras son los productos más afectados, seguidos por las frutas, los tubérculos, los cereales y los productos cárnicos. Las causas comunes de esta problemática incluyen el deterioro debido a un almacenamiento prolongado, preparación de más alimentos de los requeridos en el hogar y cumplimiento de las fechas de vencimiento (DANE, 2022).

La inseguridad alimentaria es un desafío significativo que afecta principalmente a los centros poblados en Colombia. En el caso específico del departamento de Antioquia, se ha observado que el 23,4 % de los hogares en estas áreas enfrentan esta problemática. Sin embargo, al profundizar en el análisis, se encuentra que la inseguridad alimentaria grave es más común en las cabeceras municipales. Por lo tanto, se estima que, en Medellín, esta situación afecta alrededor del 3,5 % de los hogares, una cifra inferior al promedio nacional que se sitúa en el 4,9 % de los hogares con inseguridad alimentaria severa (DANE, 2023a).

Para afrontar esta problemática se ha creado el Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional del municipio de Medellín 2016-2028, el cual busca garantizar el acceso a una alimentación adecuada, mejorar el consumo equilibrado de alimentos, asegurar la calidad e inocuidad de estos, y contribuir al bienestar nutricional y de salud de la población (Gaviria et al., 2015). Entre los proyectos que se han implementado se encuentran: Apoyo nutricional para la población vulnerable, que proporciona asistencia alimentaria y educativa para mejorar la seguridad alimentaria y nutricional; Fortalecimiento de la Educación Nutricional, que promueve la salud y previene enfermedades a través de educación alimentaria y estilos de vida saludables, y el proyecto de mejoramiento del sistema agroalimentario, que apoya a familias con huertas de autoconsumo y a productores con unidades agroalimentarias para mejorar el acceso y la disponibilidad de alimentos (Alcaldía de Medellín, 2024c).

6.2.5 Potencial de producción

Tanto a nivel departamental como municipal, se han identificado desafíos significativos en los procesos de comercialización de productos primarios y con valor agregado, así como en la gestión de la pérdida de alimentos y la seguridad alimentaria. Afrontar estas problemáticas es fundamental para el desarrollo sostenible del sector agropecuario en la región.

Considerando las condiciones del sistema agroalimentario de Medellín, se ha diseñado un proyecto de mejora con dos estrategias. La primera estrategia busca fortalecer los procesos de comercialización de alimentos, con el objetivo de integrar los sectores urbano y rural y mejorar la relación entre las zonas de producción y las zonas de comercialización. La segunda estrategia consiste en la implementación de huertas urbanas para el autoconsumo, con la intención de mejorar la seguridad alimentaria y aumentar la generación de excedentes para mejorar los ingresos familiares y satisfacer las necesidades básicas. Ambas estrategias integran actividades de educación, asistencia técnica, entrega de insumos y visitas de acompañamiento integral (Secretaría de Inclusión Social Familia y Derechos Humanos, 2020).

Entre algunas estrategias se encuentra la capacitación de pequeños y medianos productores en los procesos y trámites necesarios para la venta de alimentos, abarcando aspectos como la facturación electrónica, el Registro Único Tributario (RUT) y los permisos requeridos para la comercialización (Salazar, 2023). Adicionalmente, en el contexto del Plan de Desarrollo, se están implementando varios proyectos del Distrito Rural Campesino, como la caracterización sociodemográfica de los corregimientos en curso, así como actividades de extensión agropecuaria, como cursos sobre buenas prácticas avícolas. Este distrito busca fortalecer la producción sostenible y la seguridad alimentaria de más de 2.000 productores agropecuarios en el área rural del municipio (Velásquez, 2023). Además, se han implementado diversos proyectos en el marco del Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional del municipio (Alcaldía de Medellín, 2024c). Estas acciones reflejan el compromiso de reducir las brechas de acceso al mercado institucional, en consonancia con la Ley 2046 de 2020, la cual establece mecanismos para promover la participación de pequeños productores locales en los mercados de compras públicas de alimentos (Salazar, 2023).

A nivel departamental, se han priorizado 23 sistemas productivos, que incluyen los principales sistemas aptos y desarrollados en Medellín, como hortalizas, cacao, plátano, producción de carne y leche bovina, aguacate, panela, frutales, plantas aromáticas y medicinales, y plantaciones forestales. El Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector Agropecuario (PECTIA) identifica necesidades específicas en investigación y desarrollo, como el manejo de la cosecha, postcosecha y transformación, para fortalecer capacidades y promover el comercio justo de productos con valor agregado. Asimismo, se destacan necesidades relacionadas con la socioeconomía, mercadeo y desarrollo empresarial, con el objetivo de fortalecer la asociatividad, la empresarización de productores y los canales de comercialización de productos primarios y con valor agregado (Gobierno de Colombia et al., 2021).

Las iniciativas y planes mencionados anteriormente juegan un papel crucial en el impulso del desarrollo rural en Medellín. Al abordar los desafíos relacionados con la comercialización de productos agropecuarios, la pérdida de alimentos y la seguridad alimentaria, se establecen bases para fortalecer la economía rural y mejorar la calidad de vida de las comunidades campesinas. El enfoque en la integración de sectores urbano y rural, mediante estrategias como la implementación de huertas urbanas para el autoconsumo, contribuye a diversificar las fuentes de ingresos y a reducir la dependencia exclusiva de la agricultura tradicional. Además, al brindar capacitación y apoyo técnico a los pequeños y medianos productores, se promueve la innovación, la eficiencia y la competitividad en el sector agropecuario, lo que a su vez estimula el crecimiento económico y la creación de empleo en el ámbito rural. En conjunto, estas acciones fortalecen el tejido social y económico de las comunidades rurales de Medellín, promoviendo un desarrollo rural sostenible y equitativo en la región.

6.3 Síntesis

En Medellín, el impulso al desarrollo rural se materializa a través del Distrito Rural Campesino (DRC), establecido en cinco corregimientos, donde se fomenta la innovación en el abastecimiento agroalimentario sostenible, la mejora de la vivienda y la inclusión de la mujer rural y la juventud. El suelo de este territorio ofrece diversas capacidades para actividades agropecuarias, incluyendo plantaciones forestales, producción avícola y acuícola, y cultivo de frutas y hortalizas.

Estas actividades agropecuarias se complementan con las iniciativas de las huertas urbanas, las cuales no solo promueven la seguridad alimentaria y la sostenibilidad, sino que también ofrecen oportunidades de participación comunitaria. El cultivo de café, plátano, hortalizas y frutales, así como la cría de aves y porcinos, son las actividades predominantes en la región.

Además, Medellín alberga diversas empresas vinculadas a la cadena alimentaria, desde el cultivo hasta el procesamiento y la preparación de alimentos, destacando sectores como el cultivo de frutas tropicales, la elaboración de productos de panadería y la conservación de productos cárnicos y vegetales.

Aunque la mayoría de la producción agrícola se destina a la comercialización a través de diversos canales como productores, minoristas, cooperativas y plazas de mercado, Medellín también cumple un papel importante como centro de acopio para el departamento de Antioquia y otras ciudades del país. Sin embargo, el desperdicio de alimentos y la inseguridad alimentaria siguen siendo un desafío significativo que afecta su población. Para abordar estas problemáticas, se han implementado estrategias integrales que incluyen capacitación a productores, proyectos del DRC y un Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional. Estas acciones tienen como objetivo impulsar el desarrollo rural, diversificar la economía y fortalecer el tejido social, en línea con los principios de un desarrollo sostenible y equitativo en el municipio y el departamento.

En la próxima sección se examinarán las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las diferentes actividades desarrolladas en Medellín, que incluyen la producción agropecuaria. Además, se analizan los planes de acción climática diseñados para abordar estas emisiones y mitigar los impactos del cambio climático en la región.

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 ciudad de Medellín, esta política nacional se conjuga con el Plan de Acción Climática – PAC Medellín 2020-2050.

En la primera parte de este capítulo, se presentan las principales fuentes de emisión que emiten GEI en la ciudad y su relación directa con cada sector, teniendo en cuenta la cantidad de emisiones que genera cada fuente. Seguido de esto, se presentan los objetivos principales con los que cuenta el plan de acción para la mitigación y adaptación al cambio climático para el año 2050, que están basados en los que presenta el país para ese año: el objetivo principal es la reducción del 51% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Climate Transparency, 2020).

7.1 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). Con base en esto, en el inventario de gases de efecto invernadero de algunas ciudades del departamento de Antioquia, se determinan cuatro grandes sectores de emisiones: energía estacionaria, residuos, transporte, y agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU, por sus siglas en inglés). Por las orientaciones IPCC se suele tener un sector de análisis diferente al de transporte, el sector de procesos industriales y uso de productos (IPPU, por sus siglas en inglés), sin embargo, para el caso de los inventarios de las ciudades colombianas, no es requisito incluir las emisiones por proceso de grandes grupos empresariales (con presencia en el país de no más de 10 plantas), como las industrias de cemento, siderurgia, ferroaleaciones y químicos. Esto, debido a que son sectores que están trabajando directamente con el gobierno nacional en la medición y reducción de emisiones asociadas a sus respectivos procesos (Quiceno Rendón, Pulido Guío, Pérez Lara, & Rodríguez Vargas, 2021).

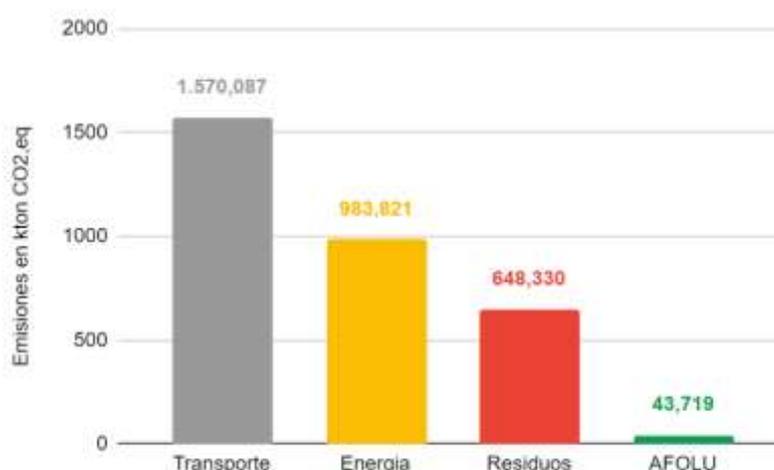


Figura 7-1. Emisiones por sectores principales en Medellín para el año 2019. Fuente: (Quiceno Rendón, Pulido Guío, Pérez Lara, & Rodríguez Vargas, 2021). Elaboración propia.

Las emisiones se analizan a partir del Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero del 2021 para algunas ciudades del departamento de Antioquia, este inventario analiza las emisiones desde el 2016 hasta el 2019, los resultados acá mostrados son únicamente para el año 2019 para tener la referencia del año más reciente posible. Para lograr obtener los datos de cada sector, se realiza la suma de las emisiones y absorciones de cada uno de los subsectores asociados a cada uno de los sectores principales. En la figura 7-1 se muestra la distribución de las emisiones netas por cada uno de los sectores analizados y su respectiva cantidad de emisiones en miles de toneladas de CO₂ equivalente (Kton de CO₂,eq.). En cuanto a la distribución porcentual de emisiones por sector, se observa que el sector Transporte se mantiene como la principal fuente de emisión de GEI en la ciudad con un aporte de casi un 48,5%, seguido del sector de energía estacionaria con una contribución de casi el 30,5%, el sector residuos con un aporte del 20% y finalmente el sector AFOLU con un aporte de aproximadamente el 1%.

En el sector de transporte se analizaron los subsectores de: (I.1) transporte por carretera; (I.2) ferroviario. En el sector de energía estacionaria se analizaron los subsectores de: (II.1) edificios residenciales; (II.2) edificios e instalaciones comerciales e institucionales; (II.3) industrias manufactureras y de la construcción; (II.4) fuentes no especificadas. En el sector residuos se analizaron los subsectores de: (III.1) disposición de residuos sólidos en tierra; (III.2) aguas residuales domesticas; (III.3) quema de residuos; (III.4) incineración. Finalmente, en el sector AFOLU, se analizaron los subsectores de: (IV.1) fermentación entérica; (IV.2) gestión de estiércol; (IV.3) leña; (IV.4) fertilizantes; (IV.5) tierras inundadas; (IV.6) frutales; (IV.7) restauración; (IV.8) arbolado urbano.

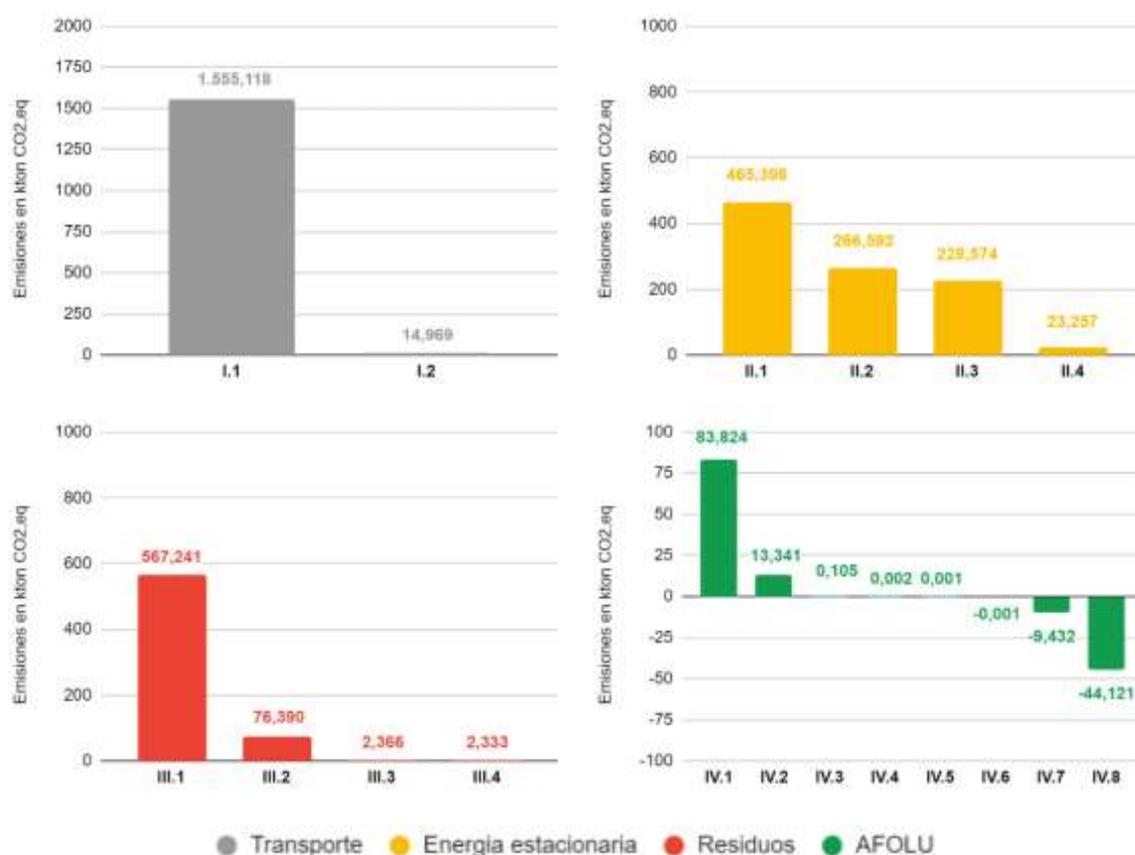


Figura 7-2. Emisiones por subsectores en Medellín para el año 2019. Fuente: (Quiceno Rendón, Pulido Guio, Pérez Lara, & Rodríguez Vargas, 2021). Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, el sector IPPU no se analiza en el inventario, sin embargo, en el sector de energía estacionaria se analizan parte de las emisiones por industrias, así como las actividades relacionadas con el consumo de energía estacionaria en el subsector Agricultura, silvicultura y actividades pesqueras se analizan en el sector AFOLU.

7.2 Mitigación y adaptación al cambio climático

El desarrollo de un plan de acción climática territorial se basa en la implementación de nuevas estrategias que logren la mitigación y adaptación al cambio climático, por lo que Medellín al ser una de las principales ciudades del país, reconoce la necesidad de gestionar la transición climática y busca generar resiliencia y reducir la vulnerabilidad frente a los efectos del clima. El municipio de Medellín ha trazado una hoja de ruta con el propósito de construir una ciudad carbono neutral en el año 2050 y con capacidad para afrontar los impactos del aumento de la temperatura y la variación de las precipitaciones (Alcaldía de Medellín, 2021).

El Plan de Acción Climática – PAC Medellín 2020-2050 es presentado como una hoja de ruta que muestra el camino a seguir para tener una mitigación de las emisiones de GEI y llegar a una carbono neutralidad, además de fortalecer las capacidades de adaptación frente al cambio climático en la ciudad. De manera transversal, el PAC busca implementar una acción climática inclusiva, que contempla la participación e inclusión de los actores relevantes a la hora de abordar el cambio climático y sus consecuencias sobre la ciudad (Alcaldía de Medellín, 2021)

El PAC inicialmente plantea los objetivos de la ciudad con relación al cambio climático para generar estrategias de consulta, participación e inclusión, a partir de este punto se analiza el contexto de la ciudad tanto social como económico, y algunos temas ambientales de vital importancia para la ciudad, como la calidad del aire, el recurso hídrico, gestión de residuos, gestión del riesgo de desastres, tendencias del clima y se desarrolla un inventario de GEI. Para lograr desarrollar el camino a la transición energética de la ciudad, se analizan una serie de escenarios donde se plantea no hacer nada, hacer lo ya planeado, o llegar a lograr la carbono neutralidad. Por último, antes de empezar a desarrollar un camino a seguir, se analiza la vulnerabilidad y el riesgo al cambio climático que presenta la ciudad. Con todo el análisis del contexto en el que se encuentra Medellín, el PAC desarrolla el marco de acción para la reducción de emisiones y la adaptación al cambio climático, donde se reúnen las acciones prioritarias para reducir la vulnerabilidad que tiene la ciudad frente al cambio climático. Finalmente, mediante la participación de los actores clave el plan presenta las acciones de adaptación y mitigación frente al cambio climático y genera una propuesta para la gestión local del clima y una fase de implementación y seguimiento para la ejecución de todo el Plan de Acción Climática para Medellín.

Las metas y acciones definidas para la ruta del plan de acción climática se enfocan en la reducción de las emisiones en cada sector del inventario de GEI, sector de transporte, sector de energía estacionaria, sector de residuos, sector de procesos industriales y uso de productos (IPPU, por sus siglas en inglés), y sector de agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU, por sus siglas en inglés). Es por ello por lo que buscan implementar el plan a través de acciones que den respuesta a las necesidades identificadas alrededor de siete sectores estratégicos (Alcaldía de Medellín, 2021).

7.2.1 Transporte y movilidad más sostenible

El primero de los sectores estratégicos para la mitigación de emisiones GEI, es el de transporte y movilidad sostenible, el cual tiene como objetivos principales aumentar el número de viajes en bicicleta y a pie de los ciudadanos para reducir emisiones, además de promover la movilidad eléctrica y la renovación de vehículos particulares y de servicios público hacia tecnologías de cero y ultra bajas emisiones. Para ello se definen algunas acciones para poder desarrollar en este sector en específico, entre estas acciones se busca generar una serie de infraestructuras seguras y accesibles para fomentar el uso de la caminata y la bicicleta, así como la creación de infraestructuras resilientes para mitigar los efectos de eventos climáticos extremos. Además, se busca reducir el uso de vehículos de combustibles fósiles, tanto en viajes corporativos como en vehículos privados, promoviendo la transición hacia vehículos eléctricos y de bajas emisiones. También se plantea la implementación de mecanismos de gestión de la demanda y la optimización de la logística del transporte de carga, junto con mejoras en la cobertura del transporte público masivo y colectivo.

7.2.2 Gestión integral de residuos sólidos

La gestión integral de residuos sólidos es un sector estratégico que principalmente busca reducir las emisiones de GEI, la ciudad busca establecer un modelo de producción y consumo sostenible que reduzca la generación de residuos y promueva su reciclaje, reutilización y revalorización. Esto no solo busca crear oportunidades económicas en el aprovechamiento de residuos, sino también mejorar las prácticas ciudadanas y reducir la cantidad de residuos enviados a vertederos. En este sector se plantean varias acciones, las cuales incluyen impulsar una economía circular a nivel regional, desarrollar estrategias integrales para el tratamiento de residuos orgánicos, optimizar la recolección y disposición final de residuos, y establecer un esquema inclusivo de aprovechamiento que beneficie a la población vulnerable.

7.2.3 Generación y uso sostenible de la energía

El tercer sector para lograr una mitigación de emisiones es la generación y el uso sostenible de la energía, el cual se enfoca en implementar estándares de eficiencia y buenas prácticas para reducir el consumo energético en edificaciones y procesos industriales, así como disminuir las emisiones derivadas de estos. Para lograrlo, se plantea mejorar el rendimiento energético de los procesos industriales, reducir el consumo en la construcción y operación de edificios, y aumentar la integración de fuentes renovables en el suministro de energía por parte de las empresas de servicios públicos.

7.2.4 Adaptación y gestión del riesgo de desastres

Este sector tiene un mayor enfoque en la adaptación al cambio climático de la ciudad, tiene como objetivo principal desarrollar procesos de adaptación física, social y económica para consolidar una ciudad resiliente ante los impactos del cambio climático. Para lograrlo, se proponen algunas acciones específicas, como formular e implementar un plan de drenaje urbano, establecer procesos de monitoreo del riesgo climático y de desastres, fortalecer las instancias sociales en gestión del riesgo, ejecutar medidas de reducción y adaptación al riesgo, implementar soluciones basadas en la naturaleza y obras de bioingeniería, y realizar análisis y evaluaciones del riesgo considerando la variabilidad y el cambio climáticos.

7.2.5 Ecosistemas y desarrollo rural

Este sector estratégico busca desarrollar procesos de conservación en cuencas abastecedoras para asegurar la disponibilidad de agua, mejorar la capacidad de adaptación territorial y garantizar una alimentación adecuada para los habitantes de la ciudad. Para lograr esto, se desarrollan acciones que buscan principalmente fortalecer la resiliencia de la ciudad frente a los desafíos ambientales y garantizar un desarrollo sostenible y equitativo para sus habitantes, se propone conservar y aumentar la cobertura boscosa de la ciudad, fomentar el desarrollo rural sostenible a través de prácticas agrícolas sostenibles y la promoción de circuitos cortos de comercialización, y aplicar medidas de conservación y gestión de ecosistemas para proteger las fuentes de suministro de agua potable.

7.2.6 Planeación urbana

El sector de planeación urbana se enfoca en consolidar un modelo de ocupación urbana compacta y policéntrica para la ciudad, mediante estrategias de urbanismo de proximidad que reduzcan distancias y tiempos de viaje, y mejoren el acceso a servicios básicos y espacios públicos, además, busca reducir la vulnerabilidad de los asentamientos humanos ante amenazas climáticas mediante intervenciones espaciales integrales. Para lograr estos objetivos, se busca consolidar el modelo de ocupación compacta que tiene la ciudad, implementar mejoras integrales en barrios específicos y ampliar las áreas de espacio público para recreación y encuentro comunitario.

7.2.7 Procesos socioculturales para la gestión del cambio climático

Este último sector estratégico para desarrollar el plan de acción de la ciudad se centra en promover la colaboración entre el ámbito científico y comunitario para abordar los desafíos del cambio climático, buscando fortalecer la investigación y la innovación, así como facilitar el acceso a información relevante sobre el cambio climático a través de estrategias de comunicación y divulgación. Además, se pretende establecer vínculos de

cooperación entre instituciones, sectores empresariales e internacionales para implementar acciones concretas. Las acciones propuestas en este sector, que además son transversales a los demás sectores, se basan en el desarrollo de programas educativos dirigidos a diversos públicos, así como el apoyo a iniciativas comunitarias y de ciudadanía activa. Finalmente, se busca garantizar los recursos financieros necesarios para llevar a cabo las medidas establecidas en el Plan de Acción Climática.

7.3 Síntesis

En la ciudad el sector que más emisiones de GEI genera es el sector de transporte con un aporte de casi un 48,5% debido casi todo a la quema de combustibles para el transporte terrestre, seguido del sector de energía estacionaria con una contribución de casi el 30,5 % por la generación de energía eléctrica en edificios residenciales, comerciales e institucionales. El sector de residuos aporta el 20 % principalmente por la disposición de residuos sólidos y finalmente el sector AFOLU tiene un aporte de aproximadamente el 1 % debido a que sus fuentes de emisiones son bajas y además tiene algunas fuentes de absorciones como el arbolado urbano, dando un balance general de emisiones netas bajo.

El plan de acción climática de Medellín busca llegar a una carbono neutralidad para el año 2050 por medio de algunas metas y acciones enfocadas a la reducción de las emisiones en cada sector del inventario de GEI, por medio de siete sectores estratégicos, los cuales se definen como el transporte y movilidad más sostenible, la gestión integral de residuos sólidos, la generación y uso sostenible de la energía, la adaptación y gestión del riesgo de desastres, los ecosistemas y el desarrollo rural, la planeación urbana y finalmente los procesos socioculturales para la gestión del cambio climático. Las acciones propuestas en cada sector estratégico están priorizadas por el riesgo climático que presenten para el municipio además de las emisiones que genera cada sector.

Medellín requiere explorar fuentes de energía más limpias y sostenibles para abordar los efectos del cambio climático y avanzar hacia una transición energética efectiva con la reducción de emisiones en sectores como el transporte y de energía estacionaria, además de lograr una buena adaptación al cambio climático en el municipio. El próximo capítulo analizará el balance energético y el potencial de energías renovables, lo que desempeñará un papel crucial en la estrategia para reducir las emisiones de GEI.

8. Sistema energético

Este capítulo aborda diferentes aspectos del sistema energético de la ciudad de Medellín. En primer lugar, se analiza la producción de energía primaria y recursos fósiles en la ciudad, destacando su ubicación geográfica cerca de importantes zonas carboníferas, pero sin actividad de explotación de hidrocarburos. A continuación, se explora el panorama de la energía secundaria en la ciudad, particularmente en relación con las plantas de generación eléctrica, las cuales están centradas principalmente en fuentes hidráulicas y solares, con una capacidad limitada. Finalmente, se examina el consumo energético en Medellín, desglosando su distribución entre los sectores de transporte, industrial, residencial y comercial, con un enfoque en las fuentes utilizadas en cada uno de estos sectores.

8.1 Balance energético

En esta sección se presenta el balance energético de la ciudad de Medellín, teniendo en cuenta la producción de energía primaria, importación y producción de energía secundaria y consumo energético por los diferentes sectores finales.

8.1.1 Energía primaria

La ciudad de Medellín no es productor de energía primaria o de recursos fósiles como carbón e hidrocarburos. La Figura 8-1 muestra que la ciudad de Medellín colinda con la zona carbonífera de Antioquia, la cual posee unas reservas estimadas de 448,3 Mt de carbón (Sistema Geológico Colombiano, 2024). Según la Agencia Nacional de Hidrocarburos, en la ciudad de Medellín no se cuenta con zonas dedicadas a la exploración ni explotación de hidrocarburos como el petróleo y gas natural (ANH, 2024).

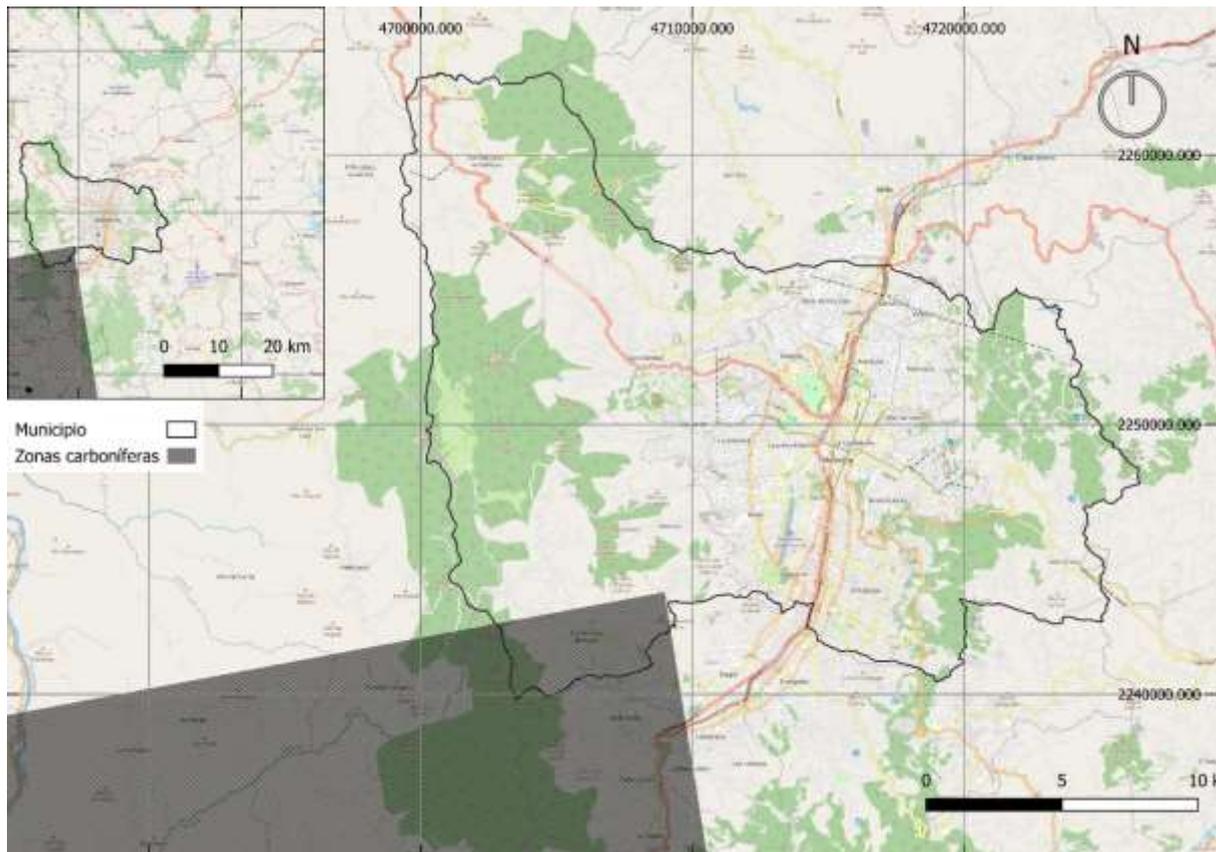


Figura 8-1. Mapa de zonas carboníferas presentes en Medellín. Fuente: (Sistema Geológico Colombiano, 2024)

8.1.2 Energía secundaria

Las plantas de generación eléctrica en Medellín, Antioquia, caracterizadas por capacidades efectivas netas reducidas y una predominancia de generación hidráulica. Entre las plantas destacan MANANTIALES con 3,15 MW y NUTIBARA con 0,75 MW, ambas operadas por EPM, además de las pequeñas plantas solares COMUNIDAD EL SALVADOR I y II, que iniciaron operaciones en 2023 con pequeñas capacidades (XM, 2024). La mayoría de las plantas clasificadas como generación distribuida evidencian un enfoque en atender demandas locales, mientras que las capacidades modestas sugieren un potencial limitado para contribuir significativamente a la matriz energética regional. Esto refleja la necesidad de fortalecer y diversificar las fuentes renovables en la región para mejorar la sostenibilidad y capacidad energética.

Finalmente, la ciudad de Medellín no es productor de energía secundaria fósil, al no contar con refinerías instaladas en su territorio. Por lo tanto, a la ciudad se transportan combustibles líquidos y gas natural por la infraestructura mencionada en la siguiente sección.

8.1.3 Consumo final de energía por sectores

La ciudad de Medellín registró un consumo para el año 2022 de 2,92 TWh de electricidad; 301 Mm³ de gas natural (Superservicios, 2024); 147 Mgal de gasolina y 50,7 Mgal de diésel (SICOM, 2024) en 2022, lo que representa un estimado de 45 PJ. De este consumo energético, el 55 % se realiza en transporte, 15 % industrial, 19 % residencial, 9 % comercial, 1 % en termoeléctricas, y 1 % en oficial y otros.

En el sector transporte, el consumo es principalmente con combustibles fósiles como la gasolina 67 %, diésel 28 % y el restante con gas natural vehicular. El sector industrial se satisface principalmente de gas natural (74 %) y electricidad (26 %). Por otro lado, en el sector residencial, el consumo en un 58 % es con electricidad y 42 % con gas natural. Finalmente, el sector comercial, representa un consumo de un 77 % de electricidad y 23 % de gas natural.

En conclusión, el consumo energético de Medellín en 2022 muestra una fuerte dependencia de combustibles fósiles, especialmente en el sector transporte, que representa más de la mitad del consumo total. Aunque los sectores industrial, residencial y comercial utilizan una combinación de electricidad y gas natural, la alta participación de gasolina y diésel en el transporte subraya la necesidad de avanzar hacia soluciones más sostenibles, como la electrificación del transporte y el impulso de fuentes de energía renovable. Esto destaca la importancia de políticas que promuevan la transición energética y la diversificación de la matriz energética en la ciudad.

8.2 Infraestructura energética

La ciudad de Medellín cuenta con infraestructura energética de transporte de combustibles líquidos propia de un centro poblado. La Figura 8-2 muestra que la ciudad cuenta con un centro de distribución de combustibles líquidos mayorista, conectado por los poliductos “Sebastopol – Medellín” y “Medellín – Cartago”. Estos poliductos son aptos para el transporte de queroseno, diésel, gasolina, jet, con una capacidad de 68,4 y 49,1 kbls, respectivamente (CENIT, 2024). En paralelo al poliducto también se registra el gasoducto Transmetano, de propiedad de la empresa Promigas con una longitud de 190 km (PROMIGAS, 2024).

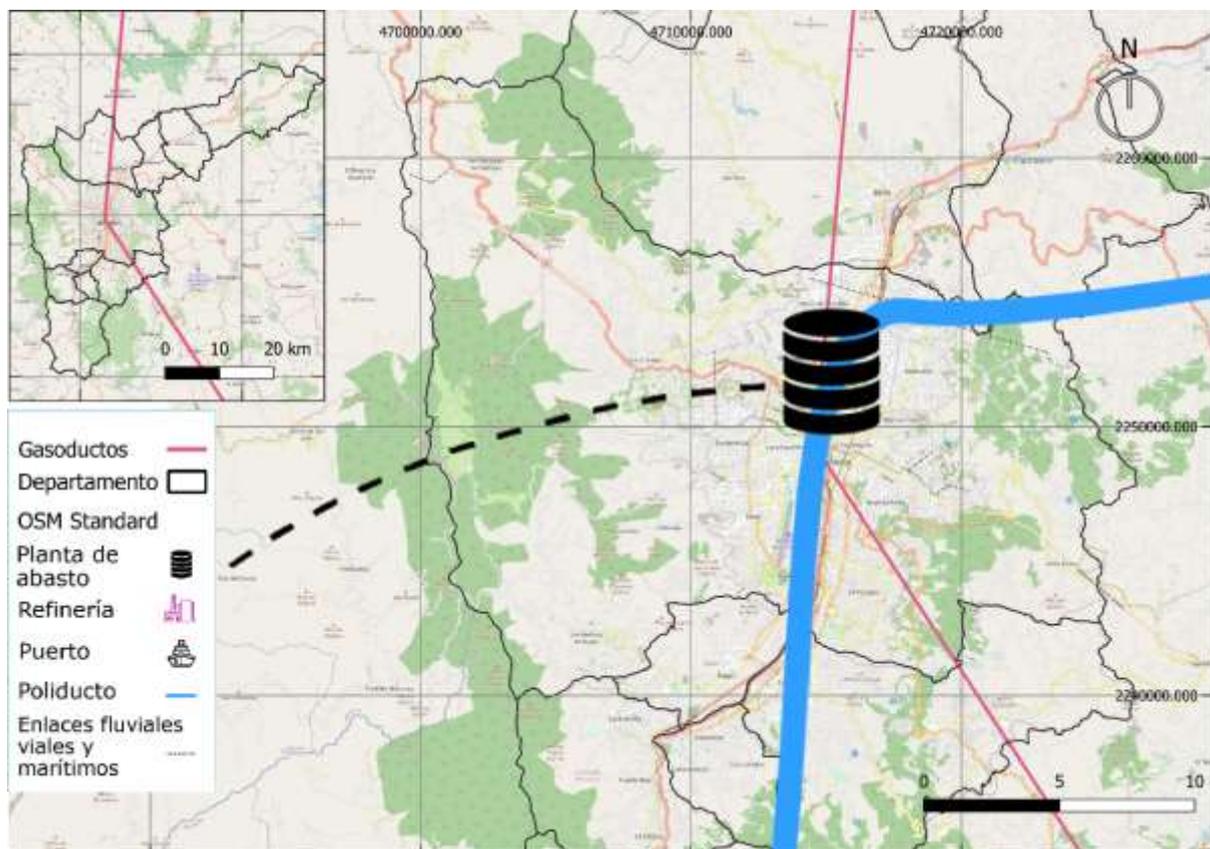


Figura 8-2. Infraestructura energética de poliductos y gasoductos en Medellín. Fuente: (UPME, 2023)

8.3 Potenciales de energías renovables

En esta sección se analizan los diferentes recursos de energías renovables disponibles en la ciudad de Medellín. Se inicia con el estudio del potencial solar fotovoltaico, destacando su aptitud para instalaciones urbanas, especialmente debido a los altos niveles de irradiancia en la región, lo que lo convierte en una opción viable para satisfacer las necesidades energéticas residenciales de la ciudad. A continuación, se aborda el potencial eólico, señalando la falta de condiciones favorables en Medellín para la implementación de proyectos eólicos, debido a la baja densidad de potencia en la mayoría del territorio. También se analiza el potencial hidroeléctrico.

Finalmente, se explora el aprovechamiento de la biomasa residual proveniente de diversas actividades en la ciudad, evaluando su potencial teórico y técnico para generar energía, teniendo en cuenta las limitaciones en el acceso y uso de estos recursos.

8.3.1 Energía solar fotovoltaica

La ciudad de Medellín cuenta con un buen potencial solar fotovoltaico apto para instalaciones urbanas para el aprovechamiento de este recurso energético. La Figura 8-3 muestra el mapa del potencial solar por irradiación global horizontal (GHI, por sus siglas en inglés), donde el 50 % del territorio tiene un potencial superior a los 5 kWh/m²/d entre un rango de 4,5 y 5,4 kWh/m²/d. Resalta este buen potencial solar fotovoltaico en la segunda ciudad de Colombia, con grandes requerimientos de energía eléctrica para consumo residencial, lo cual claramente el uso de instalaciones de paneles solares deben hacer parte de una estrategia para garantizar la confiabilidad y acceso a la energía.

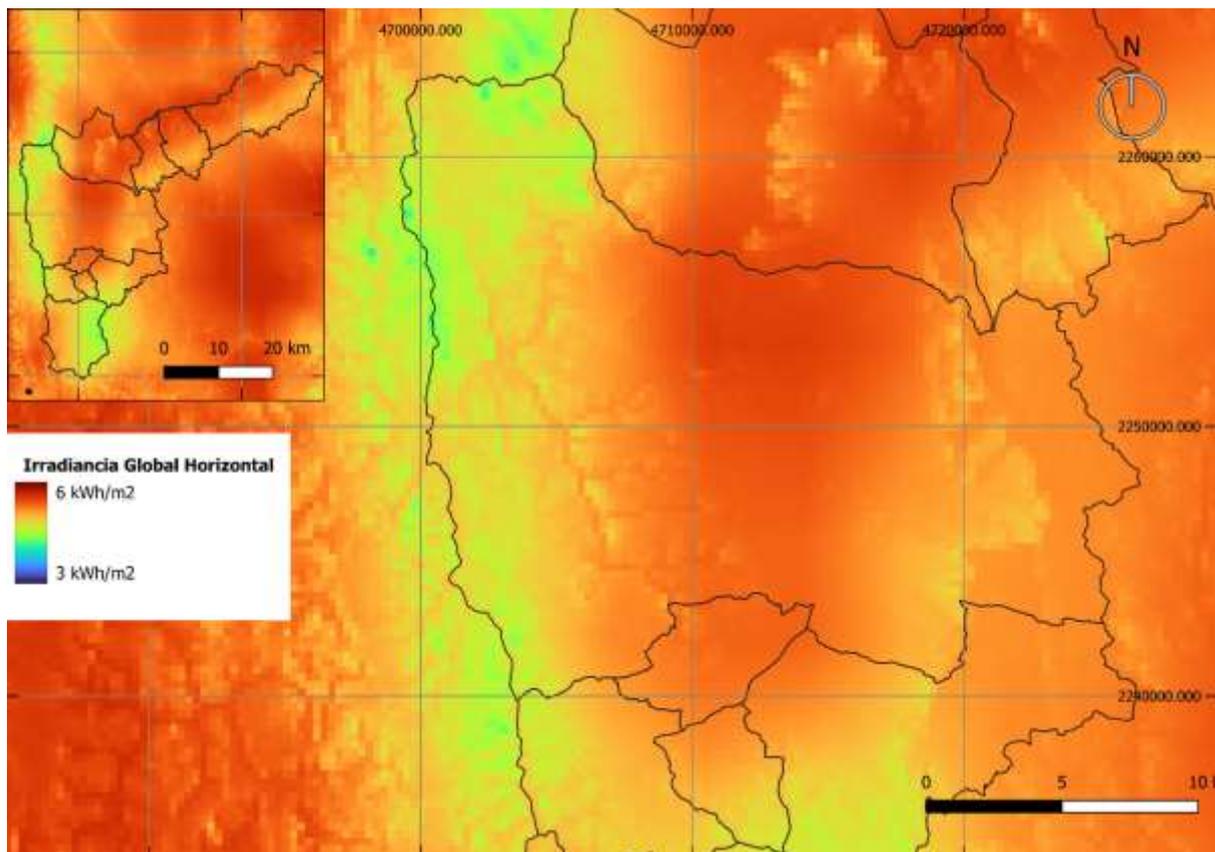


Figura 8-3. Potencial solar por irradiación global horizontal en la ciudad de Medellín. Fuente: elaboración propia con información de (World Bank, ESMAP, & SOLARGIS, 2024)

8.3.2 Energía eólica

La ciudad de Medellín no cuenta con un buen potencial eólico al igual que gran parte del territorio nacional costero. La Figura 8-4 muestra este potencial eólico por densidad de potencia (W/m²) a 100 m de altura, el cual registra potenciales menores a 100 W/m² (tonos azules claros en el mapa), y únicamente ubicando potenciales menores de 500 W/m² en ubicaciones con mayor altura al oriente de la delimitación municipal. Con respecto a esto, se concluye que en la ciudad no es viable la instalación de este tipo tecnologías para satisfacer demanda creciente de energía o para la complementariedad con otras fuentes de energías renovables.

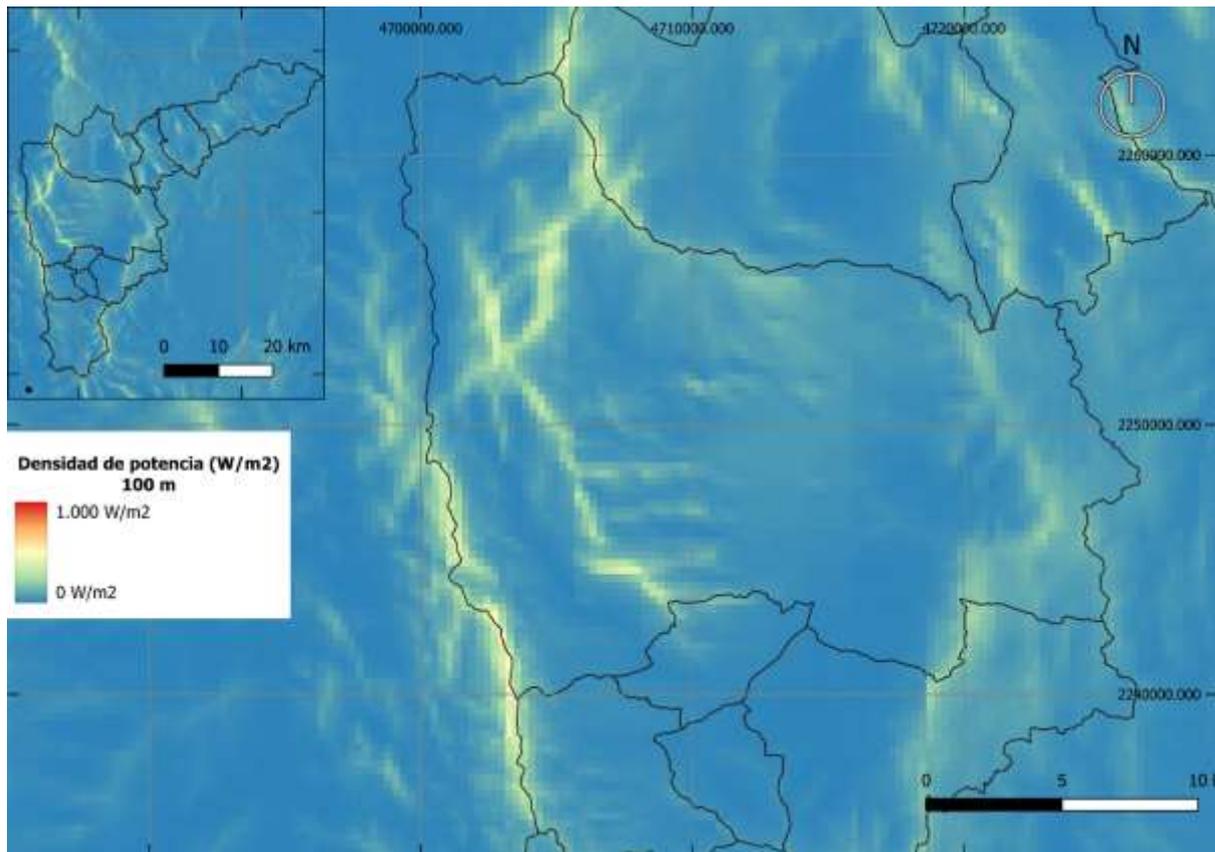


Figura 8-4. Mapa de potencial eólico por densidad de potencia a 100 m de altura en la ciudad de Medellín. Fuente: elaboración propia con información de (World Bank, ESMAP, VORTEX, et al., 2024)

8.3.3 Hidroenergía

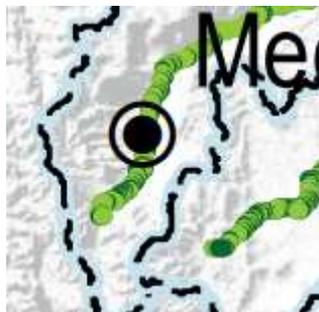


Figura 8-5. Mapa del potencial hidroenergético de la Ciudad de Medellín. Fuente: elaboración propia con información de (UPME, 2015)

8.3.4 Biomasa residual

Los residuos provenientes de actividades agrícolas, ganaderas y los residuos sólidos urbanos de Medellín pueden ser aprovechados para la generación de energía. Es posible realizar una estimación del potencial energético teniendo en cuenta las posibles restricciones para su aprovechamiento. El potencial teórico representa la energía física que teóricamente puede ser utilizada, mientras que el potencial técnico forma parte del potencial teórico, pero considera las restricciones de uso y acceso a la biomasa (Batidzirai et al., 2012; Buritica et al., 2020).

La producción agrícola genera aproximadamente 18.479 toneladas de residuos al año, lo que representa un potencial energético teórico de 172,2 TJ/año y un potencial energético técnico de 36,2 TJ/año. Los residuos del tomate, compuestos por semillas y cáscara, presentan el mayor potencial energético tanto teórico como técnico, con un valor de 51,1 TJ/año y 15,4 TJ/año, respectivamente. La caña panelera genera un alto potencial energético teórico, sin embargo, estos residuos tienen otros usos como generación de calor en ingenios

azucareros, alimento para animales y fertilización, por lo tanto, no se considera su disponibilidad para el potencial energético técnico (Guio-Pérez et al., 2016). En el Anexo B se detallan los parámetros empleados para calcular estos potenciales.

Tabla 8-1 presenta el potencial energético de los residuos de los principales productos cultivados en Medellín, considerando el tipo de residuo que podría estar disponible para su uso en la producción de energía. El producto que más genera residuos al año es el plátano, con un total de 4.758 toneladas de tallos de la planta, seguido por el bagazo de caña panelera con 2.174 toneladas y las hojas y parte alta de la caña con 1.671 toneladas.

Los residuos del tomate, compuestos por semillas y cáscara, presentan el mayor potencial energético tanto teórico como técnico, con un valor de 51,1 TJ/año y 15,4 TJ/año, respectivamente. La caña panelera genera un alto potencial energético teórico, sin embargo, estos residuos tienen otros usos como generación de calor en ingenios azucareros, alimento para animales y fertilización, por lo tanto, no se considera su disponibilidad para el potencial energético técnico (Guio-Pérez et al., 2016). En el Anexo B se detallan los parámetros empleados para calcular estos potenciales.

Tabla 8-1. Potencial energético de los residuos de los principales cultivos en Medellín. Elaboración propia

Tipo de residuo	Área sembrada [ha] ^a	Total Residuos [t/año]	Potencial energético teórico [TJ/año]	Potencial energético técnico [TJ/año]
Tomate (semillas)	37	1330,0	28,6	8,6
Tomate (cáscara)	37	1088,2	22,5	6,8
Caña panelera (Bagazo)	92	2174,1	20,3	0,0
Caña panelera (hojas y parte alta)	92	1670,7	15,1	0,0
Café (tallo)	421	828,5	12,5	0,0
Café (Pulpa)	421	628,2	7,0	0,0
Papa (cáscara)	81	537,0	6,9	0,0
Plátano (tallo)	167	4757,7	4,1	0,0
Plátano (Fruto rechazado)	167	410,2	1,0	0,0
Plátano (Raquis)	167	1040,6	0,721	0,0
Café (Hoja)	421	50,9	0,700	0,2

Fuente: a: UPRA, 2022. Elaboración propia

La producción pecuaria genera alrededor de 209 kilotoneladas de estiércol al año, lo que constituye al 0,1 % del total producido a nivel nacional. Este volumen representa un potencial teórico de 733,9 TJ/año y un valor de 373,8 TJ/año para el potencial energético técnico. La Tabla 8-2 muestra el potencial energético de los residuos de los animales criados en Medellín. En este caso, el ganado bovino destaca con el mayor potencial tanto teórico como técnico, lo que representa el 57 % y 53 %, respectivamente, del potencial total pecuario.

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

Especie	Cantidad de cabezas ^a	Total residuos [t/año]	Potencial energético teórico [TJ/año]	Potencial energético técnico [TJ/año]
Aves	865035	12629,5	139,7	41,9
Bovinos	13787	110156,1	415,9	197,5
Porcinos	170077	78839,2	151,6	121,3
Ovinos	675	615,9	2,4	0,8
Equinos	1517	6921,3	24,2	12,1
Caprinos	34	5,9	0,1	0,0
Búfalos	2	21,5	0,1	0,0

Fuente: a: UPRA & ICA, 2022

Con una población estimada de 2.595.300 habitantes en Medellín en 2023 y una producción promedio de 0,67 kg de residuos por persona al día, se puede calcular el potencial de los residuos sólidos urbanos que podrían utilizarse para la generación de energía (Buriticá et al., 2020; DANE, 2023). Este valor corresponde a un potencial teórico de aproximadamente 3.950,2 TJ/año y un potencial técnico de 3.476,2 TJ/año.

En lo que respecta a los residuos agroindustriales, estos comprenden los generados en el procesamiento de leche, que suma un total de 71,8 toneladas anuales y los residuos provenientes del sacrificio de bovinos, que resultan en la generación de 7.736,0 toneladas de rumen. El procesamiento de la leche genera un potencial energético teórico de 0,1 TJ/año. Aplicando un factor de disponibilidad de 0,6, este valor se reduce a un potencial energético técnico de 0,07 TJ/año. En el caso de los residuos de los sacrificios, se obtiene un potencial energético teórico de 2,9 TJ/año, dado que el proceso se realiza en una planta procesadora, se estima que el potencial técnico es igual al teórico debido a su disponibilidad constante en el sitio. En consecuencia, el potencial energético teórico y técnico de los residuos agroindustriales corresponde a 3,0 TJ/año y 2,9 TJ/año, respectivamente.

El potencial teórico total de la biomasa residual en Medellín corresponde a 4,8 PJ/año. Teniendo en cuenta la disponibilidad de acceso a los residuos, este potencial se reduce a un valor técnico de 3,9 PJ/año. La Figura 8-6 muestra el aporte de cada sector a los residuos, el potencial energético teórico y el potencial energético técnico, resaltan los residuos sólidos urbanos y el sector pecuario que en conjunto representan el 99 % del potencial técnico.

El conocimiento del potencial teórico y técnico de la biomasa residual en Medellín es fundamental para desarrollar estrategias efectivas de gestión de residuos y promover la generación de energía a partir de fuentes renovables. Esta información permite la formulación e implementación de proyectos de aprovechamiento de biomasa residual en los sectores prioritarios identificados, como los residuos sólidos urbanos y el sector pecuario. Además, proporciona una base para la toma de decisiones en políticas públicas en el campo de la energía sostenible, contribuyendo así al desarrollo económico y ambiental de la región.



Figura 8-6. Aportación de cada sector en la producción de residuos, potencial energético teórico y potencial energético técnico en Medellín. Elaboración propia

8.4 Síntesis

En el sistema energético de Medellín, se observa una producción de energía primaria limitada. La ciudad no produce energía primaria ni cuenta con explotación de recursos fósiles como carbón o hidrocarburos, a pesar de su proximidad a la zona carbonífera de Antioquia. Esto evidencia una alta dependencia de fuentes externas para satisfacer sus necesidades energéticas.

En cuanto a la generación de energía secundaria, Medellín presenta capacidades modestas, principalmente basadas en fuentes hidráulicas y pequeñas instalaciones solares. Estas limitaciones indican un bajo potencial para contribuir de manera significativa a la matriz energética regional, lo que resalta la necesidad de diversificar las

fuentes renovables y aumentar la capacidad instalada para mejorar la sostenibilidad y la resiliencia energética de la ciudad.

Respecto al consumo energético, el sector transporte representa el mayor porcentaje, con un 55 % del total, y una fuerte dependencia de combustibles fósiles como gasolina y diésel. Los sectores industrial, residencial y comercial utilizan una combinación de electricidad y gas natural. Esta alta participación de combustibles fósiles en el transporte subraya la importancia de impulsar la electrificación del transporte y adoptar estrategias que promuevan la transición energética hacia fuentes más sostenibles.

Destacan los residuos sólidos urbanos y el sector pecuario como principales fuentes de biomasa para la generación de energía, los cuales representan conjuntamente el 99% del potencial técnico. Esta información es crucial para planificar estrategias de gestión de residuos y promover proyectos de energía renovable en sectores clave. Además, sirve como base para la formulación de políticas públicas que impulsen el desarrollo económico y ambiental de la región.

9. Conclusiones

Medellín, como capital del departamento de Antioquia, presenta indicadores socioeconómicos positivos en comparación con el promedio departamental y nacional. La ciudad alberga el 5 % de la población del país y contribuye con el 8 % de la producción nacional, medida en términos del PIB. Además, la pobreza monetaria y multidimensional es inferior a la media nacional, y la población con necesidades básicas insatisfechas también se encuentra por debajo de los promedios nacional y departamental. La desigualdad es más baja en Medellín que en el resto del país. En el ámbito productivo, el sector servicios y la industria manufacturera son destacables, aunque el desempleo en la ciudad ha superado el promedio nacional durante la última década.

Medellín enfrenta desafíos sociales complejos, como la persistencia de organizaciones armadas ilegales y la penetración de economías ilícitas. Estos fenómenos estructurales dificultan la construcción de paz y el desarrollo sostenible y equitativo. Para abordar este contexto, es esencial implementar estrategias que combinen acciones de seguridad con inversiones en desarrollo social, generación de oportunidades económicas y fortalecimiento institucional. La coordinación entre autoridades, sociedad civil, sector privado y la comunidad internacional será crucial para sentar las bases de un desarrollo social sostenible. Además, es necesario fomentar una transformación cultural que promueva valores de convivencia y rechace la violencia y la ilegalidad.

El ordenamiento territorial y ambiental de Medellín, en un área urbana y metropolitana compleja como el Valle de Aburrá, enfrenta retos importantes. Las disputas por los recursos naturales, la pérdida de cobertura vegetal en áreas naturales y la presión de la expansión urbana son cuestiones claves que impactan el ordenamiento territorial. La diversificación de actividades económicas, algunas de alto impacto, junto con la mezcla de usos en el área urbana, subraya la necesidad de un ordenamiento eficaz para evitar conflictos y lograr una relación equilibrada entre la población, los usos del suelo y el entorno natural.

Medellín también se enfrenta a desafíos en términos de vulnerabilidad a desastres y recursos limitados para el futuro. Las áreas vulnerables a desastres, la escasa disponibilidad de recursos y la vulnerabilidad ambiental son aspectos que requieren atención. Diversos planes, políticas y estrategias urbanas han sido formulados para abordar la vulnerabilidad frente a condiciones extremas y los cambios futuros. La actualización y fortalecimiento de estas estrategias serán fundamentales para garantizar la resiliencia y el desarrollo sostenible de la ciudad.

En el ámbito rural, se están impulsando iniciativas para promover actividades agropecuarias y huertas urbanas. Sin embargo, aún persisten desafíos como el desperdicio de alimentos y la inseguridad alimentaria, que se abordan mediante estrategias integrales orientadas a un desarrollo sostenible y equitativo.

Medellín enfrenta un desafío significativo en la reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), siendo el sector transporte el principal generador, seguido por el sector de energía estacionaria. Con el objetivo de alcanzar la carbono neutralidad para 2050, el plan de acción climática se enfoca en siete sectores estratégicos, priorizando acciones según los riesgos climáticos y las emisiones de cada uno. Es esencial tomar medidas que fomenten el uso de fuentes de energía más limpias y sostenibles, especialmente en los sectores del transporte y la energía estacionaria.

El sistema energético de Medellín enfrenta desafíos en cuanto a producción y capacidad de generación. La ciudad depende en gran medida de fuentes externas para satisfacer sus necesidades energéticas primarias, con una capacidad limitada de generación secundaria, especialmente a partir de fuentes hidráulicas y solares. El consumo energético está altamente influenciado por combustibles fósiles, especialmente en el sector transporte, lo que resalta la necesidad de avanzar hacia soluciones más sostenibles, como la electrificación del transporte y la diversificación de la matriz energética. Asimismo, el aprovechamiento de biomasa residual, particularmente de residuos sólidos urbanos y del sector pecuario, se presenta como una oportunidad clave para la generación de energía renovable, siendo una base fundamental para las políticas públicas orientadas a la transición energética y al desarrollo económico y ambiental sostenible de la región.

10. Bibliografía

10.1 Condiciones socioeconómicas

DANE. (2021). Indicador de Necesidades básicas insatisfechas.

DANE. (2022). 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.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2022). Indicadores básicos de salud 2022. Situación de salud en Colombia. Bogotá D.C., Colombia

10.2 Economía, infraestructura y producción

Alcaldía de Medellín. (2022). Marco Fiscal de Mediano Plazo 2022- 2031. Anexo 1.

DANE. (2023). Producto interno bruto departamental.

DANE. (2023a). Empleo y desempleo.

DANE. (2023b). Mercado laboral.

Medellín Cómo Vamos. (2018). Informe encuesta de percepción ciudadana de Medellín, 2018. Movilidad y Espacio Público.

Medellín Cómo Vamos. (2020). Informe de calidad de vida de Medellín 2016-2019. Movilidad y Espacio Público.

Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2023). Informe de Viabilidad Fiscal Territorial departamento de Antioquia.

10.3 Desafío y tensiones sociales

Blanquicet, J. (2024, abril 7). Las poderosas mafias que controlan la explotación sexual de menores en Colombia. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/justicia/investigacion/las-poderosas-mafias-que-controlan-la-explotacion-sexual-de-menores-en-colombia-3331288>

Carvajal Bolívar, S. (2023a, febrero 1). Así operan los grupos armados que se disputan el control del norte de Antioquia. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/antioquia-asi-operan-grupos-armados-que-disputan-el-control-del-norte-738530>

Carvajal Bolívar, S. (2023b, octubre 23). Los escenarios ocultos de la explotación sexual de niños y niñas en Medellín. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/medellin-auge-turistico-revela-escenario-oculto-de-explotacion-sexual-de-ninos-y-ninas-818246>

Defensoría del Pueblo. (2020). SAT. Alerta temprana N° 032-2020. <https://www.indepaz.org.co/wp-content/uploads/2020/10/AT-N%C2%B0-032-20-ANT-Medell%C3%ADn.pdf>

Echeverry Campuzano, M. (s/f). Explotación sexual comercial de niños, niñas y adolescentes asociada al turismo en Medellín: El caso de la zona céntrica de El Poblado. Sistema de Información para la Seguridad y Convivencia - SISC. Alcaldía de Medellín. <https://www.medellin.gov.co/es/wp-content/uploads/2021/09/Explotacion-Sexual-comercial-de-Ninos-Ninas-y-Adolescentes-asociada-al-turismo-en-Medellin.pdf>

Godoy, M. (2024, abril 7). Así es la explotación sexual de menores en Medellín. Razón Pública. <https://razonpublica.com/asi-la-explotacion-sexual-menores-medellin/>

- Hernández Naranjo, D. (2023, diciembre 9). Rentas criminales, flagelo subestimado en Medellín. Portafolio. <https://www.portafolio.co/economia/regiones/estudio-revelo-claro-subregistro-de-criminalidad-de-rentas-ilegales-594527>
- Jiménez Valencia, L. R. (2023, septiembre 10). Radiografía de los grupos armados en Antioquia: ¿Cómo funcionan y dónde están ubicados? El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/asi-operan-los-grupos-armados-ilegales-en-antioquia-804303>
- Ownby, J. (2024, abril 7). Niñas prostituidas y extranjeros voraces: La explotación sexual en Medellín. El País. <https://elpais.com/america-colombia/2024-04-08/ninas-prostituidas-y-extranjeros-voraces-la-explotacion-sexual-en-medellin.html>
- Pardo Quintero, C., & Parada Lugo, V. (2023, febrero 3). En mapas: Así se ubican las bandas en Medellín que buscan entrada a la Paz Total. El espectador. <https://www.elespectador.com/colombia-20/paz-y-memoria/mapa-de-bandas-criminales-en-medellin-donde-estan-perfil-y-ubicacion-de-grupos-armados-urbanos-entrarian-en-paz-total/>
- Parrado Beltrán, K. (2024, abril 12). 'Se nos están llevando las niñas'. Mutante. <https://mutante.org/contenidos/se-nos-estan-llevando-las-ninas/#:~:text=Seg%C3%BAn%20su%20diagn%C3%B3stico%2C%20788%20ni%C3%B1as,Fiscal%C3%ADa%20General%20de%20la%20Naci%C3%B3n>
- Pérez, M. (2024, abril 8). ¿Qué está pasando en Colombia en materia de explotación sexual de menores? Radio Nacional de Colombia. <https://www.radionacional.co/actualidad/explotacion-sexual-de-menores-en-colombia-analisis-en-puntos-de-vista>
- Por casos de explotación sexual comercial de niñas, niños y adolescentes en Medellín (Antioquia), Defensor del Pueblo solicita medidas urgentes. (2024, marzo 27). Defensoría del Pueblo. <https://defensoria.gov.co/-/por-casos-de-explotaci%C3%B3n-sexual-comercial-de-ni%C3%B1as-ni%C3%B1os-y-adolescentes-en-medell%C3%ADn-antioquia-defensor-del-pueblo-solicita-medidas-urgentes>
- Por lo menos 140 bandas criminales ponen en riesgo la vida en Medellín. (2020, julio 21). Verdad abierta. <https://verdadabierta.com/por-lo-menos-140-bandas-criminales-ponen-en-riesgo-la-vida-en-medellin/>
- Salazar Sierra, C. (2023, diciembre 15). Venta de drogas y extorsión, las rentas principales del crimen organizado en Medellín. La República. <https://www.larepublica.co/economia/venta-de-drogas-y-extorsion-las-rentas-del-crimen-organizado-en-medellin-3767627>
- Sistema de Inteligencia Turística. (s/f). Perfil del visitante [dataset]. <https://www.turismomde.gov.co/observatorio/perfil-del-visitante>
- Sustitución de economías ilegales, un gran reto para alcanzar la paz urbana. (2023, septiembre 8). Verdad abierta. <https://verdadabierta.com/sustitucion-de-economias-ilegales-un-gran-reto-para-alcanzar-la-paz-urbana/>
- UNODC. (2013). Estudio exploratorio descriptivo de la dinámica delictiva del tráfico de estupefacientes, la trata de personas y la explotación sexual comercial asociada a viajes y turismo en el municipio de Medellín, Colombia. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito - UNODC. https://www.unodc.org/documents/colombia/2013/Noviembre/UNODC_Medellin.pdf
- Valencia, G. (2023, mayo 8). Medellín: Ciudad piloto de la paz urbana. Pares. <https://www.pares.com.co/post/medell%C3%ADn-ciudad-piloto-de-la-paz-urbana>
- Valencia, G. (2024, abril 15). Acabar la explotación sexual en Medellín a punto de volantes. Fundación Paz y Reconciliación. <https://www.pares.com.co/post/acabar-la-explotaci%C3%B3n-sexual-en-medell%C3%ADn-a-punto-de-volantes>

10.4 Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad

- Acto Legislativo 1 de 2021 “POR EL CUAL SE OTORGA LA CALIDAD DE DISTRITO ESPECIAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN A LA CIUDAD DE MEDELLÍN Y SE OTRAS DISPOSICIONES” (2021).
- Acuerdo 48 de 2014 “Por Medio Del Cual Se Adopta La Revisión y Ajuste de Largo Plazo Del Plan de Ordenamiento Territorial Del Municipio de Medellín y Se Dictan Otras Complementarias” - Medellín Todos Por La Vida (2014).
- Acuerdo 48 de 2014 “Por Medio Del Cual Se Adopta La Revisión y Ajuste de Largo Plazo Del Plan de Ordenamiento Territorial Del Municipio de Medellín y Se Dictan Otras Complementarias” - Medellín Todos Por La Vida (2014).
- Alcaldía de Medellín. (2024a). Corregimiento Santa Elena. Alcaldía de Medellín. <https://www.medellin.gov.co/es/corregimientos/gerencia/santa-elena/>
- Alcaldía de Medellín. (2024b). Datos generales de la ciudad. Alcaldía de Medellín - Datos Generales de Medellín. [https://www.medellin.gov.co/es/conoce-algunos-datos-generales-de-la-ciudad/#:~:text=Distribuci%C3%B3n%20pol%C3%ADtica%20%2D%20administrativa%20de%20Medell%C3%ADn,\(rurales%20oficiales\)%3A%2052](https://www.medellin.gov.co/es/conoce-algunos-datos-generales-de-la-ciudad/#:~:text=Distribuci%C3%B3n%20pol%C3%ADtica%20%2D%20administrativa%20de%20Medell%C3%ADn,(rurales%20oficiales)%3A%2052)
- AMVA. (n.d.). Esquema asociativo territorial que impulsa el desarrollo autónomo y sostenible del del Valle de Aburrá. Área Metropolitana Del Valle de Aburrá. Retrieved April 10, 2024, from <https://www.metropol.gov.co/area/Paginas/somos/quienes-somos.aspx>
- AMVA. (2019a). El Río Aburrá-Medellín: del olvido a un cuerpo vivo fundamental para nuestro Valle. Área Metropolitana Del Valle de Aburrá. <https://www.metropol.gov.co/Paginas/Noticias/el-rio-aburra-medellin-del-olvido-a-un-cuerpo-vivo-fundamental-para-nuestro-valle.aspx>
- AMVA. (2019b, December 19). PLANTA AGUAS CLARAS OPERA A FLUJO PLENO Y CON CALIDAD DE VERTIMIENTO. Área Metropolitana Del Valle de Aburrá. <https://www.metropol.gov.co/Paginas/Noticias/planta-aguas-claras-opera-a-flujo-pleno-y-con-calidad-de-vertimiento.aspx>
- AMVA. (2020). Plan de gestión 2020-2023 “Futuro sostenible.”
- Corantioquia. (2022). ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO DIVISORIA VALLE DE ABURRA RIO CAUCA (DRMI DVARC).
- Corantioquia, AMVA, & Cornare. (2016). PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ABURRÁ – NSS (2701-01), LOCALIZADA EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA CORANTIOQUIA) – CONTRATO NO. 1504 -168 DE ABRIL 6 DE 2015.
- El Colombiano. (2023, November 15). Autoridades atienden deslizamientos e inundaciones causados por las fuertes lluvias en Caldas, Antioquia. El Colombiano. <https://www.elcolombiano.com/antioquia/inundaciones-en-caldas-antioquia-por-las-fuertes-lluvias-HB23118852>
- El País. (2023, January 18). La crisis de las lluvias impacta al corazón de Medellín. El País. <https://elpais.com/america-colombia/2023-01-18/la-crisis-de-las-lluvias-impacta-al-corazon-de-medellin.html>
- EPM. (2023a). Centrales hidroeléctricas EPM. Empresas Públicas de Medellín. <https://www.epm.com.co/institucional/sobre-epm/nuestras-plantas/plantas-de-energia/centrales-hidroelectricas-epm.html#accordion-90654c5c92-item-881907a266>
- EPM. (2023b). Plantas de agua EPM Plantas de agua EPM. Empresas Públicas de Medellín. <https://www.epm.com.co/institucional/sobre-epm/nuestras-plantas/plantas-de-agua.html#tabs-c2b9f2f2b0-item-c91d8fe1db-tab>

- IDEAM. (2013). ZONIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS E HIDROGEOLÓGICAS DE COLOMBIA.
- Ideam. (2014). VALORES MEDIOS DE PRECIPITACIÓN DECADAL EN mm PARA PRINCIPALES CIUDADES.
- IDEAM. (2018). Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marítimos de Colombia.
- Ideam. (2020). VULNERABILIDAD AMBIENTAL PERIODO 2011-2040. In Ideam.
- Ideam. (2021). COBERTURA DE LA TIERRA 100K PERIODO 2018. In Ideam.
- Ideam. (2023). Estudio Nacional del Agua 2022.
- López Rueda, M. (2017). Tejiendo historias y bendiciones. Aeropuerto Olaya Herrera - Alcaldía de Medellín. <https://www.aeropuertoolaherrera.gov.co/tejiendo-historias-y-bendiciones/#:~:text=El%20aeropuerto%20inici%C3%B3%20operaciones%20en,salieron%20ese%20a%C3%B1o%20612%20viajeros>
- Medellín Cómo Vamos. (2017). Documento de Trabajo GOBERNANZA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ.
- Observatorio de Bosques de Antioquia. (2020a). FICHA INTERACTIVA: CAUSAS DE LA DEFORESTACIÓN EN ANTIOQUIA (2000 - 2019). Observatorio de Bosques de Antioquia. <https://observatoriobosquesantioquia.org/ficha-causas-deforestacion-en-antioquia-2000-2019/>
- Observatorio de Bosques de Antioquia. (2020b). FICHA INTERACTIVA: DEFORESTACIÓN EN ANTIOQUIA (2000 - 2019). Observatorio de Bosques de Antioquia. <https://observatoriobosquesantioquia.org/ficha-deforestacion-en-antioquia-2000-2019/>
- Redacción UdeA Noticias, & Poedrahita Tamayo, N. (2023, January 17). Desbordamientos e inundaciones, campanazos en la agenda de ciudad. Universidad de Antioquia Noticias. https://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/udea-noticias/udea-noticia!/ut/p/z0/fYyxDslwEEN_haUjSiglwFgxICEGBoTaLOhoTnCQ5NokID6fFgbEwmLZ1rOFFpXQHh50hkTswfa51uq4WK7ySVnIrVSfkqXaFbN5vp7uD1JshP4P9A907TpdCt2wT_hMomo5JLB3g5BJiL_pwg4_ftCR50QNQczke-3J8EB96xYDsaGGwTpwkDBk0mA8cTDgCH3iOHZo0Fryor3p-gUU4ZS3/
- Resolucion 1510 de 2010 “Por La Cual Se Redelimita La Zona Forestal Protectora Declarada y Reservada a Través Del Acuerdo de 1970 de La Junta Directiva Del Inderena, Aprobado Mediante La Resolución Ejecutiva 24 de 1971 Del Ministerio de Agricultura y Se Adoptan Otras Determinaciones.” (2010).
- Resolución 1811-6712 “Por Medio de La Cual Se Aprueba La Actualización Del Plan de Ordenación y Manejo de La Cuenca Hidrográfica Del Rio Aburrá - NSS (2701-01)” (2018).
- SSPD. (2023). Informe Sectorial de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado. Vigencia 2021.
- Universidad de Antioquia, & AMVA. (2016). RED DE MONITOREO AMBIENTAL EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ABURRÁ EN JURISDICCIÓN DEL ÁREA METROPOLITANA FASE V CONVENIO 368 DE 2014 - ADICIÓN I Y ADICIÓN II. <http://www.udea.edu.co/>
- ## 10.5 Sistemas agroalimentarios
- Alcaldía de Medellín. (2023). Distrito Rural Campesino. POT 2014. <https://www.medellin.gov.co/geomedellin/datosAbiertos/309>
- Alcaldía de Medellín. (2024). Equipo de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Medellín. <https://www.medellin.gov.co/es/secretaria-de-inclusion/subsecretaria-de-grupos-poblacionales/equipo-de-seguridad-alimentaria-y-nutricional/>
- 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>
- Distritos de Riego activos. (2023). <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Distritos-de-Riego-activos/rtxu-twjm/data>
- Flechas, J. (2023). La “Paca Digestora” una solución al problema de los residuos orgánicos. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://laud.udistrital.edu.co/medio-ambienteentrevista/la-paca-digestora-una-solucion-al-problema-de-los-residuos-organicos>
- Gaviria, A., Giraldo, J. C., Betancur, H., & Hoyos, P. (2015). Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional del Municipio de Medellín 2016-2028. Alcaldía de Medellín.
- Gobierno de Colombia, Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Agrosavia, & Gobernación de Antioquia. (2021). Actualización del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector Agropecuario PECTIA 2017-2027.
- Jardín Botánico de Medellín. (2024). Laboratorio de Agricultura Urbana. <https://www.botanicomedellin.org/vivenos/que-hacer-en-el-jardin/escenarios-de-aprendizaje/laboratorio-de-agricultura-urbana/>
- Red de huerteros de Medellín. (2023). Red de huerteros de Medellín ¡Siembra por el cuidado de la vida! <https://www.redhuerterosmedellin.org/>
- Restrepo, P., Sandoval, C., Manosalva, K., Vergara, S., Correa, M. I., & Gallego, L. A. (2020). Prácticas comunicativas en la agricultura urbana de Medellín.
- Roca-Lanao, R., Mendoza - Ureche, R., & Manjarrés- Martínez, L. (2022). Balance general del inventario de unidades de producción de acuicultura caracterizadas por el SEPEC durante el periodo 2018 - 2022.
- Ruta Medellín, & Alcaldía de Medellín. (2022). Nodos de innovación especializados. Centro Administrativo Municipal.
- Salazar, D. (2023). La Alcaldía de Medellín capacita a productores de los corregimientos para la comercialización de sus alimentos. Alcaldía de Medellín. <https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/la-alcaldia-de-medellin-capacita-a-productores-de-los-corregimientos-para-la-comercializacion-de-sus-alimentos/>
- Secretaría de Inclusión Social Familia y Derechos Humanos. (2020). Mejoramiento del Sistema Agroalimentario de Medellín.
- SIPRA. (2023a). Aptitudes del suelo. Sistema de Información Para La Planificación Rural Agropecuaria. <https://sipra.upra.gov.co/nacional>
- SIPRA. (2023b). Frontera Agrícola Nacional. Sistema de Información Para La Planificación Rural Agropecuaria. <https://sipra.upra.gov.co/nacional>
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2022). Evaluaciones agropecuarias municipales - Base Agrícola 2019 - 2022. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva_2022.aspx

- UPRA, & ICA. (2022). Evaluaciones agropecuarias municipales - Base pecuaria 2019-2022. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria & Instituto Colombiano Agropecuario. https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva_2022.aspx
- Velásquez, A. (2023). ¿Sabe usted qué es el Distrito Rural Campesino de Medellín y para qué sirve? . Alcaldía de Medellín. <https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/sabe-usted-que-es-el-distrito-rural-campesino-de-medellin-y-para-que-sirve/>

10.6 Emisiones y planes de acción climática

- Alcaldía de Medellín. (2021). *Plan de Acción Climática Medellín 2020–2050*. Medellín, Colombia.
- Climate Transparency. (2020). Obtenido de www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2021/01/Colombia-CT-2020.pdf
- 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.
- Quiceno Rendón, M., Pulido Guio, A. D., Pérez Lara, M. C., & Rodríguez Vargas, P. A. (2021). *Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero*. Valle de Aburrá.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2020). Contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC).

10.7 Sistema energético

- Altan, H. S., Orhon, D., & Sözen, S. (2022). Energy Recovery Potential of Livestock Waste with Thermal and Biological Technologies: Analysis on Cattle, Sheep, Goat and Chicken Manure. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(2), 39–52. <https://doi.org/10.32479/ijeep.12733>
- Amante-Orozco, A., Martínez-Esquivel, R. Rössel-Kipping, E. D., Pimentel-López, J., García-Herrera, E. J., & Gómez-González, A. (2019). Anaerobia digestion of sheep manure to produce biogas and biofertilizer. *Agroproductividad*, 12(4), 39–43. <https://doi.org/https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1201>
- ANH. (2024). Estadísticas e Informes. <https://www.anh.gov.co/es/operaciones-y-regal%C3%ADas/regal%C3%ADas-de-producci%C3%B3n/estad%C3%ADsticas-e-informes/>
- 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*.
- Buriticá, C., Ramírez, C., López, G., Moreno, R., Martínez, F., & Aldana, F. (2020). Los recursos distribuidos de bioenergía en Colombia. *Universidad Nacional de Colombia*.
- CENIT. (2024). Poliductos. <https://cenit-transporte.com/poliductos/>
- Da Lio, L., Castello, P., Gianfelice, G., Cavalli, R., & Canu, P. (2021). Effective energy exploitation from horse manure combustion. *Waste Management*, 128, 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.035>
- Daojun, X., Lixin, W., & Liqun, X. (2014). Analysis of direct combustion characteristics of pig manure based on thermogravimetry[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 30(5), 162–168.
- Dede, O. H., & Ozer, H. (2018). Enrichment of poultry manure with biomass ash to produce organomineral fertiliser. *Environmental Engineering Research*, 23(4), 449–455. <https://doi.org/https://doi.org/10.4491/eer.2018.081>

- Dionizio, A. F., Vale, A. T. do, Moreira, A. C. O., Galvão, L. G. O., Chaves, B. S., & Costa, M. de A. (2019). Agregação de valor a resíduos agroindustriais para fins energéticos. *Revista de Ciências Agrárias*, 42(2), 251–260. <https://doi.org/10.19084/rca.15129>
- Domínguez, M., Araus, 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/>
- 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>
- Gabisa, E. W., & Gheewala, S. H. (2018). Potential of bio-energy production in Ethiopia based on available biomass residues. *Biomass and Bioenergy*, 111(February), 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.02.009>
- Guio-Pérez, D. C., Rincón Prat, S. L., Cáceres Martínez, L. E., & Tibocho Guzmán, D. A. (2016). Suitability analysis of residual biomass in Colombia for Gasification un fluidized bed. *24th European Biomass Conference and Exhibition*, 1(June), 870–879.
- Khan, M. U., Ahmad, M., Sultan, M., Sohoo, I., Ghimire, P. C., Zahid, A., Sarwar, A., Farooq, M., Sajjad, U., Abdeslahian, P., & Yousaf, M. (2021). Biogas production potential from livestock manure in Pakistan. *Sustainability (Switzerland)*, 13(12), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su13126751>
- Orrego, C. E., Salgado, N., & Díaz, 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
- PROMIGAS. (2024). *Informes del Sector Gas Natural Colombia*. https://www.promigas.com/Paginas/Nuestra_Empresa/ESP/Informes-del-Sector-Gas-Natural-Colombia.aspx
- Quintero, C. A., Luis, O., Quiroga, F., Universidad, V., Francisco, D., & De, J. (2017). *Estimación del potencial energético a partir de la biomasa primaria agrícola en el departamento de Cundinamarca*.
- Ramírez, S. (2017). *Manejo de Excretas de Ovejas Mediante Compostaje, Inoculado con Microorganismos de Montaña (MM) Nativos en La Finca Experimental Santa Lucia, Heredia*. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/14182>
- Ramos-Suárez, J. L., Ritter, A., Mata González, J., & Camacho Pérez, A. (2019). Biogas from animal manure: A sustainable energy opportunity in the Canary Islands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104(December 2018), 137–150. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.025>
- Rossini, G., Toscano, G., Duca, D., Corinaldesi, F., Foppa Pedretti, E., & Riva, G. (2013). Analysis of the characteristics of the tomato manufacturing residues finalized to the energy recovery. *Biomass and Bioenergy*, 51, 177–182. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.01.018>
- Sagastume Gutiérrez, A., Cabello Eras, J. J., Hens, L., & Vandecasteele, C. (2020). The energy potential of agriculture, agroindustrial, livestock, and slaughterhouse biomass wastes through direct combustion and anaerobic digestion. The case of Colombia. *Journal of Cleaner Production*, 269. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122317>
- Shamsul, N. S., Kamarudin, S. K., Kofli, N. T., & Rahman, N. A. (2017). Optimization of bio-methanol production from goat manure in single stage bio-reactor. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(14), 9031–9043. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.05.228>
- SICOM. (2024). Boletín estadístico. <https://www.sicom.gov.co/index.php/boletin-estadistico>

- Sistema Geológico Colombiano. (2024). Zonas Carboníferas de Colombia. <https://datos.sgc.gov.co/maps/0fd8488d21d14cad952cbacbe3fa3164/about>
- Superservicios. (2024). SUI. <https://sui.superservicios.gov.co/>
- 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. (2015). Atlas del Potencial Hidroenergético de Colombia. <https://www1.upme.gov.co/Paginas/Primer-Atlas-hidroenergetico-revela-gran-potencial-en-Colombia.aspx>
- UPME. (2023). Plan Nacional de Sustitución de Leña. <https://www1.upme.gov.co/sipg/Paginas/Plan-nacional-sustitucion-le%C3%B1a.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
- UPRA. (2022). *Evaluaciones agropecuarias municipales - Base Agrícola 2019 - 2022*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva_2022.aspx
- World Bank, ESMAP, & SOLARGIS. (2024). Global solar atlas. <https://globalsolaratlas.info/map>
- World Bank, ESMAP, VORTEX, & DTU. (2024). Global wind atlas. <https://globalwindatlas.info/en/>
- XM. (2024). PARATEC. <https://paratec.xm.com.co/paratec/SitePages/generacion.aspx?q=capacidad>

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

12. Anexos

12.1 Anexo A: Ordenamiento territorial hacia la sostenibilidad

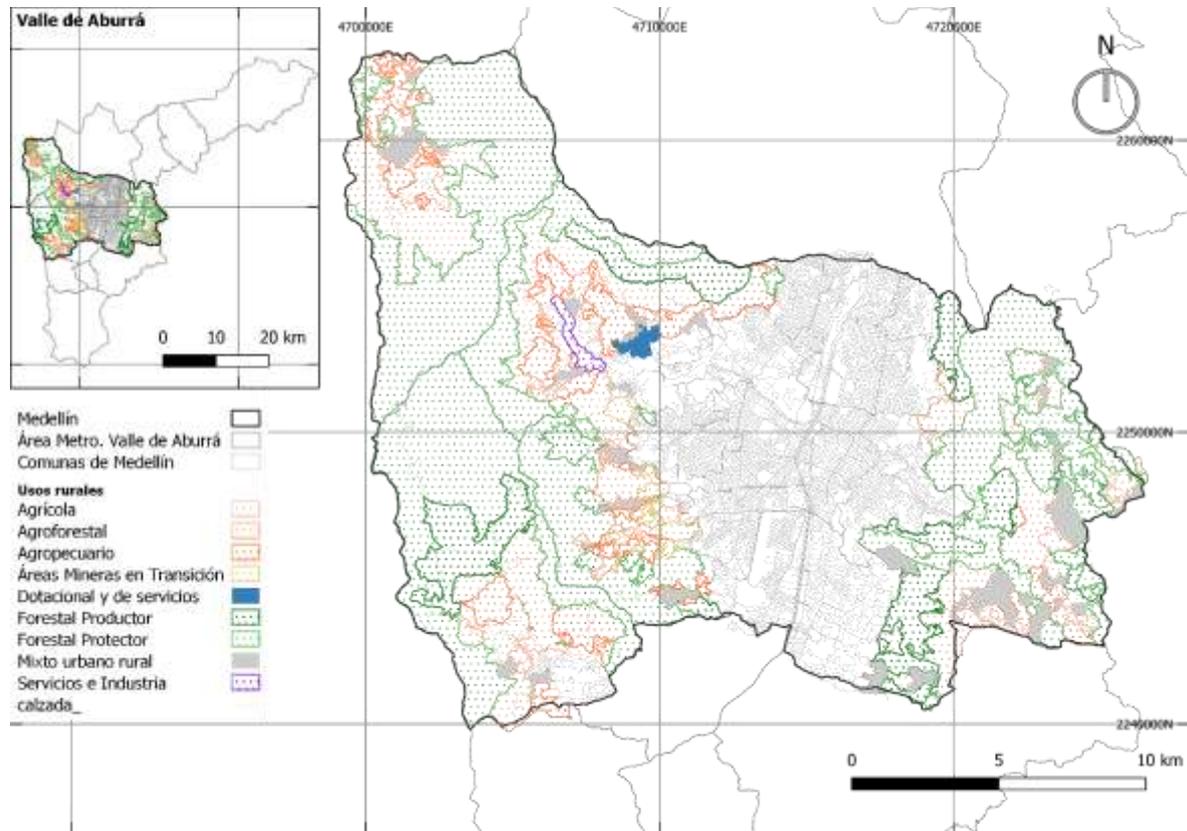


Figura 12-1 Usos en el área rural de Medellín según el POT Acuerdo 43 de 2014. Fuente: Alcaldía de Medellín. Elaboración propia.

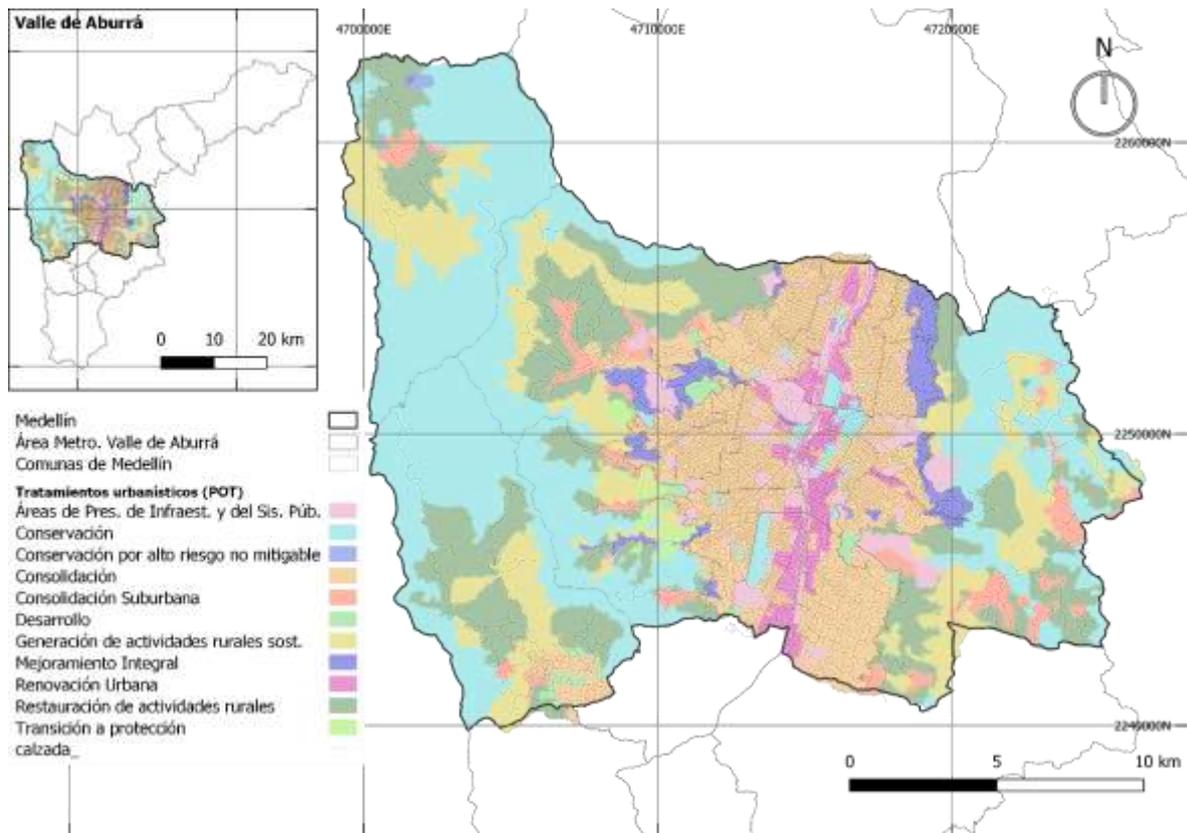


Figura 12-2 Tratamientos urbanísticos de diferentes áreas de Medellín. Fuente: Alcaldía de Medellín. Elaboración propia.

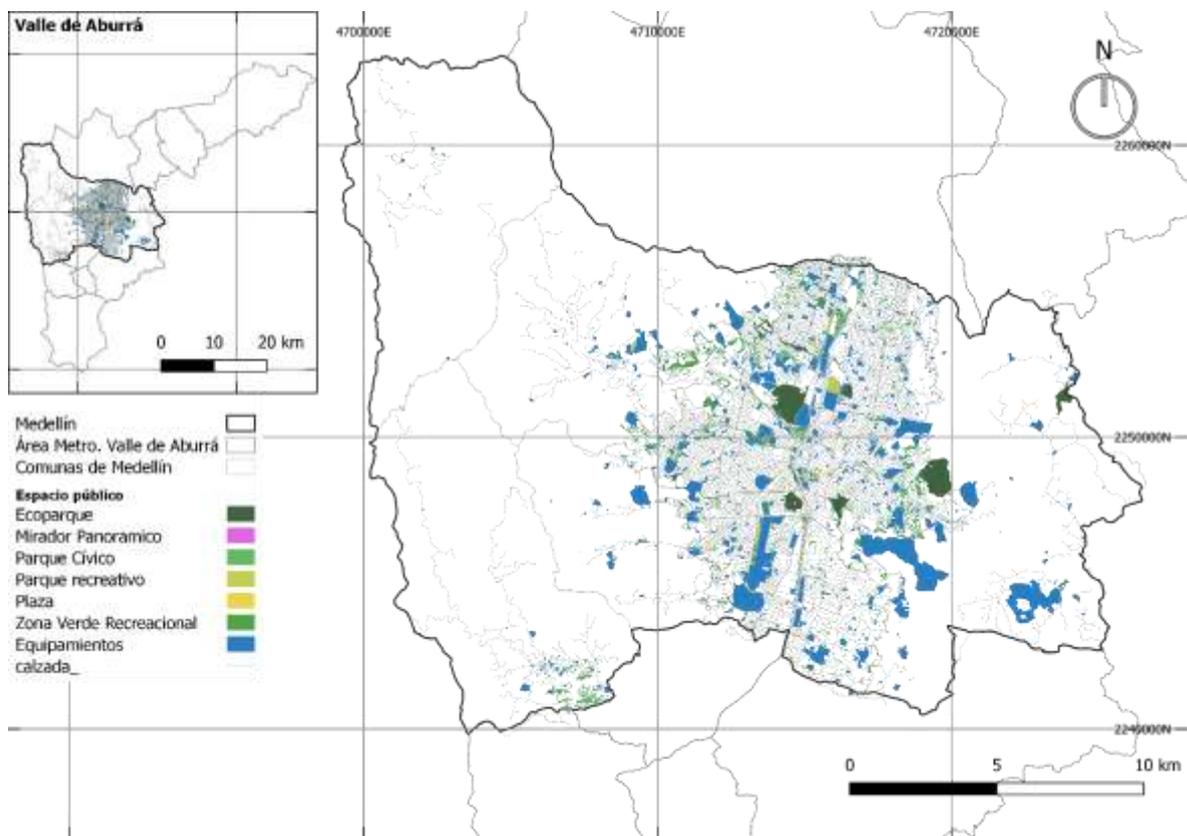


Figura 12-3 Áreas dotacionales de Medellín. Fuente: Alcaldía de Medellín. Elaboración propia.

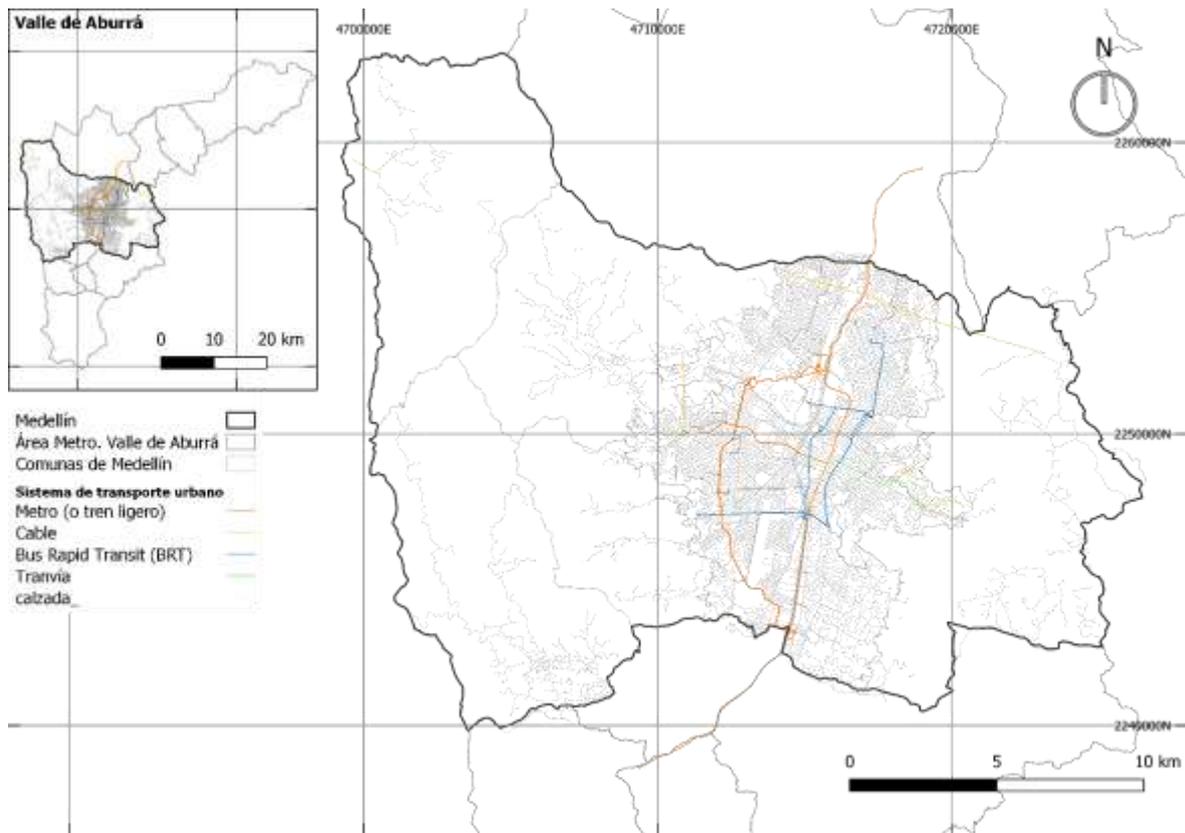


Figura 12-4 sistema de transporte urbano de Medellín. Fuente: Alcaldía de Medellín. Elaboración propia.

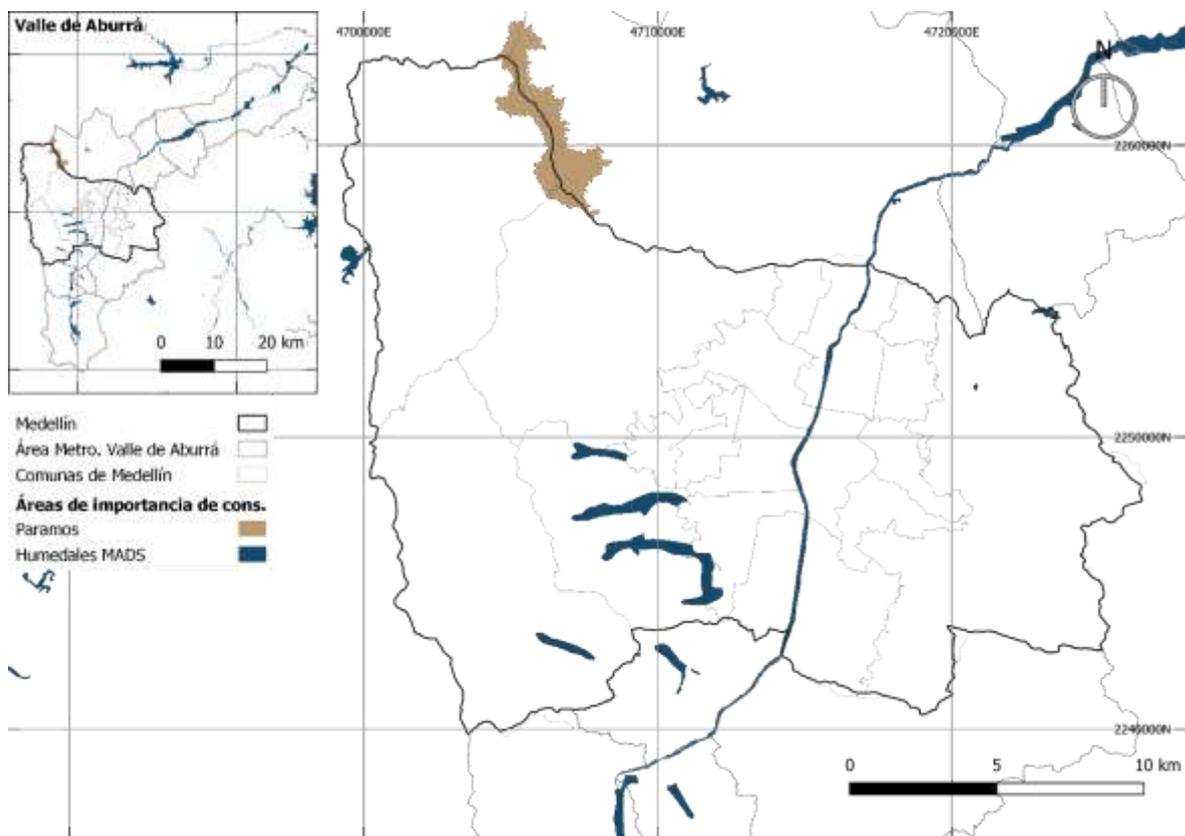


Figura 12-5 Áreas de importancia de conservación en Medellín. Fuente: Ideam. Elaboración propia.

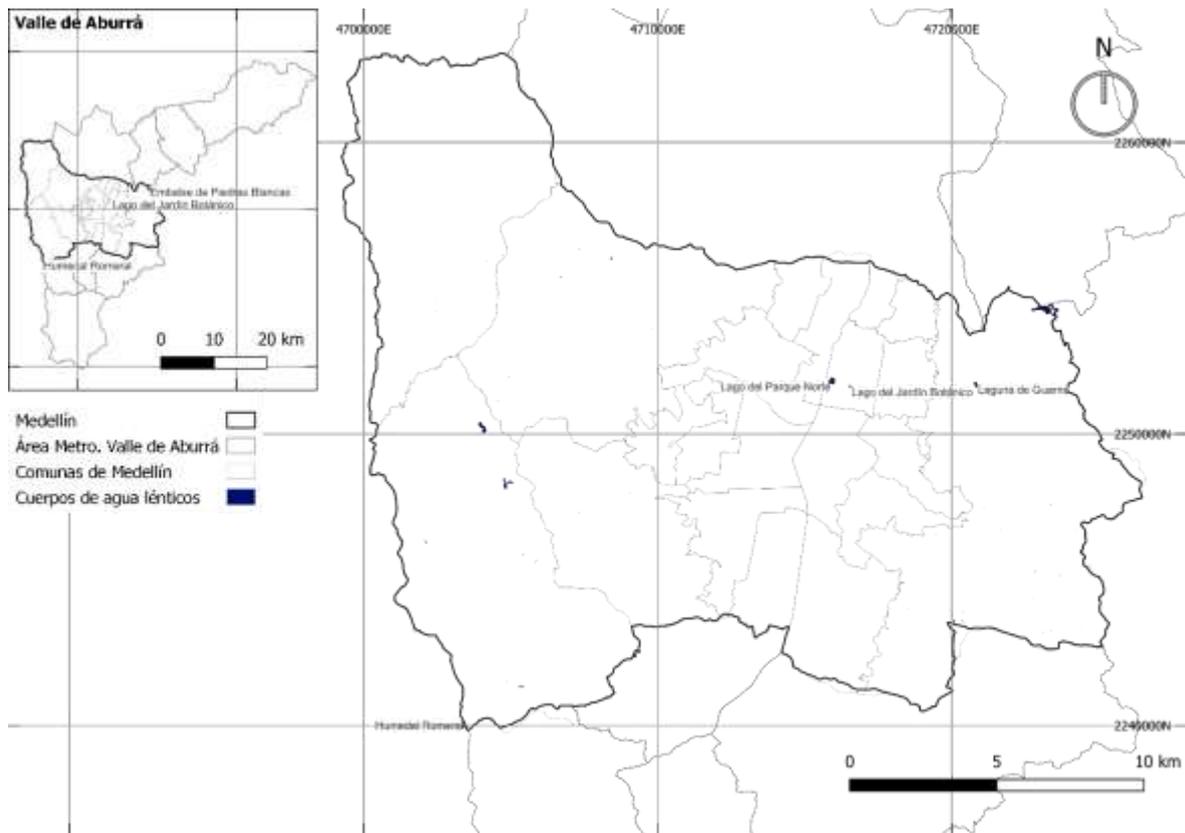


Figura 12-6 Cuerpos de agua lénticos de Medellín. Fuente: Alcaldía de Medellín. Elaboración propia.

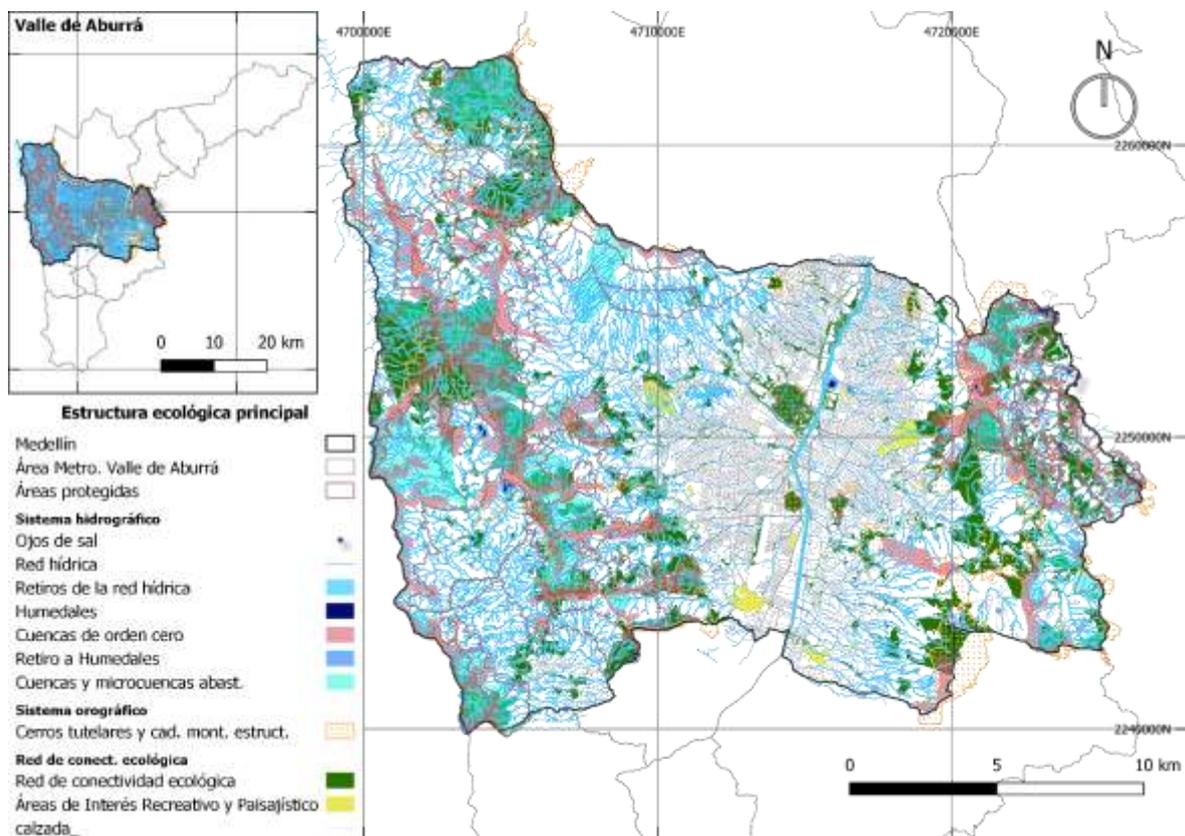


Figura 12-7 Estructura Ecológica Principal de Medellín. Fuente: Alcaldía de Medellín. Elaboración propia.

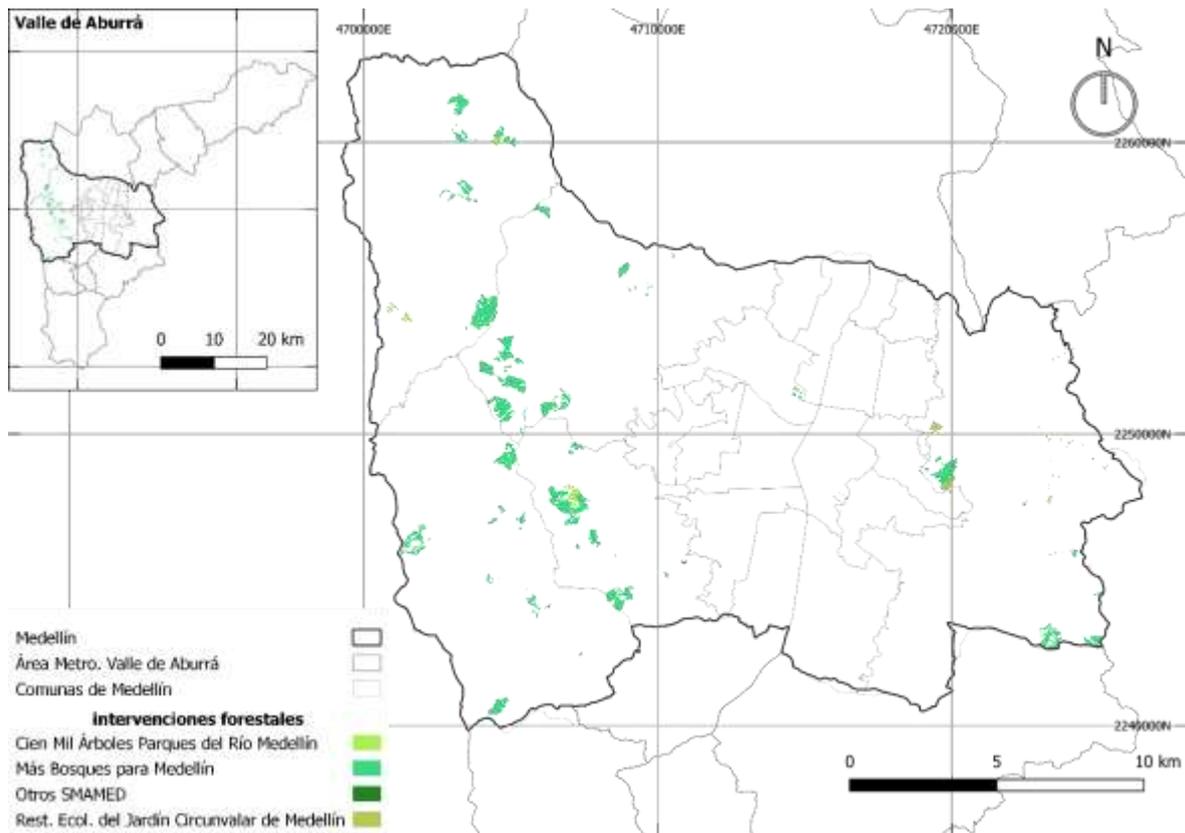


Figura 12-8 Intervenciones forestales en Medellín. Fuente: Alcaldía de Medellín. Elaboración propia.

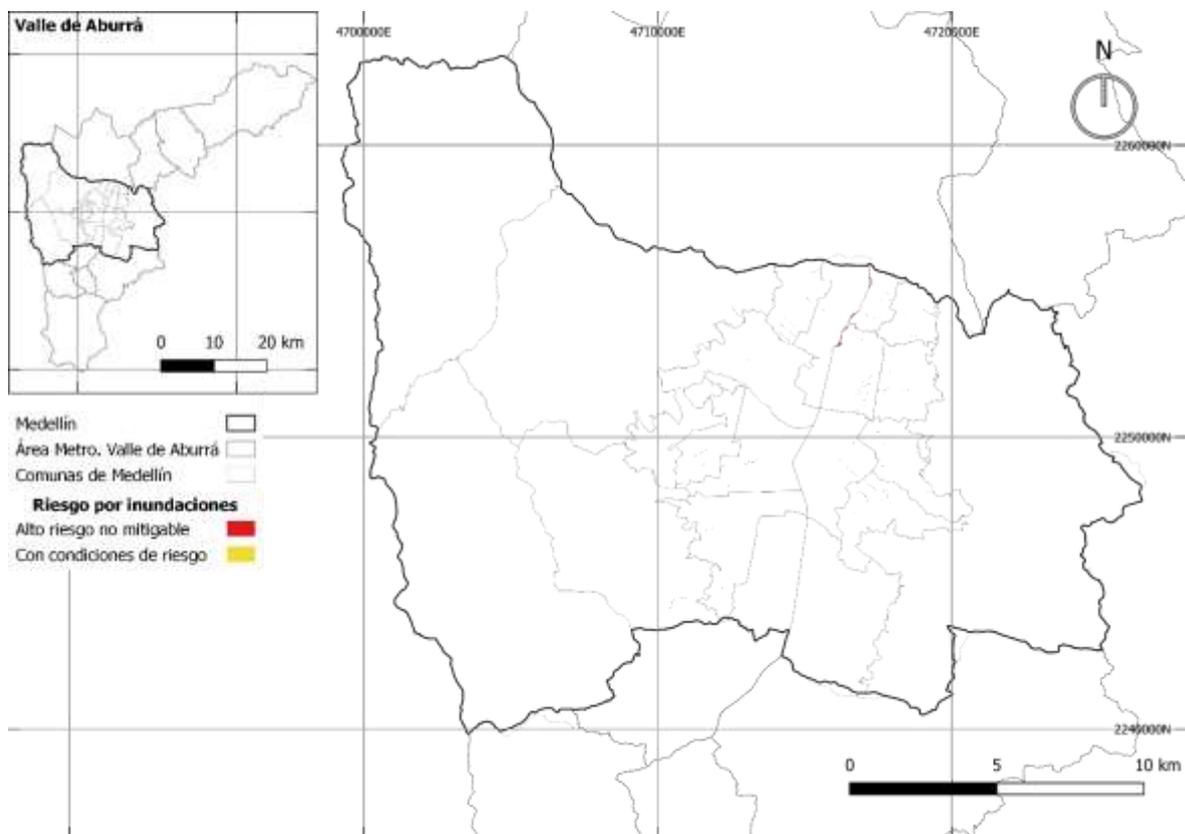


Figura 12-9 Riesgo por inundaciones en Medellín. Fuente: Alcaldía de Medellín. Elaboración propia.

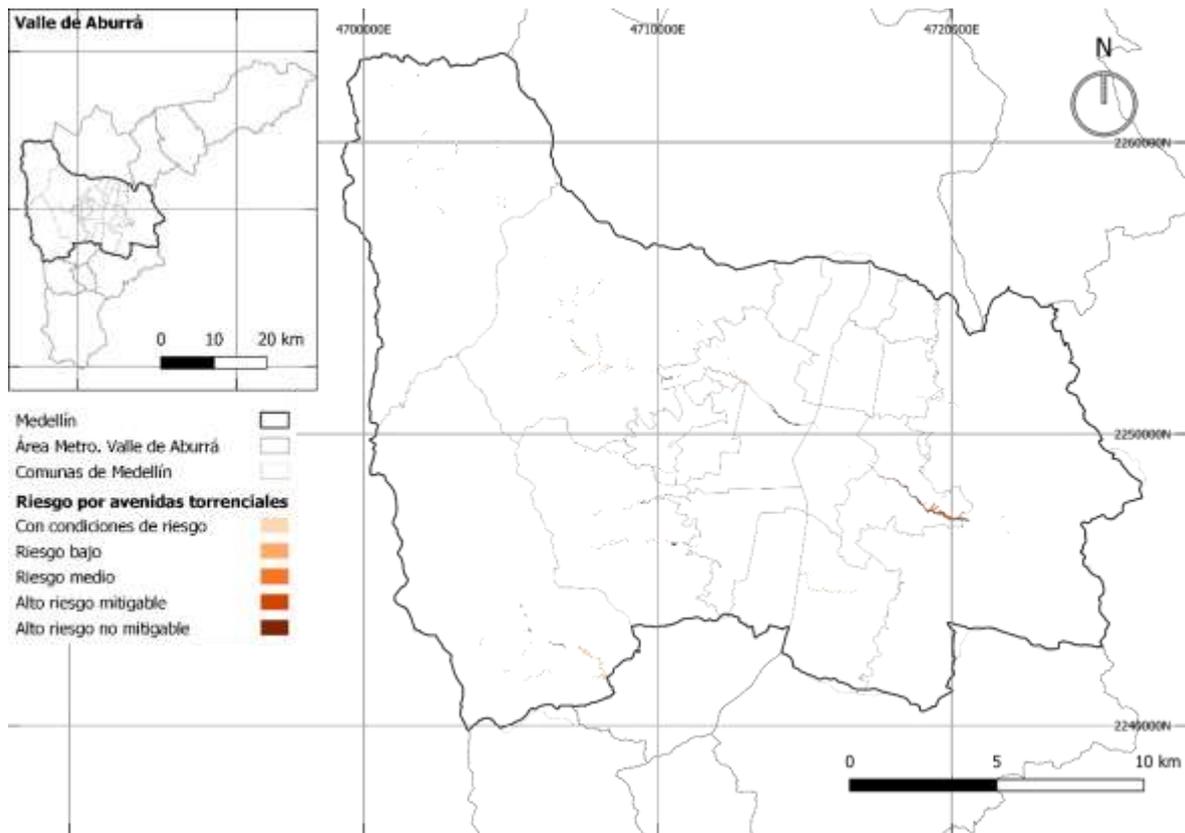


Figura 12-10 Riesgo por Avenidas torrenciales en Medellín. Fuente: Alcaldía de Medellín. Elaboración propia.

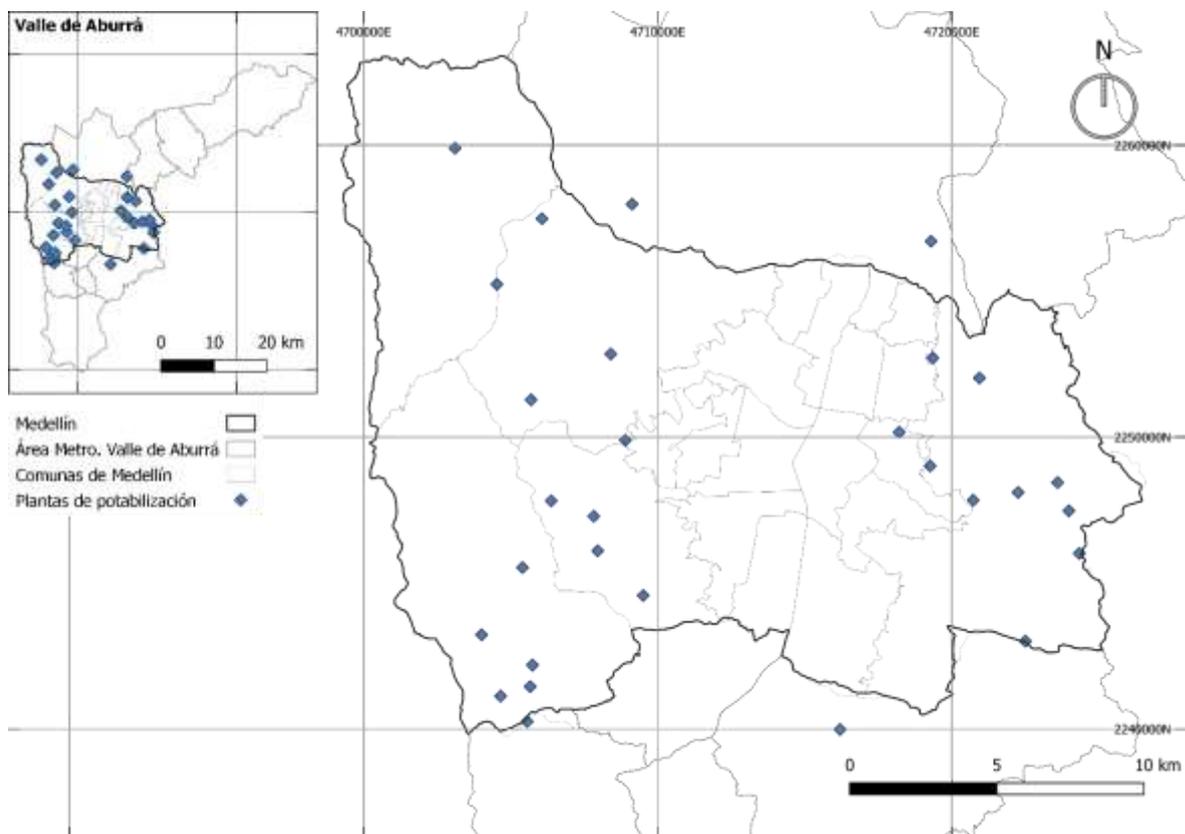


Figura 12-11 Plantas de potabilización menores administradas por juntas locales en Medellín. fuente: Alcaldía de Medellín. Elaboración propia.

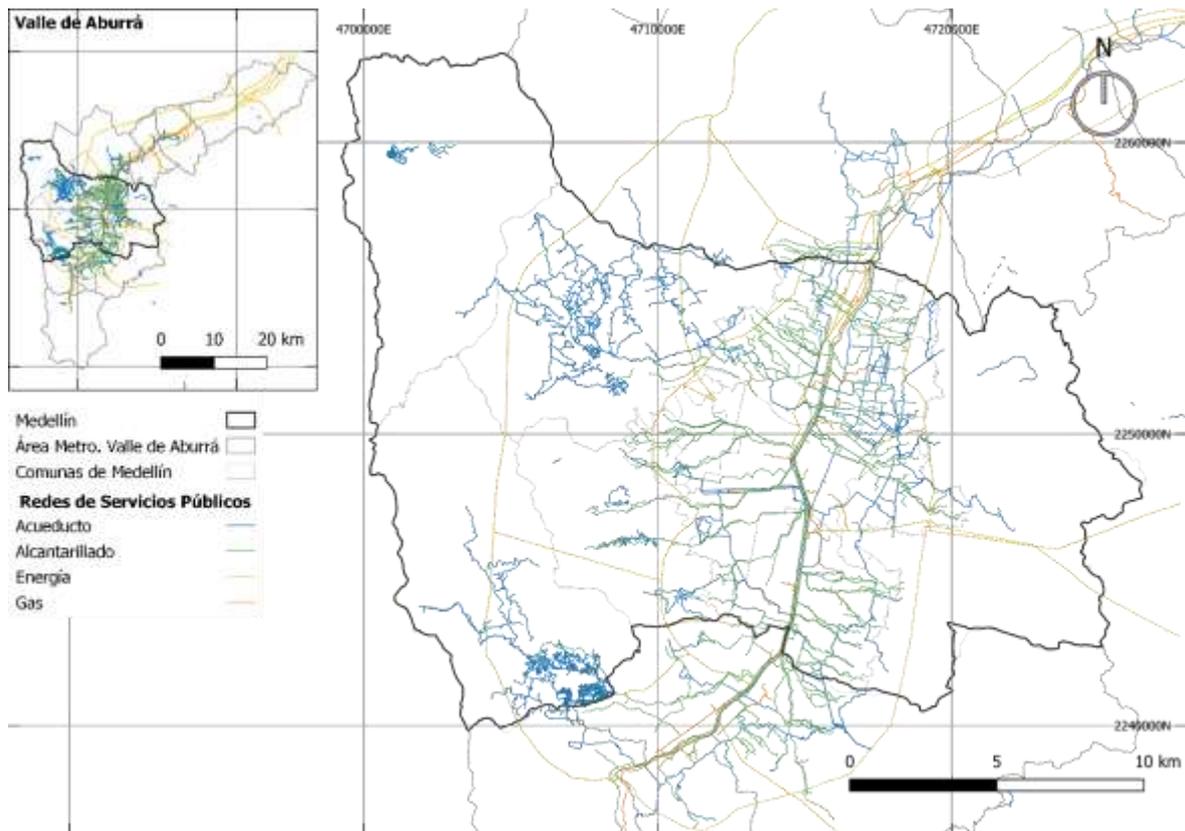


Figura 12-12 Red de Servicios Públicos Domésticos en el Valle de Aburrá. Fuente: Alcaldía de Medellín. Elaboración propia.

12.2 Anexo B: Sistema energético

Tabla 12-1. Parámetros usados en el cálculo del potencial energético teórico y técnico de los residuos agrícolas en Medellín

Producto	Tipo de residuo	Factor de residuo [decimal]	Humedad [decimal]	Poder calorífico inferior [kJ/kg]	Factor disponibilidad [decimal]
Aguacate	Semilla	0,3 ^e	0,4 ^e	14.600 ^e	0,3 ^b
Café	Hoja	0,2 ^a	0,1 ^a	15.464,0 ^a	0,3 ^a
	Pulpa	2,4 ^a	0,3 ^a	16.856,0 ^a	0,0 ^a
	Tallo	3,2 ^a	0,2 ^a	19.046,5 ^a	0,0 ^a
Caña panelera	Hojas y parte alta	0,3 ^a	0,5 ^a	18.114,5 ^a	0,0 ^a
	Bagazo	0,4 ^a	0,5 ^a	14.448,0 ^a	0,0 ^a
Frijol	Tallos y hojas	1,3 ^g	0,1 ^f	14.165 ^g	0,4 ^g
Papa	Cáscara	0,4 ⁱ	0,2 ⁱ	16.000 ⁱ	0,0 ^h
Plátano	Fruto rechazado	0,4 ^a	0,8 ^a	13.079,0 ^a	0,0 ^a
	Raquis	1,0 ^a	0,9 ^a	11.547,5 ^a	0,0 ^a
	Tallo	4,8 ^a	0,9 ^a	12.316,0 ^a	0,0 ^a
Tomate	Tallos y hojas	0,9 ^d	0,1 ^d	15190 ^d	0,4 ^g
	Semillas	0,3 ^c	0,05 ^c	22700 ^c	0,3 ^b
	Cáscara	0,3 ^c	0,05 ^c	21900 ^c	0,3 ^b

Fuente: a: Guio-Pérez et al., 2016; b: Orrego et al., 2020; c: Rossini et al., 2013; d: Quintero et al., 2017; e: Domínguez et al., 2014; f: Dionizio et al., 2019; g: Buriticá et al., 2020; h: Sagastume Gutiérrez et al., 2020; i: Gabisa & Gheewala, 2018.

Elaboración propia

Tabla 12-2. Parámetros usados en el cálculo del potencial teórico y técnico de los residuos pecuarios en Medellín

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

Fuente: 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.