



Modelo de planificación territorial para mejorar el uso del recurso hídrico en las áreas metropolitanas de Colombia constituidas y reconocidas por la Ley 1625 de 2013 durante el periodo 2020 - 2025

TESIS DOCTORAL

que, para obtener el Grado de Ph.D.

DOCTOR EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS

PRESENTA

Oscar Alberto Alarcón Pérez

ASESOR

Dra. Ileana Gloria Pérez Vergara

México, 2026

La presente Tesis Doctoral debe ser citada como:

Alarcón Pérez, Oscar Alberto (2026). *Modelo de planificación territorial para mejorar el uso del recurso hídrico en las áreas metropolitanas de Colombia constituidas y reconocidas por la Ley 1625 de 2013 durante el periodo 2020 - 2025*. [Tesis de Doctorado de la Universidad de Investigación e Innovación de México - UIIX]



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Sin Derivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Se permite la reproducción total o parcial y la comunicación pública de la obra con reconocimiento de la autoría y mención de la Universidad de Investigación e Innovación de México - UIIX.

No se permite el uso comercial ni la creación de obras derivadas.

Resumen

La presente investigación aborda la problemática del uso ineficiente del recurso hídrico en las áreas metropolitanas de Colombia constituidas bajo la Ley 1625 de 2013, evidenciada en la desarticulación entre la planificación territorial y la gestión ambiental. El objetivo central fue diseñar un modelo de planificación territorial enfocado en el uso sostenible del agua, integrando criterios normativos, prospectivos y de sostenibilidad. Metodológicamente, la investigación adoptó un enfoque mixto, con una fase descriptiva y correlacional sustentada en un análisis bibliométrico, un diagnóstico territorial y la aplicación de la lista de chequeo normativo a siete áreas metropolitanas del país, Una fase final propone un modelo de planificación territorial el cual fue desarrollado a partir de la técnica de panel de expertos y validado mediante el método Delphi. Los resultados evidenciaron debilidades en la integración del recurso hídrico en los planes estratégicos metropolitanos, baja participación de actores sociales y limitada visión prospectiva en la planificación. Como resultado se formuló un modelo de planificación territorial hídrica que articula la gestión institucional, social y ambiental bajo principios de trazabilidad, gobernanza y sostenibilidad. Se concluye que el fortalecimiento de la planificación hídrica metropolitana requiere de una visión prospectiva, la integración de actores y la adopción de mecanismos de gestión adaptativa que garanticen el equilibrio entre desarrollo urbano y preservación de los recursos naturales.

Palabras Claves: recurso hídrico, planeación territorial, área metropolitana, impacto ambiental

Abstract

This research addresses the problem of inefficient water use in Colombia's metropolitan areas established under Law 1625 of 2013, evidenced by the disconnect between territorial planning and environmental management. The main objective was to design a territorial planning model focused on sustainable water use, integrating regulatory, prospective, and sustainability criteria. Methodologically, the research adopted a mixed approach, with a descriptive and correlational phase based on a bibliometric analysis, a territorial diagnosis, and the application of a regulatory checklist to seven metropolitan areas in the country. A final phase proposes a territorial planning model that was developed using the expert panel technique and validated using the Delphi method. The results revealed weaknesses in the integration of water resources into metropolitan strategic plans, low participation by social actors, and limited foresight in planning. As a result, a territorial water planning model was formulated that articulates institutional, social, and environmental management under the principles of traceability, governance, and sustainability. It is concluded that strengthening metropolitan water planning requires a forward-looking vision, the integration of stakeholders, and the adoption of adaptive management mechanisms that ensure a balance between urban development and the preservation of natural resources.

Keywords: water resources, territorial planning, metropolitan area, environmental impact

Agradecimientos

A la Universidad de Investigación e Innovación y al Doctorado en Dirección de Proyectos por permitirme el crecimiento académico y profesional en este plan de aprendizaje.

A la Dra. Ileana Gloria Pérez Vergara asesora del proyecto quien con su apoyo y dirección asumió el acompañamiento de este proyecto doctoral.

A las diferentes personas y funcionarios de las áreas metropolitanas de Colombia quienes con sus aportes estructuraron los procesos de caracterización y análisis de la planificación de estos entes territoriales.

A la Universidad Antonio Nariño (Colombia) por apoyar los procesos investigativos de alto impacto global y de pertinencia regional.

Dedicatorias

A DIOS en su grandeza.

A mi esposa Lina Marisol Bravo Niño y a mi Hijo Juan Esteban Alarcón Bravo pilares de construcción y superación.

A mis Padres y Hermanos.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I. Proyección de la Investigación	15
1.1. Línea De Investigación de la Universidad de Innovación e Investigación de México y su Ámbito de Estudio	15
1.2. Planteamiento del Problema	16
1.3. Formulación del Problema (Pregunta de Investigación)	20
1.4. Justificación	21
1.5. Objeto de Estudio	23
1.6. Campo de Acción	24
1.7. Objetivos	24
1.7.1. Objetivo General	24
1.7.2. Objetivos Específicos	25
1.8. Hipótesis	25
1.9. Alcance Temático	25
1.10. Delimitación Espacial y Temporal	26
CAPÍTULO II. Fundamentos Teóricos Referenciales	28
2.1. Estado del Arte (Marco Histórico y Actual)	28
2.2. Marco Teórico	33
2.2.1. Modelos Teóricos de Planificación	39
2.3. Marco Conceptual	53
2.4. Marco Contextual	56
2.5. Marco Legal y Normativo	58
CAPÍTULO III. Fundamentos Metodológicos y Resultados de Investigación	63
3.1. Cuadro Operacionalización de Variables	63
3.2. Diseño Metodológico	66
3.2.1. Definición del Enfoque, Diseño y Tipo de Investigación de la Tesis	68
3.2.2. Definición de Métodos, Técnicas e Instrumentos de Obtención de Datos	69

	7
3.2.3. Desarrollo de los Instrumentos de Obtención de Datos	72
3.2.4. Determinación de la Muestra y su Criterio de Selección	77
3.3. Trabajo de Campo	77
3.3.1. Aplicación de los Instrumentos	79
3.3.2. Procesamiento de la Información	82
3.4. Análisis de los Resultados en los Datos Obtenidos	84
3.4.1. Revisión y Análisis Bibliométrico	84
3.4.2. Caracterización Áreas Metropolitanas	86
3.4.3. Caracterización Sociodemográfica de las Áreas Metropolitanas	86
3.4.4. Caracterización Hídrica de las Áreas Metropolitanas	98
3.4.5. Planificación Hídrica en Áreas Metropolitanas de Colombia	120
3.5. Redacción de Resultados y Discusión	127
CAPÍTULO IV: Propuesta de Planeación Hídrica para las Áreas Metropolitanas de Colombia	132
4.1. Fundamentación de la Propuesta de Transformación	134
4.2. Descripción de la Propuesta de Transformación	136
4.3. Objetivos de la Propuesta	138
4.3.1. Objetivo General de la Propuesta	138
4.3.2. Objetivos Específicos de la Propuesta	139
4.4. Actividades, Fases y/o Etapas	139
4.5. Recursos Necesarios para la Aplicación de la Propuesta	141
4.6. Resultados	142
4.6.1. Resultados o Productos a Obtener	142
4.6.2. Indicadores, Criterios de Evaluación o de Instrumentación	151
4.7. Valoración/ Evaluación / Validación de la Propuesta de Transformación	153
CONCLUSIONES	158
RECOMENDACIONES	161
BIBLIOGRAFÍA	163

ANEXOS	177
Anexo 1. Metodología de Análisis Bibliométrico	177
Anexo 2. Ficha de Caracterización Hídrica Áreas Metropolitanas	179
Anexo 3. Check List y Análisis de Correlación en Áreas Metropolitanas de Colombia	182
Anexo 4. Panel de Expertos y Creación de Modelo	184
Anexo 5. Registro Fotográfico Panel de Expertos	189

Índice de Figuras

Figura 1	Áreas Metropolitanas de Colombia	27
Figura 2	Evolución Histórica de la Planificación Territorial y la Gestión Hídrica en Colombia (1974–2025)	33
Figura 3	Modelo de Hechos Metropolitanos del AM del Valle de Aburrá	46
Figura 4	Plan de Gestión 2020-2023 Futuro Sostenible AM del Valle de Aburrá	47
Figura 5	Sistema Estratégico del PIDM 2021-2032 AM del Valle de Aburrá	47
Figura 6	Modelo de Dimensiones Estratégicas Área Metropolitana de Valledupar	48
Figura 7	Plan Operativo HM3 Área Metropolitana de Valledupar	49
Figura 8	Lineamiento de Prosperidad Área Metropolitana de Bucaramanga	50
Figura 9	Ejes Estratégicos Área Metropolitana de Cúcuta	50
Figura 10	Líneas Estratégicas PIDM Área Metropolitana Centro Occidente	51
Figura 11	Áreas Temáticas AM Bogotá-Cundinamarca	52
Figura 12	Diseño Metodológico	66
Figura 13	Estructura del Instrumento de Recolección de Información	74
Figura 14	Cronograma de Realización del Proyecto Doctoral	79
Figura 15	Hidrografía Áreas Metropolitanas del Valle de Aburrá	99
Figura 16	Cuencas Aledañas que Abastecen a la Cuenca del Río Aburrá	100
Figura 17	Cuencas del Área Metropolitana de Barranquilla	103
Figura 18	Hidrografía Áreas Metropolitanas de Barranquilla	104
Figura 19	Hidrografía Áreas Metropolitanas de Bucaramanga	107
Figura 20	Hidrografía Áreas Metropolitanas de Cúcuta	109

Figura 21	Hidrografía Áreas Metropolitanas Centro-Occidente	112
Figura 22	Hidrografía Áreas Metropolitanas de Valledupar	114
Figura 23	Hidrografía Región Metropolitana Bogotá - Cundinamarca	116
Figura 24	Valoración de la Planificación Hídrica en Áreas Metropolitanas	121
Figura 25	Factores de Medición por Área Metropolitana	122
Figura 26	Base de Formulación y Planificación	122
Figura 27	Gestión del Sistema Hídrico	123
Figura 28	Participación y Cooperación	124
Figura 29	Componente Presupuestal	125
Figura 30	Esquema de Planificación Territorial en un Área Metropolitana	133
Figura 31	Metodología de Planeación Hídrica Metropolitana	144
Figura 32	Gestión Metropolitana del Agua	145
Figura 33	Factor Hídrico en los Proyectos Metropolitanos	146
Figura 34	Inclusión Factor Hídrico en la Planeación Metropolitana	147
Figura 35	Objetivos Metropolitanos y la Correlación con la Gestión Hídrica	148
Figura 36	Crecimiento Sostenible como Elemento de Planeación Metropolitana	149
Figura 37	Plan de Choque Recurso Hídrico Metropolitano	150

Índice de Tablas

Tabla 1	Riesgo Hídrico en Colombia	17
Tabla 2	Cuadro Metodológico. Eje Temático y Cadena Relacional Causal.	35
Tabla 3	Normatividad del Agua en Colombia	60
Tabla 4	Operacionalización de Variables de Investigación	64
Tabla 5	Pilares y Variables de Medición	74
Tabla 6	Población en Colombia y sus Áreas Metropolitanas	87
Tabla 7	Distribución de la Población en Áreas Metropolitanas de Colombia	88
Tabla 8	Comparativa del PIB Entre las Áreas Metropolitanas y Colombia	89
Tabla 9	Comparativa del PIB Entre Áreas Metropolitanas	90
Tabla 10	Áreas Metropolitanas en Colombia Datos Socioeconómicos	91
Tabla 11	Índice de Competitividad de Ciudades por Áreas Metropolitanas	93
Tabla 12	ICC (Sostenibilidad Ambiental) por Ciudades Principales de Áreas Metropolitanas	93
Tabla 13	Índice de Ciudades Modernas por Municipios en Áreas Metropolitanas	94
Tabla 14	Índice de Ciudades Modernas Consolidado en Áreas Metropolitanas	95
Tabla 15	Índice de Ciudades Modernas por Municipio en Áreas Metropolitanas	96
Tabla 16	ÍCM. Factor de Sostenibilidad por Principales Ciudades en Áreas Metropolitanas	97
Tabla 17	Resumen Hidrografía Áreas Metropolitanas de Colombia	118
Tabla 18	Área Metropolitana por Factor	126
Tabla 19	Costos Relacionados a los Paneles de Expertos	141

Tabla 20	Validación Modelo de Planificación Metropolitana.	152
Tabla 21	Matriz Resumen de Valoración del Modelo de Planificación Metropolitana con Enfoque Hídrico	155

INTRODUCCIÓN

La gestión del recurso hídrico se ha consolidado como uno de los principales retos para la planificación territorial contemporánea, especialmente en contextos metropolitanos donde confluyen procesos de urbanización acelerada, presión sobre los ecosistemas y demandas crecientes de agua. En Colombia, las áreas metropolitanas constituyen escenarios estratégicos para la articulación entre el desarrollo urbano, la sostenibilidad ambiental y la gobernanza territorial, siendo necesario fortalecer modelos de planificación que integren la dimensión hídrica como eje estructurante de la organización espacial y funcional del territorio.

La planificación territorial y la gestión del recurso hídrico son pilares fundamentales para el desarrollo sostenible de los territorios, especialmente en contextos metropolitanos donde la presión sobre los recursos naturales es cada vez más evidente. En Colombia, los procesos de ordenamiento y planificación enfrentan el desafío de integrar criterios de sostenibilidad ambiental y de gestión eficiente del agua dentro de los instrumentos de desarrollo territorial, en correspondencia con los lineamientos establecidos por la Ley 1625 de 2013 y las políticas nacionales en materia ambiental y de ordenamiento del territorio.

Esta investigación se enmarca en la línea de Planeación territorial y sostenibilidad ambiental (según la línea institucional UIIX), orientada al diseño de estrategias integradas para el uso racional del recurso hídrico. Su relevancia radica en la necesidad de promover un enfoque hídrico sostenible que permita vincular la planificación prospectiva con las dinámicas sociales, ecológicas y normativas del país. En este sentido, la tesis propone el diseño de un modelo de planificación territorial hídrica y sostenible que fortalezca la gestión integral del agua en las áreas metropolitanas colombianas, contribuyendo a la resiliencia y sostenibilidad de los sistemas urbanos.

Diversos estudios han abordado la relación entre planificación y gestión del agua desde perspectivas de sostenibilidad y resiliencia, dentro los antecedentes bibliográficos revisados (nacionales e internacionales) se encontró que abordan la gestión del agua en entornos urbanos

como: perspectivas sostenibles en aglomeraciones metropolitanas, la gobernanza del agua, la planificación adaptativa y la sostenibilidad metropolitana. Autores como Saravanan (2021), Choudhary (2020) y Valencia-Hernández et al. (2023) destacan la importancia de incorporar criterios de resiliencia, cooperación interinstitucional y adaptación climática en la gestión del recurso hídrico, aportes que sustentan la pertinencia del modelo propuesto. Para Latinoamérica, investigaciones de la CEPAL (2022) y del Banco Interamericano de Desarrollo (2021) subrayan la urgencia de incorporar la sostenibilidad hídrica como eje estructurante de la planificación urbana y metropolitana. En Colombia, los informes del IDEAM (2022) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023) advierten la creciente conflictividad territorial asociada al agua, señalando la necesidad de instrumentos de planeación que promuevan el equilibrio entre desarrollo y conservación.

Metodológicamente, el estudio se apoya en un enfoque mixto, combinando la revisión bibliométrica y normativa con la aplicación de instrumentos como la lista de chequeo y el panel de expertos, los cuales permitieron analizar, relacionar y validar los componentes teóricos y prácticos del modelo. De esta manera, la investigación no solo contribuye al desarrollo conceptual de la planificación hídrica sostenible, sino también a su aplicabilidad en contextos metropolitanos reales.

La tesis se estructura en cuatro capítulos: el Capítulo I expone la proyección de la investigación (planteamiento del problema, formulación, justificación, objetivos, hipótesis y limitaciones); el Capítulo II desarrolla los fundamentos teóricos de referencia (marco teórico, marco conceptual, marco contextual, marco legal); el Capítulo III describe los fundamentos metodológicos y resultados de la investigación (operacionalización de variables, diseño metodológico, trabajo de campo, análisis de resultado y resultados); y el Capítulo IV presenta la propuesta de planificación hídrica para las áreas metropolitanas de Colombia incluyendo sus fundamentos, descripciones, objetivos y la validación del modelo.

CAPÍTULO I. Proyección de la Investigación

En este capítulo se presentan las bases que dan origen a la tesis doctoral y que se formalizan con el planteamiento del problema y los objetivos propuestos. El soporte investigativo plantea una rigurosidad científica para determinar la correlación entre la planeación estratégica territorial y la relevancia del recurso hídrico existente en las Áreas Metropolitanas de Colombia (AMC), la problemática expuesta manifiesta el riesgo de reducción del recurso hídrico ante los modelos de desarrollo centro-periferia donde las urbes extienden sus actividades hacia límites ambientales con una alta afectación, la justificación se centra en el cambio de la planeación territorial hacia los modelos de sostenibilidad como una alternativa de preservación y protección de agua, es así que la hipótesis plantea la incoherencia entre la planeación territorial y la protección del agua como recurso vital.

El estudio se define como descriptivo y correlacional, centra sus resultados en evidenciar problemáticas existentes en estos territorios y focaliza acciones dentro de los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), agua limpia y saneamiento, industria, Innovación e infraestructura, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsable, acciones por el clima y vida de ecosistemas terrestres.

1.1. Línea De Investigación de la Universidad de Innovación e Investigación de México y su Ámbito de Estudio

El enfoque del proyecto doctoral se hacia la planificación y la protección del recurso hídrico por lo que contextualiza diferentes líneas de investigación de acuerdo con establecido por el Doctorado en Dirección de Proyectos y la Universidad de Investigación e Innovación de México –UIIX, las cuales nombro a continuación.

La principal línea de investigación es medio ambiente, calidad y prevención en los ámbito de estudio son: i) Investigaciones en cambio climático y conservación de ecosistemas, mediante la economía del medio ambiente y su desarrollo de gestión sostenible de los recursos naturales y ambientales, ii) la planificación y gestión de proyectos para la conservación de recursos hídricos, suelo, aire y que involucren sostenibilidad ambiental y manejo relacionado con la visión

corporativa y políticas locales y iii) la planificación y gestión de proyectos y programas de desarrollo sostenible, mediante dirección y gestión de proyectos ambientales.

Así mismo el proyecto atiende de forma alterna la línea de investigación desarrollo sostenible y energías renovables en los ámbitos de estudio, i) Desarrollo de procesos en logística sustentable y ii) Desarrollo de investigaciones tendientes a la construcción de política pública para instrumentación de medidas de control de sanidad ambiental e higiene. También la línea Arquitectura, Construcción y urbanismo en los ámbitos de estudio, i) Planificación de diseños de gestión del territorio y ii) Desarrollo de investigaciones tendientes a la construcción de política pública relacionadas con proyectos, obras y normas de infraestructura.

1.2. Planteamiento del Problema

De acuerdo con el informe de progreso de los ODS (Naciones Unidas, 2022), en la escala de medición de 0 a 5, el acceso al agua en América Latina alcanza un valor de 4; no obstante, el saneamiento básico apenas llega a 2, lo que evidencia un manejo deficiente del recurso en la región. Así mismo, el indicador relacionado con la protección, conservación y restauración de los ecosistemas naturales registra un valor de 3, con una tendencia estática e incluso a la baja, lo que afecta la biodiversidad, pone en riesgo especies y conlleva la pérdida de ecosistemas por causas como la deforestación y la expansión urbana.

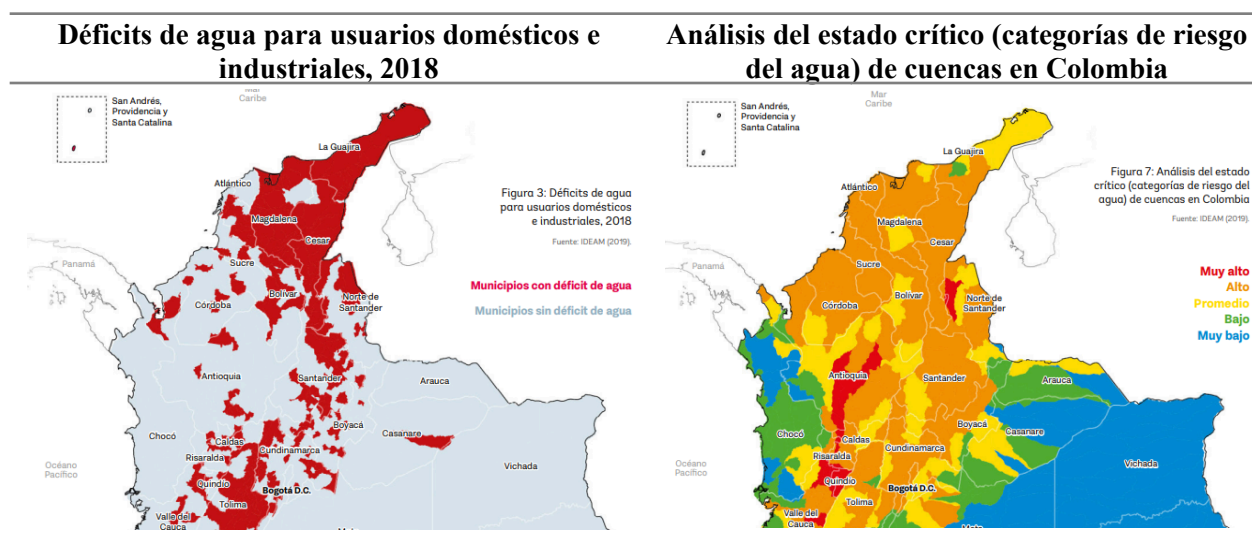
Colombia es una potencia acuífera y biodiversa reconocida a nivel mundial, la cual presenta deficiencia en el suministro de agua a un tercio de su población, 391 municipios ya están expuestos al riesgo de escasez de agua y la tendencia a largo plazo indica que muchos más correrán la misma suerte. La contaminación del agua está degradando cada vez más la calidad de los recursos hídricos del país y dañando sus ecosistemas (World Bank, 2020). La disponibilidad de agua se ha reducido rápidamente desde hace dos décadas debido a situaciones como el cambio climático y el crecimiento demográfico territorial, situación que se refleja en las regiones con exceso, escasez o contaminación de dicho recurso, el cambio climático está aumentando las anomalías en las precipitaciones y el resultado probable será más sequías e inundaciones. La cobertura del suministro de agua en Colombia alcanzó el 73% a nivel nacional (40% en las zonas rurales) y la cobertura de saneamiento gestionado de forma segura sólo el 17% (Expoagua, 2024). Cada uno de estos datos y conceptos reflejan un panorama negativo en la gestión del recurso

hídrico en el país atenuando los riesgos ante el manejo de recursos naturales y promoviendo un futuro cada vez menos sostenible.

De acuerdo con el informe del banco mundial (2023), la política pública debe centrarse en mejorar la resiliencia de los más pobres ante las crisis hídricas y el cambio climático, es así como sequías (1.56% a 2.31%) e inundaciones (2.76% a 3.08%) manifiestan un indicador creciente para futuros escenarios impactando en baja productividad, mayor riesgo poblacional, menores ingresos, reducción de calidad de vida y afectación de estrés hídrico en centros poblados del país. El informe concentra su atención en los municipios con déficit de agua para uso doméstico e industrial y el análisis crítico de cuencas mostrando a las áreas metropolitanas como artífices de este fenómeno (Tabla 1). Las brechas encontradas en la gestión hídrica exigen agua potable, saneamiento básico e infraestructura y concluye que Colombia tiene una limitada capacidad institucional para administrar sus recursos hídricos.

Tabla 1

Riesgo Hídrico en Colombia



Nota: Elaborado a partir de (World Bank, 2020).

Las Áreas Metropolitanas de Colombia son entidades administrativas creadas bajo la Ley 1625 de 2013 y están formadas por un conjunto de dos o más municipios que busca en común desarrollar programas de impacto regional (Congreso de Colombia, 2013), en Colombia hasta el 2025 existen ocho áreas metropolitanas consolidadas y reconocidas por la ley que son focos de

desarrollo económico y a la vez concentran un alto volumen de población e industrial (hacen parte de las 18 aglomeraciones urbanas más importantes del país) con un crecimiento dado por el modelo de centro-periferia (municipio núcleo), estas dinámicas productivas y de desarrollo resaltan el interés por proteger los recursos naturales existentes en el territorio para garantizar su conservación y aprovechamiento a partir de la planificación en estos entes descentralizados.

Los procesos de urbanización y falencias en el ordenamiento territorial han determinado situaciones críticas como el vertimiento de residuos orgánicos e industriales, el uso excesivo de las fuentes de agua y la pérdida de variedades animales y vegetales vinculadas a los ecosistemas acuíferos. El crecimiento urbano y poblacional, ha conducido a formas de conurbación de facto sin un ordenamiento adecuado de los territorios, las leyes hídricas del país son guías no aplicadas en el esquema general de planificación de estas áreas y la problemática medioambiental es una realidad en un escenario de desarrollo y competitividad regional.

Los lineamientos normativos de las áreas metropolitanas establecen a los planes integrales de desarrollo metropolitano (PIDM) y a los planes estratégicos metropolitanos de ordenamiento territorial (PEMOT) como instrumentos clave para la formulación de proyectos de impacto regional, sin embargo estos instrumentos no son ejecutados con la rigurosidad requerida manifestando falencias de contexto, en algunos de los casos se desarrollan proyectos locales con alta repercusión hacia los recursos hídricos existentes que proyectan problemáticas de alto impacto ambiental, también en algunos casos se prima la realización de proyectos por su potencial económico omitiendo factores de regulación nacional, en este punto se evidencia el conflicto entre desarrollo económico regional y la sostenibilidad ambiental, donde por una parte se tiene la riqueza hídrica y natural del país y por otra los centros urbanos como un potencial gigante de desarrollo y crecimiento económico.

Al identificar la problemática asociada a la conservación y protección del agua, se busca evaluar la planificación territorial metropolitana como variable dependiente, entendida como el resultado de las acciones institucionales y técnicas orientadas a la gestión integral del recurso hídrico. El propósito es establecer oportunidades de mejora que conduzcan a un escenario prospectivo deseado, donde el agua se consolide como un factor estructurante del territorio y los proyectos formulados se articulen con los principios del desarrollo sostenible, garantizando equilibrio entre el bienestar social, la sostenibilidad ambiental y el valor económico generado.

Colombia es un país de regiones y ciudades principales, con una distribución relativamente equilibrada, sin embargo, el alto crecimiento industrial y poblacional de los centros urbanos, localizados en las áreas metropolitanas manifiestan riesgos en la sobreexplotación y destrucción de los recursos naturales con un deterioro medioambiental de grandes proporciones, es frecuente escuchar de la expansión hacia las zonas rurales y de la protección limítrofe es un fenómeno regular de las grandes urbes y que el descontrol y la desorganización se refleja en la destrucción y contaminación de fuentes hídricas.

Esta investigación busca determinar el grado de inclusión del factor medio ambiental (agua) como un elemento fundamental de los esquemas de planificación del territorio, ya que el manejo aislado y parcial de las ciudades, sin considerar los distintos niveles del estado y los procesos de integración regional tienen un impacto directo en los recursos hídricos y sociales de las regiones, lo que determina un reto de visualizar y planificar las áreas metropolitanas en condiciones de competitividad con un factor fuerte de sostenibilidad ambiental.

Las áreas metropolitanas son el reflejo de la necesidad de integración municipal ante las dinámicas de conurbación de facto propias de los municipios, siendo cada región diferente una de la otra, tanto en sus problemáticas como en sus prioridades, es así que la planificación regional del recurso hídrico se manifiesta como una herramienta que potencializa la competitividad con respecto a otras regiones del país, establece procesos de crecimiento y cambios estructurales alineados con la conservación y protección del agua y propende por la mejora de las condiciones de vida de los habitantes, en otras palabras, la dinámica de desarrollo local alineada con los principios de sostenibilidad influyen en cómo un centro urbano se expande organizadamente y genera una sinergia de bienestar con su región.

Es relevante identificar y diagnosticar los comportamientos y problemáticas establecidas en cada una de las áreas metropolitanas existentes en el país como base para establecer los focos estratégicos y de gestión y su coherencia con las necesidades existentes en cada una de ellas, establecer el impacto al recurso hídrico es un factor vital que no debe ser el eslabón perdido entre el desarrollo y la sostenibilidad regional.

1.3. Formulación del Problema (Pregunta de Investigación)

La relevancia de las áreas metropolitanas de Colombia como centro de desarrollo socioeconómico las convierte en focos de gestión por parte del gobierno nacional, su aportación al PIB, su volumen poblacional, su concentración de industria y comercio la definen como regiones estratégicas a lo largo y ancho del país.

El crecimiento de las áreas metropolitanas enmarca la diferencia entre el centro y la periferia (ciudad central y municipios aledaños), mientras la ciudad foco se preocupa por indicadores de productividad y competitividad sin pensar en los recursos naturales necesarios para su existencia y crecimiento, los municipios aledaños sufren las consecuencias de la expansión central donde cada proyecto afecta los recursos existentes y genera problemáticas en la ruralidad que minimizan la oferta hídrica y las áreas de conservación y protección.

La planificación local, deficiente en su alcance, atiende de forma limitada las problemáticas municipales que a la vez no están eslabonadas a la visión territorial, es así que los lineamientos normativos de las áreas metropolitanas proponen planes integrales de desarrollo metropolitano (PIDM) y planes estratégicos metropolitanos de ordenamiento territorial (PEMOT) como instrumentos clave para la formulación de proyectos de impacto regional, sin embargo estos instrumentos no son ejecutados con la rigurosidad requerida manifestando falencias de contexto territorial, en algunos de los casos se desarrollan proyectos locales con alta repercusión a los recursos hídricos existentes que proyecta problemáticas de alto impacto ambiental, también en otros casos se prima la realización de proyectos dado su potencial económico omitiendo factores de regulación nacional, en este punto se evidencia el conflicto entre desarrollo económico regional y la sostenibilidad ambiental.

Al identificar la problemática (conservación del agua) se busca evaluar la planificación existente en las áreas metropolitanas a fin de establecer oportunidades que conlleven a un escenario prospectivo deseado donde el recurso hídrico sea un factor relevante y que los proyectos planteados encajen dentro del concepto de desarrollo sostenible con una equidad resaltada entre el bienestar social y el valor económico desarrollado. En el análisis correlacional entre planeación y la gestión sostenible del recurso hídrico manifiesta la oportunidad de evaluar

un modelo de planificación que priorice el recurso hídrico como elemento fundamental de vida y desarrollo territorial.

Ante esto se establece la siguiente pregunta de investigación.

¿Cómo diseñar un modelo de planificación territorial para mejorar el uso del recurso hídrico de las Áreas Metropolitanas de Colombia, considerando los procesos de caracterización y gestión institucional vigentes?

1.4. Justificación

El objeto de estudio se orienta hacia la comprensión y fortalecimiento de los procesos de planificación en contextos metropolitanos, atendiendo especialmente la gestión del recurso hídrico como componente estructural del desarrollo territorial. Su contexto se enmarca en el campo de la planificación y la gestión ambiental, donde convergen dimensiones sociales, normativas y técnicas que permiten proponer estrategias integrales de sostenibilidad y resiliencia para los territorios urbanos y sus áreas de influencia.

Las áreas metropolitanas de Colombia representan un esquema asociativo entre municipios para promover el desarrollo y la planificación territorial. Sin embargo, las dinámicas de conurbación, la presión sobre los recursos y las demandas de calidad de vida suelen entrar en conflicto con los principios del desarrollo sostenible, generando impactos directos en los ecosistemas y, particularmente, en el recurso hídrico. Tal como lo señala el Departamento Nacional de Planeación (2014), el futuro del país está íntimamente ligado al de sus ciudades, que concentran tres cuartas partes de la población y el 85% del PIB nacional. En este contexto, surge la necesidad de un modelo de planificación que armonice la expansión urbana y económica con la protección de los recursos naturales.

Las áreas metropolitanas de Colombia son regiones de alto aporte económico, los municipios que hacen parte de este tipo de modelos son lugares que requieren un seguimiento adecuado y particular a la gestión, encontramos que los focos estratégicos de las áreas metropolitanas deben ser coherentes con las necesidades existentes en cada una de ellas y que a la vez, deben estar alineadas con los pilares del desarrollo sostenible, esto quiere decir que la

planificación metropolitana es un eslabón entre los objetivos nacionales (visión de país) y los requerimientos hídricos municipales y departamentales (necesidades locales).

Sin desconocer la importancia económica de las áreas metropolitanas, es necesario resaltar que Colombia posee un potencial hídrico mundial reflejado en nevados, mares, humedales, ríos, lagos, ciénagas y otros ecosistemas que albergan gran biodiversidad, pero que se ven amenazados por actividades descontroladas como la minería, la deforestación, la expansión urbana y agrícola, así como por el cambio climático. En este contexto, agua y metrópolis constituyen dos elementos estratégicos que requieren una planificación robusta y de largo plazo, orientada a preservar los recursos, mitigar los impactos ambientales y promover ciudades más sostenibles y humanas que mejoren la calidad de vida.

Desde el punto de vista teórico, esta investigación aporta al conocimiento en el campo de la planificación territorial y la sostenibilidad ambiental, integrando el recurso hídrico como un eje estructurante en la gestión metropolitana. Contribuye a consolidar una visión académica que vincula el ordenamiento urbano con la protección de los ecosistemas, en coherencia con las teorías contemporáneas del desarrollo sostenible.

En el aspecto práctico, el estudio busca ofrecer herramientas aplicables a la gestión territorial, útiles para mejorar la planificación de mediano y largo plazo en las áreas metropolitanas. De esta manera, permitirá optimizar el uso del recurso hídrico, reducir los impactos ambientales y fortalecer la competitividad regional mediante proyectos estratégicos bien estructurados.

En el aspecto social, los resultados beneficiarán directamente a la población urbana y periurbana, garantizando un acceso más sostenible al agua y una mejor calidad de vida. Indirectamente, contribuirá a la preservación de ecosistemas y especies, con efectos positivos en comunidades rurales y en el equilibrio ambiental del país, De igual forma el modelo propuesto es una herramienta prospectiva de planificación, cuyo aporte es comprender los fenómenos propios de las áreas metropolitanas y construir una visión compartida en un horizonte temporal de tiempo que fortalezca la formulación de proyectos y articule el desarrollo sustentable junto con las dinámicas de crecimiento existentes.

En el ámbito metodológico, se propone un enfoque riguroso que puede servir como referente para futuros estudios similares sobre sostenibilidad y planificación en territorios metropolitanos. Esto implica integrar indicadores ambientales, socioeconómicos e institucionales en un esquema replicable y evaluable.

Desde la perspectiva personal y del área de estudio, la investigación fortalece la formación doctoral en Dirección de Proyectos, ya que articula planeación, ejecución, seguimiento y control en contextos metropolitanos reales. Aporta al investigador la posibilidad de consolidar un enfoque interdisciplinar con valor académico y aplicado, generando conocimiento útil para la gestión pública y para el desarrollo sostenible del país.

En suma, este trabajo busca generar un nuevo conocimiento sobre la integración del recurso hídrico en la planificación metropolitana, beneficiando tanto a la academia como a los tomadores de decisiones, y proponiendo un modelo que permita equilibrar desarrollo económico y sostenibilidad ambiental en las principales áreas urbanas de Colombia.

1.5. Objeto de Estudio

El objeto de estudio de este proyecto doctoral se centra en los modelos de planificación del recurso hídrico y su aplicación en la gestión ambiental de las áreas metropolitanas formalmente constituidas en Colombia, analizados desde una perspectiva de sostenibilidad y de proyección territorial.

Las dinámicas de desarrollo de las urbes y metrópolis son centros de crecimiento económico, productivo y social que dejan de lado los procesos de conservación y protección de los recursos naturales, sin embargo las problemáticas y necesidades de los centro poblados manifiestan una dependencia cada vez mayor de la periferia (ruralidad) como actores oferentes de recursos básicos de bienestar (agua) por lo que se destaca un enfoque teórico de planificación de recurso hídrico hacia las demandas actuales y las necesidades futuras.

El proyecto busca profundizar en la correlación entre las variables de sostenibilidad del agua y la gestión territorial existente en las áreas metropolitanas para la planificación y prospectiva de los territorios.

En el proyecto se estudiarán siete de ocho áreas metropolitanas reconocidas hasta 2025, caracterizadas por su diversidad hídrica y su rol como núcleos de desarrollo con desafíos en sustentabilidad y protección de recursos naturales. El estudio resulta pertinente teóricamente al profundizar en las teorías de desarrollo ambiental y alinear su enfoque con los lineamientos nacionales que buscan equilibrar crecimiento económico, medio ambiente y bienestar social. Finalmente, el proyecto ofrecerá un análisis correlacional de regiones hasta ahora inexploradas en el país y propondrá un modelo de planificación innovador centrado en el recurso hídrico, la prospectiva y la participación social.

1.6. Campo de Acción

La investigación se desarrolla en el ámbito de la gestión del recurso hídrico dentro de las áreas metropolitanas legalmente constituidas en Colombia hasta el año 2025, se descartan otras áreas existentes en el país al no tener personería jurídica ni mecanismos de ley que le exijan protocolos de planificación y desarrollo.

La investigación evalúa la gestión y planificación del recurso hídrico de los últimos informes institucionales de las áreas metropolitanas a partir de sus PIDM, PEMOT e informes de gestión, esta información constituye el escenario para analizar la aplicación de modelos de planificación del agua, con un enfoque orientado a la sostenibilidad y la construcción de escenarios futuros de conservación hídrica.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Diseñar un modelo de planificación territorial para mejorar el uso del recurso hídrico en las áreas metropolitanas de Colombia constituidas y reconocidas hasta 2025, integrando criterios de sostenibilidad, lineamientos normativos, prioridades territoriales y prospectivas de desarrollo dentro del periodo 2020-2025.

1.7.2. *Objetivos Específicos*

- Identificar las variables clave de gestión del recurso hídrico desde un enfoque de sostenibilidad, con base en los principios de los ODS, la normativa nacional y las políticas ambientales vigentes en Colombia.
- Describir las áreas metropolitanas de Colombia en sus dimensiones sociodemográficas, económicas, hídricas y de planificación territorial, como base diagnóstica para la gestión sostenible del recurso hídrico.
- Evaluar las variables de gestión del recurso hídrico frente a las problemáticas, brechas, desafíos y oportunidades de la planificación territorial en las áreas metropolitanas de Colombia, con el fin de definir las prioridades del modelo de planificación.
- Formular un modelo de planificación territorial que permita mejorar el uso del recurso hídrico en las áreas metropolitanas, alineado con la sostenibilidad y el desarrollo regional.

1.8. Hipótesis

"El diseño de un modelo de planificación territorial que integre criterios de sostenibilidad, lineamientos normativos, prioridades territoriales y prospectivas de desarrollo mejora de manera significativa el uso del recurso hídrico en las áreas metropolitanas de Colombia constituidas y reconocidas hasta el año 2025."

1.9. Alcance Temático

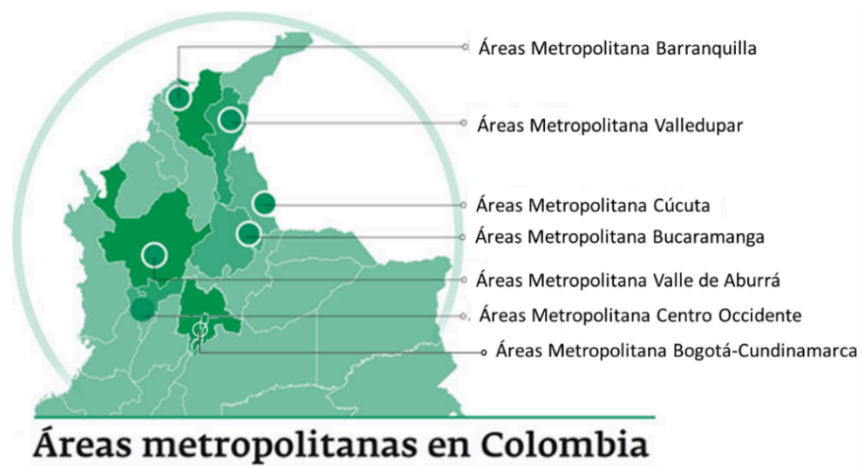
El proyecto doctoral se enmarca en el campo de la planificación territorial y la gestión ambiental, con un enfoque específico en la sustentabilidad hídrica de las áreas metropolitanas de Colombia. La investigación profundiza en la relación entre el agua como recurso vital y estratégico y la estructuración de políticas de ordenamiento territorial, abordando los modelos actuales de gestión metropolitana, los principios de desarrollo sostenible, y los criterios técnicos y normativos establecidos a nivel nacional. Se destacan problemáticas como la conurbación urbana, la integración regional, la gobernanza del agua y la necesidad de modelos prospectivos y participativos que garanticen la conservación y protección del recurso hídrico en un contexto de desarrollo metropolitano.

La investigación establece dos etapas que son: i) la caracterización de las áreas metropolitanas con respecto al recurso hídrico y ii) la definición de propuestas de planificación consecuentes con la sustentabilidad que establezcan escenarios futuros favorables de conservación del agua.

El desarrollo del proyecto incluye elementos como los modelos de gestión hídrica institucional, los instrumentos de planificación territorial existentes y las normativas ambientales nacionales con un enfoque de sostenibilidad y conservación del recurso hídrico en las regiones, excluye temáticas técnicas de calidad del agua, aguas oceánicas y marítimas, aguas subterráneas, aguas servidas, etc.

1.10. Delimitación Espacial y Temporal

El proyecto se desarrolla en siete áreas metropolitanas de Colombia constituidas legalmente hasta 2025 según la Ley 1625 de 2013: Valle de Aburrá, Bucaramanga, Barranquilla, Cúcuta, Centro Occidente, Valledupar y Bogotá-Cundinamarca (Figura 1). Se excluye el área metropolitana de Suroccidente ya que su creación en noviembre del 2024 no manifiesta la información idónea y comparable con las otras áreas metropolitanas, ya que la misma inicia su fase de formalización en el 2025, también se excluyen las áreas no constituidas jurídicamente o que operan de facto ya que no son parte del análisis de esta investigación. Estas áreas representan el 100% de la muestra, al contar con institucionalidad y capacidad operativa en planificación territorial.

Figura 1*Áreas Metropolitanas de Colombia*

Nota: Elaboración propia.

La investigación se desarrollará entre 2023 y 2025, con base en los informes institucionales de las áreas metropolitanas de Colombia (PIDM, PEMOT e informes de gestión del periodo 2020–2025). Esta delimitación temporal permite analizar la evolución reciente de la planificación, su alineación con las políticas de sostenibilidad y las proyecciones estratégicas del recurso hídrico a mediano y largo plazo. El análisis se centra en las variables de planificación territorial y sostenibilidad del recurso hídrico, a partir de información sociodemográfica, económica, ambiental y de gestión institucional. El estudio prioriza la correlación entre planificación y sostenibilidad para identificar brechas, desafíos y oportunidades que fortalezcan la competitividad y el bienestar en estos territorios.

CAPÍTULO II. Fundamentos Teóricos Referenciales

El desarrollo teórico que enmarca esta tesis doctoral es el desarrollo sostenible y la sostenibilidad ambiental entrelazado con la planificación territorial de las áreas metropolitanas de Colombia, evalúa los modelos de desarrollo local (la aglomeración Industrial, los distritos industriales, la integración de clústeres, los polos de desarrollo, los modelos de centro periferia, economías de escala, la diversificación sectorial) estudiados por (Alarcón Pérez & González Becerra, 2018) como modelos que afectan el entorno y que no incorporan la sostenibilidad ni la armonización entre el desarrollo y la protección del medio ambiente.

La investigación parte de los principios globales de protección del agua y la revisión regulatoria y normativa existente en el país para contrastar con los planes de desarrollo en sus diferentes niveles y regiones, es así como la investigación presenta un paralelo entre el desarrollo sostenible (protección hídrica) y las áreas metropolitanas (desarrollo socioeconómico) que conlleva propuestas hacia la armonía entre estos dos modelos.

2.1. Estado del Arte (Marco Histórico y Actual)

La gestión del recurso hídrico en contextos metropolitanos representa un pilar estratégico para el desarrollo urbano y la sostenibilidad ambiental a nivel global. Numerosos estudios advierten que el crecimiento acelerado de las ciudades, la expansión de la frontera urbana y la presión de actividades económicas están deteriorando las fuentes de agua, comprometiendo su disponibilidad, calidad y equilibrio ecosistémico. Ejemplos como Ciudad de México, Lima y Johannesburgo muestran claramente los efectos del estrés hídrico y la sobreexplotación de acuíferos en contextos donde los modelos de planificación han sido insuficientes o incoherentes. En cambio, experiencias exitosas como las de Copenhague, Singapur o Medellín demuestran que la adopción de políticas integradas del recurso hídrico (que combinan tecnología, participación ciudadana y marcos regulatorios sólidos) puede equilibrar desarrollo urbano y conservación ambiental.

Estos contrastes subrayan la importancia de enfoques territoriales, prospectivos y adaptativos que articulen una gobernanza ambiental efectiva, capaz de sincronizar actores, escalas e intervenciones urbanas para fortalecer la resiliencia del recurso hídrico y el bienestar

colectivo. Este enfoque se vuelve aún más relevante si se tiene en cuenta que los avances hacia el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6 (agua y saneamiento) están rezagados, y que solo mediante alianzas y cooperación será posible acelerar los procesos necesarios para garantizar un manejo sostenible del agua en las ciudades (ONU, 2023; UN-Water, 2024).

En este estado del arte se revisarán diferentes estudios y experiencias globales que presentan situaciones tanto críticas como exitosas en la gestión del agua metropolitana, estableciendo un panorama comparativo que servirá de referente para el análisis del caso colombiano.

Boyer, Le Lay y Marty (2022) presentan un estudio de caso en dos metrópolis del oeste de Estados Unidos (Phoenix y Tucson), donde la escasez de agua en un contexto desértico como Sonora constituye un reto para la adaptación urbana. Los autores señalan la dominancia de la política urbana de los actores locales para mantener la productividad y el atractivo de las ciudades, a través de estrategias de control de los recursos y de una transformación en la demanda socioambiental. De manera complementaria, Gutiérrez-Moreno, Sánchez-Atondo, Mungaray-Moctezuma y Salazar-Briones (2020) evalúan los procesos productivos del noroeste de México en relación con la seguridad alimentaria y el distrito de riego del río Colorado, donde estiman pérdidas significativas por filtraciones y proponen como alternativa el revestimiento en hormigón debido a la falta de reciclaje. Este análisis se vincula con el estudio de Gizaw y Hayal (2022), quienes destacan la resiliencia de las ciudades mediante el fomento de la agricultura urbana y la necesidad de superar el modelo lineal de dependencia entre la urbe y las áreas rurales en términos de servicios ecosistémicos.

Uchenna et al. (2023) evalúan la explotación de aguas subterráneas en la región de Calabar (Nigeria), donde los efectos del cambio climático impactan directamente a la metrópoli. El estudio identifica una problemática en la recarga de los acuíferos debido a la impermeabilidad del suelo y propone un modelo hidrogeológico basado en precipitaciones, capaz de garantizar hasta el 69 % del agua requerida por la población. Por su parte, Suresh, Neetha y Kollarath (2019) destacan a Singapur como la ciudad con el mejor índice verde de Asia según Siemens y el segundo mejor indicador de competitividad de acuerdo con el WEF, evidenciando cómo el aprovechamiento de los recursos y la visión sustentable del agua han potenciado la innovación tecnológica y mejorado la calidad de vida de sus habitantes. De manera complementaria, Rad,

Sarkheil y Khojastehpour (2019) presentan un modelo comparativo entre competitividad y consumo de agua en la región metropolitana de Teherán (Irán), mostrando que los componentes de la competitividad y los índices económicos mantienen una correlación directa y dependiente del recurso hídrico, con crecimientos asociados a su gestión. Finalmente, Van der Hoek, Struiker y de Danschutter (2017) analizan el caso de Ámsterdam, donde se busca consolidar una ciudad competitiva y sostenible a partir de un modelo circular que integra agua, energía y residuos, impulsando beneficios económicos y ambientales mediante empresas públicas de agua y la conversión de desechos en energía. En conjunto, estas investigaciones ratifican la estrecha relación entre competitividad y administración del recurso hídrico en contextos metropolitanos.

Van den Brandeler, Gupta y Hordijk (2019) analizan las problemáticas que enfrentan las megaciudades y grandes metrópolis en relación con el recurso hídrico, tales como escasez, riesgos e inundaciones. Su revisión teórica evidencia una simbiosis poco explorada entre la gestión integral del recurso hídrico y la dinámica metropolitana. Los autores realizan un análisis de los procesos de suministro, consumo y retorno a las cuencas, concluyendo que existe un desajuste escalar entre la gestión de cuencas y la gobernanza metropolitana. De manera complementaria, Miller y Möusner (2020) evalúan las regiones metropolitanas de Friburgo (Alemania) y Calgary (Canadá), destacando la necesidad de reevaluar las políticas de sustentabilidad desde un enfoque metropolitano más amplio y no limitado al ámbito municipal. Su estudio revela inconsistencias entre las políticas urbanas de ciudad verde y los lineamientos regionales, así como un débil encadenamiento entre los planes de desarrollo local y el contexto regional.

Para América Latina, la tesis doctoral de (De León Ardón & de las Nieves Sánchez Guerrero, 2017), identifican variables que afectan el recurso hídrico en la planificación pública de México y presentan una propuesta de escenarios futuros de acuerdo con el uso y gobernanza del agua alineados a la vez con factores como la tecnología, la participación, el enfoque sistémico, el manejo de la información y la innovación, de la misma forma (Le Goff, y otros, 2022) presentan el caso de la región de Chacabuco (área metropolitana de Santiago de Chile) donde se presenta una afectación del recurso hídrico por causas como las sequías, el crecimiento urbanístico, la minería y la industrialización, el estudio identifica los factores que generan incertidumbre en la

conservación del recurso y la desconfianza en los datos de zonificación y contaminación que afectan la calidad del agua.

También, en Ciudad de México estudios muestran una dependencia crítica de acuíferos sobreexplotados y una infraestructura desigual que provoca cortes de suministro y abastecimiento informal en barrios marginados (Gleick & Garduño, 2017). De igual forma, Lima ha experimentado déficits de cobertura y presión hídrica creciente por suelos impermeabilizados y baja recarga de acuíferos (Wessel et al., 2016), mientras que São Paulo ha enfrentado crisis recurrentes ocasionadas por sequías y sistemas de distribución vulnerables (da Silva & Teixeira, 2019), son algunos casos de afectación, sin embargo también se pueden evidenciar propuestas exitosas de gestión hídrica urbana que evidencian un equilibrio entre desarrollo y sostenibilidad. En Medellín, por ejemplo, se destaca la implementación de un modelo efectivo de gestión integrada del agua, con cobertura casi universal y políticas públicas robustas que promueven la participación comunitaria y la eficiencia técnica (Restrepo & Valderrama, 2020). En Guadalajara, México, la iniciativa ciudadana de captura y almacenamiento de agua de lluvia ha fortalecido la resiliencia local y ha aumentado la disponibilidad hídrica en barrios vulnerables (Sánchez-Munguía et al., 2021). Estas experiencias subrayan que el uso de tecnologías participativas, marcos regulatorios sólidos y enfoques territoriales pueden alinear las necesidades urbanas con la conservación del recurso hídrico.

La investigación de (AlQahtany, y otros, 2022) refleja la recuperación de costas en Arabia peninsular (Área Metropolitana de Dammam) como un fenómeno innovador para equilibrar el ambiente marino y la degradación de los recursos costeros, el análisis de sostenibilidad se basa en imagen satelitales entre el 2000 y el 2020 que manifiesta un crecimiento urbano y riesgos ecosistémico en la costa marina.

(Sohail, y otros, 2022) evalúan la calidad del agua y el riesgo para la salud en las plantas de tratamiento del área metropolitana de Pakistán encontrando niveles de contaminación reflejo de la industrialización, datos que no son afines a los reportados por el gobierno, de igual forma (Barrientos, 2011) presenta un modelo de gestión para la región de Piura en Perú acorde con las necesidades de la región, muy similar a lo presentado por (Bolaños Trochez & Buitrago Bermúdez, 2022) para la región de Cali en Colombia y que se asemeja a la gestión para refugiados presentada por (Comité Español del ACNUR, 2019).

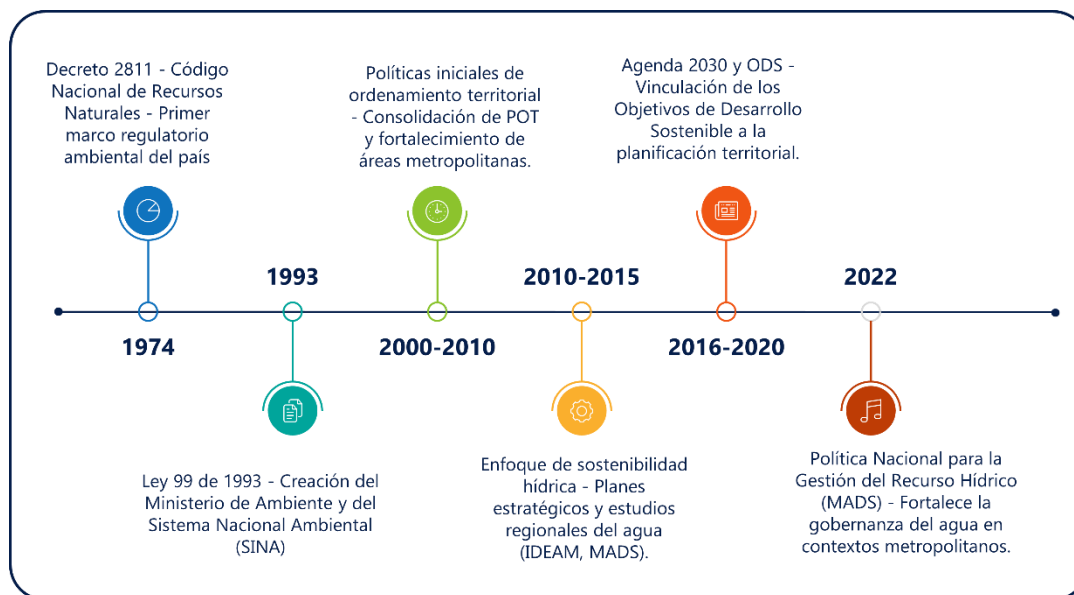
En países como Pakistán se presenta escasez hídrica a causa del aumento urbano y poblacional, la problemática pone en tela de juicio los modelos de planificación urbana en el contexto de sostenibilidad del agua. Los escenarios futuros establecidos en proceso de simulación manifiestan que las variables relevantes son el crecimiento urbano y el cambio climático, en cada uno de los escenarios la escasez de agua debe ser compensada con políticas de reducción del consumo y pone en alerta los modelos de gobernanza en temas de recurso naturales (Saleem, Máhmood, Sarjoughian, Arshad Nasir, & Waqar Malik, 2021). Un estudio similar lo presenta (Appiah Takyi, y otros, 2022) los cuales definen las variables crecientes en áreas metropolitanas como la población y el urbanismo con respecto a los niveles de consumo y la calidad del agua, el proyecto concluye con la baja protección del recurso hídrico en Kumasi Metrópolis y la necesidad de restringir las políticas constructivas en la región.

La evolución de la gestión del recurso hídrico en contextos urbanos se ha manifestado desde enfoques centrados en el abastecimiento técnico y la expansión de infraestructura (demanda), hacia modelos más integrados que consideran variables sociales, ambientales y territoriales (oferta vs demanda). El paradigma refleja soluciones centralizadas y de gran escala, lo cual resulta insuficiente frente a los desafíos de equidad, sostenibilidad y resiliencia urbana (Castro, 2007). En la actualidad, las tendencias apuntan hacia la implementación de modelos de gobernanza hídrica que integran herramientas tecnológicas, junto con procesos participativos que fortalecen la gestión comunitaria y la transparencia (UNESCO, 2022; López & Cardozo, 2023). Estas nuevas dinámicas abren el camino hacia una planificación más prospectiva y adaptativa, capaz de responder a los efectos del cambio climático, la urbanización acelerada y las brechas históricas entre zonas urbanas y rurales.

La evolución histórica en Colombia evidencia un tránsito desde una gestión normativa y centralizada de los recursos naturales hacia una planificación territorial con enfoque metropolitano y criterios de sostenibilidad hídrica. Este proceso ha estado acompañado por la consolidación del Sistema Nacional Ambiental, la formulación de políticas hídricas integrales y la incorporación progresiva de la gobernanza del agua en los instrumentos de ordenamiento y planeación. El esquema resume los principales hitos normativos, institucionales y conceptuales que sustentan la gestión hídrica en áreas metropolitanas de Colombia (Figura 2).

Figura 2

Evolución Histórica de la Planificación Territorial y la Gestión Hídrica en Colombia (1974–2025)



Nota: Elaboración propia a partir del análisis histórico de la planificación territorial y la gestión hídrica en Colombia (2025).

2.2. Marco Teórico

El proyecto doctoral se fundamenta en la correlación teórica entre la planificación territorial metropolitana, la gestión del recurso hídrico y los principios de sostenibilidad ambiental. En este contexto, se abordan los enfoques contemporáneos que vinculan el ordenamiento del territorio con las estrategias para el desarrollo y la protección del recurso hídrico en las regiones, es así que a partir del análisis de lineamientos internacionales y nacionales de gobernanza hídrica, los marcos regulatorios y criterios de organismos como la ONU y el Ministerio de Ambiente de Colombia, se busca construir una base teórica que sustente la formulación de un modelo prospectivo de planificación que integre variables sociales, ecológicas, económicas y normativas. Este marco sirve de sustento para comprender la complejidad de la gestión metropolitana del agua y plantea los elementos necesarios para orientar escenarios de desarrollo sostenible en las áreas metropolitanas del país.

El enfoque de esta tesis doctoral parte del reconocimiento del agua como factor esencial para la vida y como eje central del desarrollo sostenible. En el contexto de las Áreas Metropolitanas de Colombia, el recurso hídrico se analiza no únicamente como un insumo económico, sino como un elemento estratégico que debe orientar la planificación territorial hacia la sustentabilidad. De esta manera, la investigación busca replantear la visión tradicional de la planificación, transformándola en un proceso que articule el desarrollo urbano con la preservación y el uso responsable del agua.

En este marco, se presentan las principales teorías que sustentan el objeto de estudio y que constituyen la base para la propuesta del modelo analítico. Una de ellas es la teoría de la planificación territorial y urbana formulada por Friedmann (1966), la cual plantea el desarrollo bajo la lógica centro–periferia, donde la ciudad central concentra los recursos y dinamiza el crecimiento económico, ejerciendo presión sobre la periferia. Si bien esta visión permitió explicar las dinámicas urbanas en su momento, en la actualidad se ha venido revaluando, dado que las prioridades de la planificación ya no se centran exclusivamente en lo económico, sino en la sostenibilidad y la resiliencia frente a los desafíos ambientales y sociales.

Por su parte la teoría de la gobernanza del agua definidas por Bakker (2012) y Pahl-Wostl (2015) refleja la participación de diferentes actores entorno a un derecho universal como el recurso hídrico y cuestiona la toma de decisiones desde el poder y replantea el modelo a partir de la democracia, la colaboración, la transparencia. Esta es una de las teorías que soporta los conceptos fundamentales de la sostenibilidad y visualiza una cultura hacia la protección del recurso agua.

La teoría de la sostenibilidad, abordada en las últimas décadas, establece una congruencia entre el desarrollo y la conservación de los recursos naturales, también establece un marco global de actuación entre las acciones locales y los compromisos internacionales siempre atendiendo responsabilidad ética con la sociedad y la conservación del planeta. La agenda 2030 plantea los ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) y el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) que se alinean de forma directa con este proyecto. Complementariamente, la teoría de los sistemas socioecológicos permite visualizar el territorio como un todo y no como un elemento aislado de desarrollo, rompe claramente los límites de divisiones políticas y prima los factores naturales (ríos, montañas, suelos, etc.) como líneas de integración y de actuación. Con relación al proyecto

esta teoría guía a la planificación de territorios como las áreas metropolitanas y no al desarrollo independiente de municipios, ciudades o departamentos.

La Tabla 2 presenta una cadena correlacional sobre la tendencia teórica que se asumirá en este proyecto y que manifiesta la dependencia entre el agua y las áreas metropolitanas en la planificación territorial.

Tabla 2

Cuadro Metodológico. Eje Temático y Cadena Relacional Causal.

Tema Eje	Cadena Relacional Causal
Objetivos del desarrollo sostenible (ODS), WHO de Naciones Unidas, Objetivos del milenio (ODM), Teorías de modelos de gestión ambiental	Definición global de sostenibilidad y sustentabilidad del agua.
Política de desarrollo (plan nacional de desarrollo)	Definición y contexto nacional de desarrollo y sostenibilidad del agua.
Plan integral de desarrollo metropolitano (PIDM)	Definición y lineamientos del plan integral de desarrollo metropolitano.
Política medioambiental metropolitana	Definición de la política medioambiental metropolitana.
Esquemas de planificación metropolitano. (plan estratégico metropolitano de ordenamiento territorial) (PEMOT).	Lineamiento de la planificación en áreas metropolitanas
Desempeño y gestión metropolitana	Evaluación de la gestión medioambiental en áreas metropolitanas
Retos de áreas metropolitanas	Prospectiva medioambiental metropolitana

Nota: Elaboración Propia.

Dada esta problemática los ejes temáticos se muestran como una cadena relacional inductiva y causal que busca explicar desde lo general hasta lo particular la inclusión del recurso hídrico en los procesos de planificación territorial (Tabla 2). El desarrollo de cada uno de los temas ejes amplía los conceptos, involucran nuevos tópicos y aclara cada uno de los niveles teóricos evaluados a fin de atender cada uno de los factores que se requieren para este estudio doctoral.

Como se muestra en el cuadro metodológico los ejes temáticos se desarrollan desde un concepto global (ODS, ODM y WHO) hasta elementos propios de la planificación metropolitana, involucran elementos de planificación como del recurso hídrico en sustentabilidad y sostenibilidad. Las áreas de conocimiento de esta investigación contienen tres elementos, el

primero el recurso hídrico (agua) como eje de este estudio, el segundo la planificación del territorio como instrumento de inclusión y conservación del recurso hídrico y el tercero el contexto de aplicación que para este caso son las áreas metropolitanas de Colombia.

El recurso hídrico, como elemento vital para la humanidad, constituye un factor determinante en los procesos de construcción social y en la prospectiva de sustentabilidad. Su conservación y uso responsable resultan indispensables para garantizar el equilibrio entre las necesidades de desarrollo y la protección ambiental. En el marco de esta tesis doctoral, se consideran los principios de gestión del agua en los niveles global, nacional y regional, entendiendo que estos deben articularse con los procesos de planificación territorial de las Áreas Metropolitanas de Colombia.

La planificación territorial, concebida como un instrumento normativo que regula el uso del suelo y orienta el ordenamiento de los territorios en Colombia, adquiere relevancia al integrar dimensiones ambientales, sociales, políticas, culturales y económicas. En el caso de las áreas metropolitanas, esta planificación no solo organiza el crecimiento urbano y regional, sino que también reconoce el recurso hídrico como un eje estratégico para impulsar la competitividad y la productividad bajo criterios de sostenibilidad.

En este sentido, las Áreas Metropolitanas, definidas por la Ley 1625 de 2013 como entidades administrativas conformadas por dos o más municipios con propósitos comunes de desarrollo regional, representan escenarios clave para la articulación entre agua y planificación. En Colombia las áreas metropolitanas concentran un importante volumen de población, industria y servicios, configurando dinámicas de desarrollo bajo el modelo centro-periferia. Esta concentración urbana y productiva intensifica la presión sobre los recursos naturales, lo que resalta la necesidad de estrategias de gestión integral que permitan conservar y aprovechar el recurso hídrico como pilar de un desarrollo territorial sostenible.

Finalmente, para el aporte de la tesis doctoral es prudente atender los lineamientos de las teorías de prospectiva y escenarios de futuro aplicados al desarrollo territorial, las herramientas establecidas brindan toda una metodología que involucra tendencias, actores, problemáticas, desafíos y prospectiva que permite visualizar un ejercicio de planeación integral para las áreas metropolitanas.

Desde el punto de vista ambiental y de sostenibilidad se establece un recorrido con los principales criterios que a nivel global y nacional focalizan el manejo del agua para este proyecto.

(Barlow, 2006) Presenta diez principios para la protección del agua que abarcan elementos como la propiedad “El agua pertenece a la tierra y a todas las especies”, la protección “La mejor forma de proteger el agua es dejarla en su entorno natural”, el acceso “El agua es un mandato público por el que todos los niveles de gobierno deben velar”, así como la conservación hacia el futuro “El agua no será un recurso sostenible si prevalecen las políticas de mundialización económica”. El escrito concentra un decálogo que concibe el recurso hídrico no solamente como explotable sino como un patrimonio mundial que ha tomado auge desde hace algunas décadas con el concepto de sostenibilidad.

A nivel mundial el recurso hídrico se ha manifestado como un elemento esencial para la subsistencia humana, Naciones Unidas define que “El agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía, la producción de alimentos, los ecosistemas y para la supervivencia de los seres humanos. El agua también forma parte crucial de la adaptación al cambio climático, y es un decisivo vínculo entre la sociedad y el medioambiente”. (Naciones Unidas, 2020), reiterando la relevancia del agua en los procesos de la subsistencia humana.

Pero no solamente Naciones Unidas ha manifestado su preocupación por la conservación y manejo del agua, existen otras organizaciones que desde sus líneas de trabajo manifiestan la relevancia y transformación que debe tener la política mundial en la preservación de los recursos naturales, algunas de ellas son: La Organización de Naciones Unidas (ONU), La Organización Mundial de la salud (OMS), El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), la Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación (UNESCO, 2021), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), La Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres (UNISDR), Stockholm International Water Institute (SIWI), la Organización Meteorológica Mundial, entre otras. De la misma forma encontramos Organizaciones No Gubernamentales (ONG) que a nivel mundial y de forma autónoma han trabajado iniciativas civiles en proyectos de beneficio colectivo en pro del agua como Charity: Water, Fundación Aquae, Clean Water Fund, Global Water Challenge, Global Water Leaders Group, Stockholm International Water Institute, Naciones Unidas (ONU-Agua),

The Water Project, World Resources Institute, Water.org, entre otras, todas ellas manifiestan el aumento del estrés hídrico (falta de líquido) que por causas de actividades humanas y la falta de conciencia de las personas y organizaciones afecta la preservación de la especie humana.

A lo largo de las últimas décadas se han desarrollado manifiestos y documentos que ordenan a las naciones a establecer planes de conservación y protección del agua (Petrella, 2002), algunos de ellos son: La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente en Estocolmo (1972), La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua (Naciones Unidas, 1977), el Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental (1981-1990) (Naciones Unidas, 1980), la Conferencia internacional sobre el agua y el medio ambiente (Naciones Unidas, 1992) y (Naciones Unidas, 1992), el 19° período extraordinario de sesiones de la Asamblea General en Nueva York 1997, Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) (Naciones Unidas, 2000), El derecho al agua, artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (Naciones Unidas, 2003), la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en Johannesburgo en el 2002, el Decenio Internacional de Acción “Agua para la Vida” 2005-2015 (Naciones Unidas, 2005), la Cumbre Mundial en el 2005, Reunión de alto nivel sobre los Objetivos de Desarrollo del Milenio en el 2008, la Cumbre sobre los Objetivos de Desarrollo del Milenio 2010, el Folleto informativo No 35 El derecho al agua (UN Derechos Humanos, ONU Habitat, & OMS, 2011), la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible en el 2012, los eventos especiales de la Asamblea General para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en el 2013, La Agenda 2030 Para el desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2015), El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, la Agenda de Acción de Addis Abeba 2015 sobre la Financiación para el Desarrollo, el Acuerdo de París 2015 dentro del Marco de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en fin son diversos los pronunciamientos que impulsan a las naciones a encaminar esfuerzos hacia la protección del recurso hídrico.

Cabe resaltar que la revisión bibliográfica permitió identificar diversos enfoques y marcos teóricos que, si bien aportan al entendimiento general de la planificación territorial, no resultaron directamente relevantes para el alcance del presente estudio. Entre ellos se destacan los modelos centrados en la planificación urbana tradicional de carácter físico-espacial, los enfoques de competitividad económica sin componente ambiental y las metodologías de gestión hídrica

aplicadas exclusivamente a escalas rurales o de cuenca. Estos enfoques fueron considerados limitados en su aplicabilidad al contexto metropolitano colombiano, dado que no integraban la perspectiva hídrica sostenible ni los procesos de gobernanza participativa que sustentan la propuesta. Asimismo, se descartaron estudios cuyo marco normativo pertenecía a contextos internacionales con realidades institucionales y territoriales distintas a las del país, así como literatura que carecía de rigor metodológico o evidencia empírica suficiente para sustentar su uso en la validación del modelo. En consecuencia, la revisión se centró en fuentes actuales y pertinentes que abordan la sostenibilidad, la planificación prospectiva y la gestión integrada del recurso hídrico en territorios urbanos complejos.

En las siguientes líneas se presentará una revisión teórica sobre modelos de planeación y una descripción de los lineamientos establecidos por el gobierno para estos procesos, ambos elementos serán la base para la estructuración de la propuesta. Cabe resaltar que estos modelos son guías generales de apoyo que son retomadas por diferentes administraciones o gerencias para establecer su proceso de gestión y que la aplicación es el reflejo de la integración de varios modelos adaptables a las necesidades y condiciones específicas del marco de aplicación.

2.2.1. Modelos Teóricos de Planificación

Los modelos de planeación estratégica empresarial son muy focalizados al alcance de metas y objetivos de nivel empresarial, dentro de ellos podemos encontrar algunos como los mapas estratégicos, el Balanced Scorecard, el análisis PEST, el análisis DAFO, el análisis de brechas, la estrategia océano azul, el análisis de las cinco fuerzas de Porter, el modelo de Tom Lambert. De igual forma (Flores & Gómez, 2008) hacen una recopilación de algunos modelos estratégicos utilizados y manifiestan la relevancia secuencial de los mismos, en su documento exponen los modelos de William Newman, Frank Banghart, Tom Lambert, Colón y Rodríguez, Bateman y Snell, Banco Interamericano de Desarrollo, Stanton Etzel y Walter, Ralph Mroz, entre otros, que reflejan muchas similitudes y pocas diferencias.

Los modelos prospectivos de planeación proponen escenarios futuros y permiten tomar decisiones a fin de direccionar el camino hacia escenarios favorables, dentro de estos modelos se pueden nombrar algunos como los modelos de escenarios de Michel Godet y Francisco Mojica, Método MEYEP de Balbi, MICMAC, MACTOR, MORPHOL (Barahona, Sanguña, Murillo, &

Pantoja, 2019) u otros modelos como los árboles de competencia, el análisis estructural, el análisis morfológico, el ábaco de Régnier, el método de los impactos cruzados, los árboles de pertinencia, el método multipol, el Método de planificación basada en hipótesis (ABP), entre otros.

Los modelos de desarrollo sostenible parten del concepto de sustentabilidad y centran la atención a satisfacer las necesidades presentes sin comprometer los recursos de las futuras generaciones, dejan de lado los modelos capitalistas de crecimientos desmedido y promueven una conciencia ambiental. Se pueden reconocer diferentes tipos de sostenibilidad como la ambiental (preservación de la biodiversidad), la económica (capacidad organizacional de administrar recursos) y la social (fortalecimiento y estabilidad de grupos sociales) y de acuerdo con el enfoque define criterios y lineamientos particulares.

Cuando se habla de modelos de desarrollo sostenibles se debe referenciar la agenda 2030 de Naciones Unidas realizada en el 2015 donde se dan continuidad a los objetivos del milenio a través de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), estos objetivos determinan una hoja de ruta para atender y eliminar las principales necesidades globales, dentro de ellas encontramos el ODS 6 Agua y Saneamiento que busca el acceso universal al agua y mejorar los sistemas de saneamiento e higiene a nivel global o como en el caso de América Latina y la oportunidad de bienestar que puede darle a su población (CEPAL, 2018).

El modelo de planeación gubernamental es la planeación de un país (Gestión pública) que busca alcanzar los objetivos de desarrollo establecidos por un gobierno, tiene dos elementos esenciales como la administración del territorio (límites geográficos) y el tiempo de ejecución (periodo de gobernanza). Uno de sus principales retos es desagregar las políticas en cada uno de sus niveles y gestionar los recursos públicos de forma equitativa y eficiente. El gobierno como institución pública pretende potencializar su gestión y establece un plan de desarrollo que parte de un plan de gobierno que es elegido por el pueblo y formulado y avalado por el parlamento nacional, esto quiere decir que es una construcción colectiva de país.

Los modelos de planeación de smart cities involucran la tecnología como elemento de interacción multidimensional, es así como cada subsistema monitorea y analiza la información a fin de tomar decisiones que aporten al desarrollo sostenible y a una mejor calidad de vida de los

ciudadanos. Los sistemas tecnológicos pueden aplicarse a sectores como la salud, el medio ambiente, el transporte, la seguridad, la energía, entre otros, sin embargo, el nivel de éxito está atado a la gestión y gobernanza de la ciudad (Berrone & Ricart, 2016).

A continuación, se presentan los lineamientos nacionales de planificación como elementos necesarios para la construcción de la propuesta, algunos de los elementos que destacamos son los siguientes:

- Colombia a través de la ley 152 de 1994. Ley orgánica del plan de desarrollo, establece los lineamientos de planificación en el territorio particularizando la división política (gobierno central, departamentos y municipios).
- Para garantizar la participación en la planeación de acuerdo con el nivel jerárquico se tiene entidades que trabajan con las oficinas de planeación y demás oficinas de ámbito funcional.
- El plan de desarrollo nacional (PND) establece la carta de navegación a nivel estratégico incluyendo apartes como los servicios, la educación, la cultural, la economía, la gestión ambiental, etc., a la vez este se vincula con un plan de inversiones que soporta los recursos requeridos para la ejecución todo enmarcado dentro de un ciclo de gestión pública, por su parte las entidades territoriales establecen el plan de desarrollo a partir de insumos como programas de gobierno, planes sectoriales, competencias de ley y lineamientos de PND que al final son aprobados por el ente territorial (asambleas o consejos).
- La construcción de plan de desarrollo parte de un diagnóstico para luego establecer una formulación que será presentada a las autoridades competentes para su aprobación, luego continúa con su proceso de ejecución. Es de aclarar que la construcción del plan de desarrollo parte de una propuesta de los candidatos en proceso de elección y ratificada por el pueblo en las urnas, de la misma forma al constituirse como un mandato de pueblo su no ejecución puede encadenar una revocatoria del mandato, un referendo o un plebiscito donde el pueblo a través de los mecanismos de participación ciudadana toma acciones ante el no cumplimiento.
- En cuanto a la planificación del recurso hídrico encontramos que el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) permite que las autoridades ambientales

intervengan los cuerpos de agua a fin de garantizar el sostenimiento ecosistémico, de la misma forma el Plan Nacional de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento definido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) establece estrategias para asegurar el acceso al agua potable y su sostenibilidad, por su parte la planificación de cuencas hidrográficas establecida por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible encamina la gestión y el uso sostenible del agua a nivel de cuencas con instrumentos como los Planes Estratégicos de Macrocuencas (PEM), los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS) y los Planes de Manejo Ambiental de microcuencas (PMAM), en cuanto a manejo de aguas subterráneas el Plan de Manejo Ambiental de Aguas y Acuíferos (PMAA) vela por dicho recurso. Cada uno de estos apartes está regulado por el Decreto 2811 de 1974, la Ley 388 de 1997, la Ley 99 de 1993, la ley 1523 de 2012, el Decreto 1640 de 2012, el Decreto 50 de 2018, la Resolución 1907 de 2013 y la Resolución 509 de 2013.

Para concluir podemos evidenciar que existe una guía amplia nacional que establece los lineamientos generales para formular planes de gobierno los cuales luego serán materializados en planes y programas de desarrollo en este punto la ley orgánica de planeación es el documento base de estos procesos el cual articula, viabiliza y relaciona cada una de las iniciativas. Por su parte las áreas metropolitanas se guían por dos leyes, la Ley 1625 de 2013 y la Ley 1454 de 2011 las cuales estipula el manejo de los Plan Integral de Desarrollo Metropolitano (PIDM) y los Plan Estratégico Metropolitano de Ordenamiento Territorial (PEMOT) y dentro de ellos manejan el factor ambiental y de recurso hídrico (Congreso de Colombia, 2011). En las áreas metropolitanas encontramos lineamientos como las Orientaciones Metropolitanas de Ordenamiento Territorial (OMOT) o las Directrices Metropolitanas de Ordenamiento Territorial (DMOT) que establecen restricciones y guías para el desarrollo de programas y proyectos.

Algunos elementos a destacar dentro de los lineamientos que establece la Ley 1625 de 2013 en sus artículos 13 y 22 son los contenidos mínimos para el PIDM y el PEMOT con referencia a la protección del recurso hídrico, i) La definición de lineamientos para la localización de la infraestructura de transporte, servicios públicos, equipamientos y espacios públicos de escala metropolitana, así como las áreas de reserva para la protección del medio ambiente, de los recursos naturales y del paisaje, la determinación de áreas estratégicas susceptibles de ser

declaradas como áreas protegidas, la definición de las directrices para su ejecución u operación cuando se definan como hechos metropolitanos, ii) Las directrices físico-territoriales, sociales, económicas y ambientales, relacionadas con los hechos metropolitanos y iii) Establecimiento de mecanismos que garanticen el reparto equitativo de cargas y beneficios, generados por el ordenamiento territorial y ambiental. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2021).

Dentro de los puntos críticos de planeación territorial encontramos los procesos de planeación metropolitana que determinan el ruterio de gobernanza durante 10 años y tipifica en su construcción problemáticas y necesidades territoriales que debe ser atendida desde una visión integradora de municipios (Congreso de Colombia, 2012). En los siguientes apartes se presentarán los principales criterios de mejora que aportarán a los procesos de planeación territorial focalizados en el recurso hídrico y no en la planificación general de las áreas metropolitanas.

- El territorio. Las áreas metropolitanas se manifiestan como una aglomeración de municipios, personas, culturas y geografía que presentan diferentes puntos de vista e intereses frente al manejo del agua en la región, es por esto que conocer el territorio se convierte en una necesidad elemental para la formulación de un plan ambiental de aguas. La pertinencia de conocimiento del territorio no solamente se limita al territorio en sí, sino cómo este interactúa con otros ecosistemas aledaños.
- Lineamientos Normativos. Las áreas metropolitanas se rigen por la constitución nacional y las leyes específicas para entes descentralizados por lo que sus acciones deben estar dentro de un marco legal, reglamentario y político, es así como los lineamientos de los DMOT y OMOT generan un encadenamiento entre los lineamientos nacionales, territoriales y locales.
- La gobernanza del Agua. La gobernanza del agua supone una gestión responsable con la sostenibilidad y la administración del recurso, en este caso ya no solamente de nivel local sino de nivel territorial y es aquí donde los entes locales deben trascender a proyectos de beneficio común que brinden soluciones universales en torno a los desafíos territoriales, macroproyectos de conservación, tratamiento y protección que evalúan las fuentes hídricas como un todo y no como una parte sectorial. Este factor tiene un gran impacto ya que las áreas metropolitanas son aglomeraciones

poblacionales e industriales que demandan día a día mayores volúmenes de recurso sin embargo las fuentes naturales siguen siendo las mismas, pero de menor intensidad.

Uno de los elementos claves a involucrar en este aparte son los 36 indicadores que la OCDE estableció como principios de gobernanza del agua.

- La participación de Stakeholders. En este factor se identificó que los niveles de participación ciudadana son limitados, visualizándose particularmente en los procesos finales de planificación situación que manifiesta una deficiencia en el proceso constructivo. Algunos grupos de interés alrededor del agua en estas regiones se han convertido en activistas por la protección de las fuentes hídricas que luchan contra posiciones progresistas económicas e industriales, por lo que es importante desarrollar procesos de formación que instruyan, integren, comuniquen y socialicen los procesos de construcción del plan de aguas metropolitano que redunde en una participación de comunidades, empresas y organizaciones.
- Retrospectiva y Diagnóstico. Uno de los elementos claves para la formulación de un plan de protección hídrica es establecer un diagnóstico territorial que evalúe diferentes líneas de acción como los principios globales de protección del recurso, la sostenibilidad territorial, la competitividad, el hábitat, la sociedad, la biodiversidad, los procesos de contaminación y basuras, el cambio climático, el ordenamiento territorial, la tecnología, los niveles de riesgo, en fin son tan diversas las variables que deben ser incluidos en el diagnóstico buscando rescatar las experiencias de éxito del pasado y a la vez ajustar elementos de fallo o fracaso existentes.
- Prospectiva. Varios de los planes metropolitanos han asumido la inclusión de los objetivos de desarrollo sostenible y cambio climático dentro de sus PIDM, sin embargo la inadecuada planificación ha revelado problemáticas que se manifiestan en el bajo desempeño de estos factores, dentro de la observación se encontró que la gestión del conocimiento y el cambio cultural no tenía la pertinencia esperada para promover acciones adecuadas con estos objetivos manifestando notables deficiencias en el uso de los recursos hídricos a través de procesos de gestión ambiental, planificación y ordenamiento territorial totalmente desarticulados, perdiendo el enfoque de hábitat sostenible e integral.

- **Financiación.** Varios de los municipios en el país manifiestan déficit fiscal y compromisos de partidas futuras que limitan y dificultan sus aportes con las áreas metropolitanas, de igual forma el comportamiento macroeconómico y las variables de proyección de la época de pandemia y post pandemia modificó la hoja de ruta de los PIDM, agravando el desempeño de ejecución de obras y planes metropolitanos, algunos de ellos rezagados o dejados en espera ante un mejoramiento fiscal. El balance del gobierno colombiano tiende a un ajuste presupuestal y reducción del gasto público, política que afecta a los municipios e indirectamente a las áreas metropolitanas como beneficiarias de estos recursos, dada esta situación las áreas metropolitanas deben trabajar con presupuestos pesimistas que en varios de los casos tienden a estar por fuera de los parámetros planificados dificultando periodo a periodo alcanzar los objetivos establecidos.
- **Seguimiento y trazabilidad.** Los sistemas de medición de las áreas metropolitanas permiten realizar un monitoreo regular y periódico a los indicadores de trazabilidad y seguimiento, sin embargo, las dificultades se manifiestan en la tercerización de las obras donde el control está por fuera de la administración regular y depende de las interventorías de los proyectos para su reporte. Por otra parte, se identifica una cultura de ejecución que se refleja en tiempos de ejecución por fuera de los parámetros, sobrecostos en obras y procesos legales y contractuales de conformidad que atentan directamente contra la gestión de cada una de las áreas metropolitanas.

En las siguiente líneas se presentan los modelos de planeación adoptados por las siete áreas metropolitanas estudiadas, cada uno de ellos se establece a partir de las directrices del ente pero a la vez se particulariza de acuerdo con las características del territorio, las problemáticas existentes y los lineamientos de gobernanza del mandatario de turno, aunque parten de los mismos lineamientos es razonable que las particularidades de gobernanzas y de territorio establecen diferencias significativas que junto con la gestión permiten establecer casos de éxito o fracaso en las políticas de conservación del agua.

2.2.1.1. Modelo Áreas Metropolitana del Valle de Aburrá. Para el área metropolitana del Valle de Aburrá “las más antigua de las áreas metropolitanas” se establece los siguiente hechos metropolitanos i) el ordenamiento territorial de ámbito metropolitano, ii) el sistema metropolitano de reparto de cargas y beneficios de carácter regional , iii) las políticas y estrategias de movilidad (infraestructura y componentes móviles), iv) el sistema metropolitano de vivienda de interés social, v) la política y estrategia para la red de espacios públicos y equipamiento metropolitano y el desarrollo de proyectos estratégicos de urbanismo y vi) las directrices de mínimo nivel respecto al desarrollo económico y social para el Valle de Aburrá, cada uno de estos hechos metropolitanos se establecieron en el PIDM del 2008 y se ratificaron en el 2021 con el plan estratégico definido hasta el 2032.

Figura 3

Modelo de Hechos Metropolitanos del AM del Valle de Aburrá



Nota: PIDM Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2021).

En el PIDM se define la estructura del plan de gestión futuro sostenible 2020-2023 la cual manifiesta diferentes niveles apoyados por ejes transversales, este enfoque que surge del Modelo Integrado de Planeación y Gestión (MIPG) vincula a entes local y gubernamentales de gestión.

Figura 4

Plan de Gestión 2020-2023 Futuro Sostenible AM del Valle de Aburrá



Nota: PIDM AM del Valle de Aburrá (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2021).

El AM del Valle de Aburrá establece dentro de su proceso metodológico la construcción prospectiva de su PIDM donde establece a partir de un modelo prospectivo (MIC MAC) una correlación entre la estrategia y los retos establecidos.

Figura 5

Sistema Estratégico del PIDM 2021-2032 AM del Valle de Aburrá



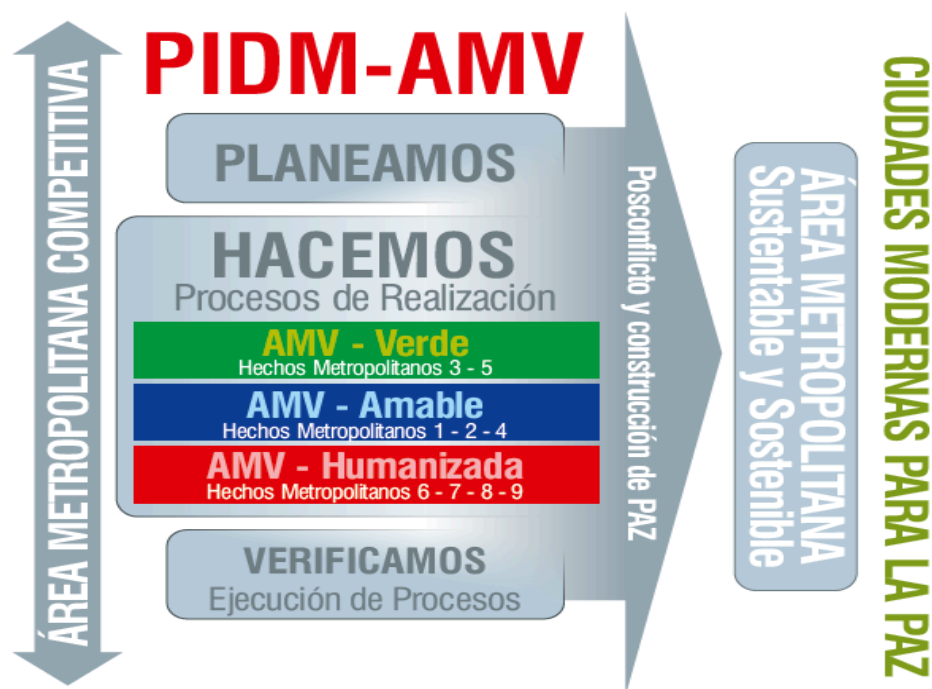
Nota: PIDM Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2021).

2.2.1.2. Modelo Área Metropolitana de Valledupar. El modelo de planeación estratégica del área metropolitana de Valledupar establece las dimensiones estratégicas con un enfoque competitivo, pero a la vez sostenible dentro de un contexto de posconflicto y reconciliación (Figura 6). Dentro de su planeación estratégica determina el Hecho Metropolitana (HM3) Adaptabilidad al Cambio Climático.

El plan estratégico se desagrega a partir del plan operativo que manifiesta causas de resiliencia al ser una región adolorida por la guerra interna del país y que pide una transformación a partir de la cultura social de paz y sostenibilidad.

Figura 6

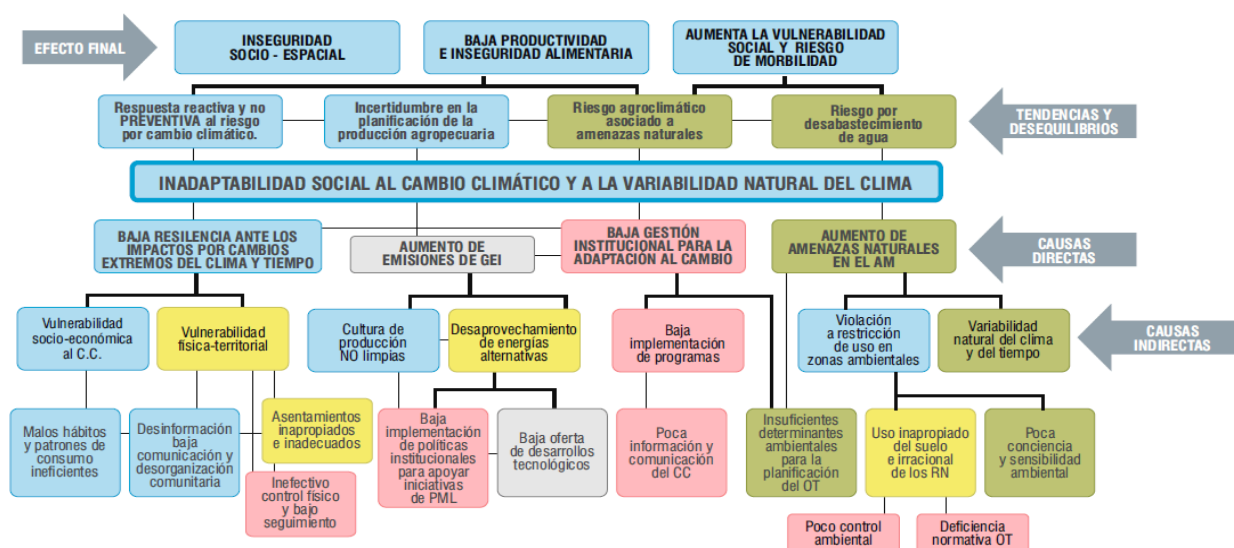
Modelo de Dimensiones Estratégicas Área Metropolitana de Valledupar



Nota: PIDM Área Metropolitana de Valledupar (Área Metropolitana de Valledupar, 2017).

Figura 7

Plan Operativo HM3 Área Metropolitana de Valledupar



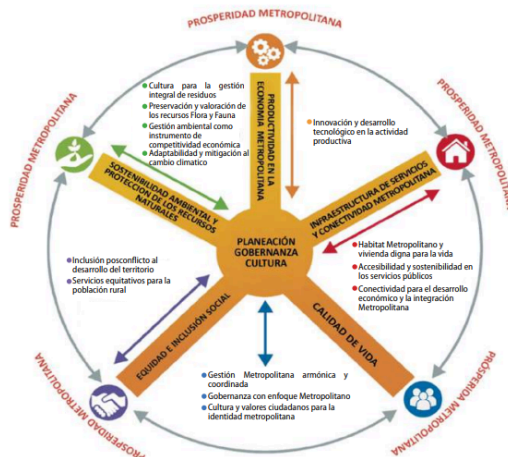
Nota: PIDM AM de Valledupar (Área Metropolitana de Valledupar, 2017).

2.2.1.3. Modelo Área Metropolitana de Bucaramanga. Ante las directrices nacionales el área metropolitana de Bucaramanga establece la integración de los planes institucionales con los planes estratégicos de acción y define cinco componentes dentro de su plan estratégico entre el 2016 al 2036 los cuales son: Componente i) Planeación Gobernanza y Cultura, Componente ii) Productividad en la economía metropolitana, Componente iii) Infraestructura servicios y conectividad Metropolitana, Componente iv) Sostenibilidad ambiental y protección de recursos naturales y Componente v) Equidad e inclusión social (Área Metropolitana de Bucaramanga, 2016).

En esta área metropolitana hay un plan específico de austeridad y gestión ambiental que encamina esfuerzos hacia la cultura del uso racional y eficiente de los recursos públicos dentro de ellos el componente acuífero.

Figura 8

Lineamiento de Prosperidad Área Metropolitana de Bucaramanga

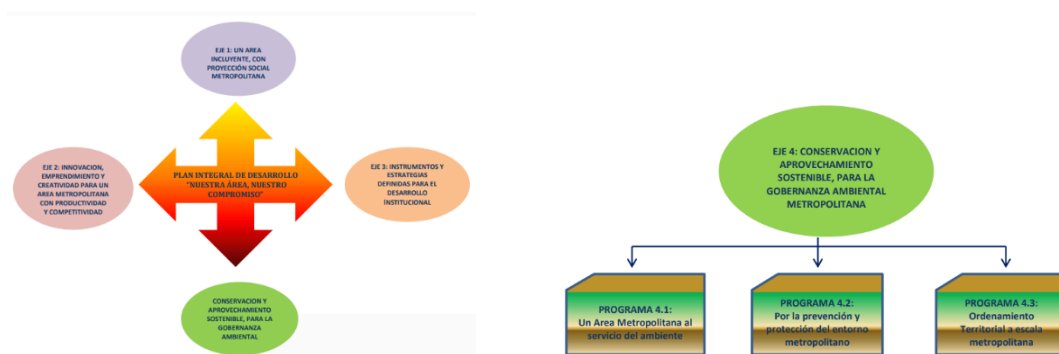


Nota: PIDM AM de Bucaramanga (Área Metropolitana de Bucaramanga, 2016).

2.2.1.4. Modelo Área Metropolitana de Cúcuta. Por su parte el modelo establecido en el área metropolitana de Cúcuta define cuatro ejes principales de gestión (eje social, eje económico, eje institucional y eje ambiental) dentro de este último existen acciones de conservación y aprovechamiento sostenible y se encamina hacia el reconocimiento de los ecosistemas del territorio y su proceso de transformación permanente e indaga si es sostenible la forma en que se satisfacen las necesidades del presente y aboga por garantizar que las futuras generaciones (Área Metropolitana de Cúcuta, 2017).

Figura 9

Ejes Estratégicos Área Metropolitana de Cúcuta



Nota: PIDM Área Metropolitana de Cúcuta (Área Metropolitana de Cúcuta, 2017).

2.2.1.5. Modelo Área Metropolitana de Barranquilla. El plan estratégico adoptado por el área metropolitana de Barranquilla en el 2020 y que va hasta el 2032 establece retos territoriales apoyados en las siguientes dimensiones: Metrópoli sostenible, metrópoli en movimiento, metrópoli incluyente, metrópoli educativa y metrópoli competitiva (Área Metropolitana de Barranquilla, 2020). Esta visual modifica los ejes estratégicos definidos hasta el 2019 (Eje 1. Fortalecimiento institucional, eje 2. Desarrollo Humano y eje 3. Competitividad Metropolitana). Tanto en el PIDM 2009 como el establecidos en el 2019 se incluye el factor de sostenibilidad sin embargo en el nuevo plan es más visible (dimensión exclusiva) mientras que en plan anterior hacía parte del eje territorial.

2.2.1.6. Modelo Área Metropolitana de Centro-Occidente. El área metropolitana de Centro-Occidente determina tres elementos primordiales de su plan estratégico el cual se visualiza entre el 2013-2032 y son: ordenamiento territorial y movilidad, sustentabilidad ambiental, desarrollo socio económico y cultural, a la vez se establece líneas estratégicas de gestión como cultura, economía, ambiente, físico espacial y política institucional (Área metropolitana de Occidente, 2021). En la línea estratégica ambiental denominada escombrera regional incluye el recurso hídrico con factores como el cambio climático, biodiversidad y gestión de servicios públicos.

Figura 10

Líneas Estratégicas PIDM Área Metropolitana Centro Occidente



Nota: PIDM Área Metropolitana Centro Occidente (Área metropolitana de Occidente, 2021).

2.2.1.7. Modelo Área Metropolitana de Bogotá-Cundinamarca. Con relación al PIDM del área metropolitana de Bogotá se identifica que esta entidad se conformó con la Ley orgánica 2199 del 2022 (Congreso de Colombia, 2022) y que actualmente está en proceso de organización y de adhesión de municipio por lo cual no existe un documento formal que rija los lineamientos de los próximos años. Se puede observar que en el acto administrativo se plantean unos hechos metropolitanos en focos como alcance territorial, sostenibilidad, beneficio multi-actor, eficiencia económica, y organización institucional, a la vez se establecen unos ámbitos de competencias como movilidad, desarrollo económico, seguridad ciudadana, convivencia y justicia, seguridad alimentaria y comercialización, servicios públicos, ordenamiento y hábitat y medio ambiente. Es importante recalcar que esta área metropolitana se define como región metropolitana la cual la diferencia de las otras áreas metropolitanas del país en elementos como: No existe un municipio núcleo, existe participación departamental, se mantiene la autoridad ambiental.

Figura 11

Áreas Temáticas AM Bogotá-Cundinamarca



Nota: Cartilla la Región Metropolitana Bogotá-Cundinamarca 2023 (Asociación Colombiana de Ciudades Capitales, Gobernación de Cundinamarca, Alcaldía de Bogotá y Región Metropolitana, 2023).

2.3. Marco Conceptual

El recurso hídrico es un elemento vital para la humanidad y un eje central en los procesos de construcción social y de sustentabilidad. Su conservación y uso responsable son fundamentales para la vida y para orientar el desarrollo urbano hacia modelos sostenibles. En esta tesis doctoral, se consideran enfoques globales, nacionales y regionales que articulan la gestión del agua con la planificación territorial de las áreas metropolitanas de Colombia. En este marco, experiencias internacionales como el paradigma One Water destacan la necesidad de integrar todas las fuentes y usos del agua bajo una visión unificada, con el fin de responder a las crisis urbanas y garantizar un uso eficiente del recurso (One Water, 2024).

La planificación territorial, en Colombia, constituye un instrumento legal que regula el uso del suelo en las divisiones político-administrativas. En el caso de las áreas metropolitanas, integra dimensiones ambientales, sociales, culturales y económicas, proyectando un desarrollo sostenible. El énfasis de este estudio recae en el agua como motor de competitividad y productividad. En esa línea, se reconoce que la resiliencia urbana frente a riesgos hídricos depende de esquemas de gobernanza multinivel, que superen las fronteras administrativas y articulen actores locales, regionales y nacionales (Resilient Cities Network, 2024).

Las áreas metropolitanas, como asociaciones de dos o más municipios, son hoy focos estratégicos de desarrollo en Colombia que concentran población, industria y crecimiento económico bajo el modelo centro-periferia (Congreso de Colombia, 2013; CEPAL y Naciones Unidas, 2013). Estas dinámicas generan oportunidades, pero también presiones sobre los ecosistemas, lo que hace indispensable integrar la gestión hídrica en la planificación territorial. Así, las áreas metropolitanas se constituyen en escenarios clave para armonizar desarrollo y sostenibilidad, en línea con las tendencias internacionales de innovación en la gestión del agua.

Las palabras incluidas en este glosario atienden los conceptos propios de esta tesis doctoral, no representan una definición general por el contrario es específica para el tema tratado del trabajo doctoral.

Área Rural. Conjunto de centros poblados con menos de 2.500 habitantes definido en cualquier nivel de la División Político-Territorial del país. Es el espacio en el que se encuentran los campos (DANE, 2015).

Área Urbana. Se considera que una zona urbana se caracteriza por estar habitada de forma permanente por más de 2.000 habitantes. Es el espacio en el que hay ciudades (DANE, 2015).

Centros Urbanos. Para este caso un centro urbano es un punto geográfico donde se centra una conurbación poblacional, incluye una agrupación de personas, viviendas y negocios. Podemos encontrar este tipo de áreas en ciudades, municipios o conurbaciones intermedias (DANE, 2015).

Competitividad. La competitividad es la capacidad de un área metropolitana para desarrollar ventajas competitivas con respecto a otras regiones del país. Obteniendo así una posición destacada en su entorno (Consejo Privado de Competitividad, 2023).

Conurbación. Una conurbación es una integración que comprende una serie de ciudades, pueblos grandes y otras áreas urbanas que, a través del crecimiento poblacional y su crecimiento físico se fusionan (DANE, 2022).

Cuenca Hídrica. Una cuenca hidrográfica es toda el área de terreno que contribuye al flujo de agua en un río o quebrada. También se conoce como el área de captación o área de terreno de donde provienen las aguas de un río, quebrada, lago, laguna, humedal, estuario, embalse, acuífero, manantial o pantano (IDEAM, s. f.).

Desarrollo Sostenible. El desarrollo sostenible es un concepto que aparece por primera vez en 1987 con la publicación del Informe Brundtland, que alertaba de las consecuencias medioambientales negativas del desarrollo económico y la globalización y trataba de buscar posibles soluciones a los problemas derivados de la industrialización y el crecimiento de la población (Brundtland, 1987).

Integración Regional. La integración regional es un proceso multidimensional cuyas expresiones incluyen iniciativas de coordinación, cooperación, convergencia e integración

profunda, y cuyo alcance abarca no solo las temáticas económicas y comerciales, sino también las políticas, sociales, culturales y ambientales (CEPAL, 2014).

Planificación Territorial. La Planificación Territorial incluye normalmente una normativa, con fuerza de ley, que regula el uso del territorio, definiendo los usos posibles para las diversas áreas en que se ha dividido el territorio, ya sea el país como un todo o una subdivisión político-administrativa del mismo (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [Minvivienda], s. f.).

Plan integral de desarrollo metropolitano (PIDM). Es un marco estratégico general de largo plazo con visión metropolitana y regional integrada, que implementa un sistema de coordinación, direccionamiento y programación del desarrollo territorial, estableciendo criterios y objetivos comunes para el desarrollo sustentable de los municipios de su jurisdicción (Área Metropolitana de Bucaramanga [AMB], s. f.).

Plan estratégico metropolitano de ordenamiento territorial (PEMOT). Es el instrumento mediante el cual la Ley 1625 de 2013 dotó a las Áreas Metropolitanas para que planificaran aquellos hechos metropolitanos que determinan el ordenamiento territorial de aquellos municipios que la integran (Área Metropolitana de Bucaramanga [AMB], s. f.).

Productividad. La productividad se encarga de medir y calcular el total de bienes y servicios que han sido producidos por cada factor utilizado (tierra, trabajo, capital, tiempo, etc.) durante un periodo determinado. Es decir, la productividad nos permite saber lo que produce una región (AMC) en un periodo de tiempo (Consejo General de Economistas, 2023).

Prospectiva. Ciencia que se dedica al estudio de las causas técnicas, científicas, económicas y sociales que aceleran la evolución del mundo moderno, y la previsión de las situaciones que podrían derivarse de sus influencias conjugadas (Centro de Estudios para la Planificación y la Cooperación [CEPCUYO], 2024).

Recurso Hídrico. Los recursos hídricos son los cuerpos de agua que existen en el planeta, desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, los arroyos y las lagunas. Estos recursos deben preservarse y utilizarse de forma racional ya que son indispensables para la existencia de la vida (FAO, 2023).

Sustentabilidad. Es la habilidad de lograr una prosperidad económica sostenida en el tiempo protegiendo al mismo tiempo los sistemas naturales del planeta y proveyendo una alta calidad de vida para las personas (Greenpeace Chile, 2025).

2.4. Marco Contextual

En el contexto colombiano, la gestión del recurso hídrico en áreas metropolitanas se ve afectada por factores como el crecimiento urbano acelerado, la débil coordinación interinstitucional y la creciente presión sobre las fuentes naturales de agua. Esta investigación se centra en siete áreas metropolitanas con enfoque a sus dinámicas territoriales, normativas y socioambientales, que configuran el marco de planificación hídrica. Estudios recientes destacan que la fragmentación institucional persiste como uno de los principales obstáculos para lograr una gobernanza hídrica efectiva en zonas metropolitanas (Callejas Moncaleano, Pérez, & Rodríguez, 2024), al limitar la capacidad de articular políticas integradas entre niveles municipales, regionales y nacionales.

En este sentido, algunas áreas metropolitanas han adoptado enfoques innovadores de sostenibilidad hídrica y urbana buscando reforzar la protección de los recursos naturales y promoviendo una cultura de sostenibilidad. Por ejemplo, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá ha implementado el “Plan Quebradas”, que busca la recuperación integral de 19 microcuencas en los diez municipios que lo conforman, con el objetivo de mejorar el sistema hídrico y promover la resiliencia urbana (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2024). De manera similar, Barranquilla ha desarrollado estrategias de infraestructura verde y azul, integrando áreas naturales y cuerpos de agua dentro del entorno urbano, con lo cual mejora la gestión de aguas pluviales y se fortalece la sostenibilidad ambiental (Gobernación del Atlántico, 2024).

Por otro lado, Cartagena ha promovido la digitalización del ciclo integral del agua mediante el proyecto CARTADi, que incorpora contadores inteligentes y sensores en la red de abastecimiento y alcantarillado para detectar fugas y optimizar el uso de recursos hídricos, evidenciando cómo la tecnología puede ser un aliado en la gestión sostenible del agua (Hidrogea, 2025). En Bogotá, la Secretaría de Ambiente ha tomado medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, incluyendo el aprovechamiento de aguas lluvias, servidas y regeneradas, y la

rehabilitación de recursos hídricos tanto en zonas urbanas como periurbanas (Secretaría de Ambiente de Bogotá, 2024). Estas experiencias reflejan un interés creciente por integrar soluciones basadas en la naturaleza e infraestructura verde en la planificación urbana colombiana, evidenciando beneficios tanto ambientales como socioeconómicos (Marino, Sánchez y Gómez, 2024; Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible, 2024).

En el ámbito normativo, Colombia ha recibido reconocimiento internacional por su liderazgo en la planificación ambiental. La coalición Reverse The Red otorgó al país la medalla NBSAP 2025 por su Plan de Acción de Biodiversidad al 2030. Este plan establece metas ambiciosas respaldadas por ciencia y saberes locales, en un proceso participativo con más de 100.000 personas en todo el país, orientadas a la protección de ecosistemas y especies (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2025).

Además, proyectos de alto impacto sostenible en Colombia han sido reconocidos a nivel mundial. Un ejemplo destacado es el proyecto de recuperación de hábitat en la Comuna 20 de Cali, que obtuvo un reconocimiento internacional por su enfoque integral en la mejora de la calidad de vida urbana y la sostenibilidad ambiental. Este proyecto ha sido considerado un modelo a seguir en la región (Alcaldía de Cali, 2024).

En Colombia existen más de 19 áreas metropolitanas formales, de las cuales sólo ocho están avaladas por la Ley 1625 de 2013: Valle de Aburrá, Bucaramanga, Barranquilla, Cúcuta, Centro Occidente, Valledupar, Bogotá-Cundinamarca y Suroccidente. Este estudio asume siete de los ocho entes reconocidos, descartando aquellos sin reconocimiento formal, ya que carecen de una estructura jurídica adecuada. Estas zonas concentran importantes poblaciones, industrias y dinámicas urbanas bajo el modelo centro–periferia (Congreso de Colombia, 2013; CEPAL y Naciones Unidas, 2013), lo cual también genera presiones sobre los ecosistemas hídricos y convierte al agua en un insumo estratégico de desarrollo.

En términos temporales, la investigación se sitúa en 2025, incorporando la normativa vigente hasta ese año. Se prioriza la consulta de instrumentos oficiales como los PIDM, PEMOT y los informes de gestión más recientes, algunos con vigencia de hasta 12 años, complementados con trabajo de campo para corroborar la información institucional.

2.5. Marco Legal y Normativo

La gestión del recurso hídrico en Colombia se enmarca en un conjunto amplio y jerárquico de disposiciones legales, políticas y de regulaciones técnicas que orientan la planificación territorial, la sostenibilidad ambiental y la protección del agua como derecho fundamental. Este marco normativo parte de los principios constitucionales consagrados en la Carta Política de 1991, y se complementa con leyes sectoriales como la Ley 99 de 1993, que establece el Sistema Nacional Ambiental (SINA), y la Ley 388 de 1997, que define los lineamientos para el ordenamiento territorial. Por su parte, la Ley 1625 de 2013 regula la conformación y funcionamiento de las áreas metropolitanas, otorgándoles competencias en materia de desarrollo urbano y gestión ambiental. En este aparte se incluirá el marco normativo y legal tanto para el recurso hídrico como la referente a áreas metropolitanas.

Colombia a través de ley 152 de 1994 Ley orgánica del plan de desarrollo (Congreso de Colombia, 1994), establece los criterios de planificación en el territorio particularizando la división política existente, es así que el gobierno central define los lineamientos generales mientras que el desarrollo económico y social y la intermediación entre nación y territorios están a cargo de los departamentos y por último la prestación de servicios está a cargo de los municipios, estos niveles jerárquicos establecen políticas, estrategias, planes, programas, subprogramas y proyectos que concurren en actividades comunes y complementarias acordes con la presidencia de la república pero a la vez alineados con las necesidades locales existentes.

Para establecer las instancias de participación encontramos diferentes entidades que de acuerdo con el nivel jerárquico trabajan y aportan a la planeación, es así que a nivel nacional encontramos al Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES), al Departamento Nacional de Planeación (DNP), al Consejo Nacional de Planeación (CNP) y a los Consejos Territoriales de Planeación (CTP), mientras que a nivel territorial las gobernaciones, alcaldías y Entidades Territoriales Indígenas (ETIs) trabajan con las oficinas de planeación y demás oficinas de ámbito funcional.

El Plan de Desarrollo a nivel Nacional (PND) establece la carta de navegación a nivel estratégico incluyendo apartes como los servicios, la educación, la cultural, la economía, la gestión ambiental, etc. y a la vez este se vincula con un plan de inversiones que soporta los

recursos requeridos para la ejecución todo enmarcado dentro de un ciclo de gestión pública, por su parte las entidades territoriales establecen el plan de desarrollo a partir de insumos como programas de gobierno, planes sectoriales, competencias de ley y lineamientos de PND que al final son aprobados por el ente territorial (asambleas o consejos).

La construcción del plan de desarrollo parte de un diagnóstico para luego establecer una formulación que será presentada a las autoridades competentes para su proceso de aprobación, luego continúa con su proceso de ejecución. Es de aclarar que la construcción del plan de desarrollo parte de una propuesta de los candidatos en proceso de elección y ratificada por el pueblo en las urnas, de la misma forma al constituirse como un mandato de pueblo su no ejecución puede encadenar una revocatoria del mandato, un referendo o un plebiscito donde el pueblo a través de los mecanismos de participación ciudadana toma acciones ante el no cumplimiento.

En cuanto a la planificación del recurso hídrico encontramos que el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) permite que las autoridades ambientales intervengan los cuerpos de agua a fin de garantizar el sostenimiento ecosistémico, de la misma forma el Plan Nacional de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento definido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) establece estrategias para asegurar el acceso al agua potable y su sostenibilidad, por su parte la planificación de cuencas hidrográficas establecida por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible encamina la gestión y el uso sostenible del agua a nivel de cuencas con instrumentos como los Planes Estratégicos de Macrocuencas (PEM), los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS) y los Planes de Manejo Ambiental de microcuencas (PMAM), en cuanto a manejo de aguas subterráneas el Plan de Manejo Ambiental de Aguas y Acuíferos (PMAA) vela por dicho recurso. Cada uno de estos apartes está regulado por (Decreto 2811 de 1974. El gobierno procurará evitar o prohibir la utilización de elementos ambientales y recursos naturales renovables que puedan producir deterioro ambiental en países no vecinos, 1974), (Ley 388 de 1997. Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones. Bogotá Colombia., 1997), (Ley 99 de 1993 - Gestor Normativo - Función Pública. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables., 1993), (Ley 1523 de 2012. Por la cual se adopta la política nacional de

gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. Bogotá Colombia, 2012), (Decreto 1640 de 2012 - Gestor Normativo - Función Pública, 2012), (Decreto 50 de 2018. Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018), (Resolución-1907-de-2013. Por la cual se expide la guía técnica para la formulación de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas, 2013) Y (Resolución 509 de 2013. Por la cual se definen los lineamientos para la conformación de los consejos de cuencas y su participación en las fases del plan de ordenamiento de cuencas y se dictan otras disposiciones, 2013).

En el contexto colombiano encontrado un sinnúmero de leyes y normas que abarcan los diferentes escenarios del manejo del agua, las resoluciones, decretos y leyes se alinean con conceptos como la calidad del agua, las licencias y permisos, la protección de páramos, el manejo de aguas marítimas y por supuesto la planificación del recurso hídrico, en la Tabla 3 se presenta un recuento de la regulación existente en el país.

Tabla 3

Normatividad del Agua en Colombia

Planificación
La Ley 99 de 1993. donde se crea el Ministerio de Ambiente, organiza el Sistema Nacional Ambiental y define el ordenamiento ambiental territorial (Congreso de Colombia, 1993)
Ley 152 de 1994. Las entidades territoriales “tienen autonomía en materia de planeación del desarrollo económico, social y de la gestión ambiental, en el marco de las competencias, recursos y responsabilidades que les han atribuido la Constitución y la Ley”. (Congreso de Colombia, 1994)
Artículo 80 de la Constitución Política de Colombia. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. (Asamblea Nacional Constituyente, 1991)
Decreto 3930 de 2010. Establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados. (Presidencia de Colombia, 2010)
Decreto 1076 de 2015. Declaratoria de ordenamiento, diagnóstico, identificación de usos potenciales del recurso hídrico y la elaboración del PORH, incluyendo los avances técnicos que se tienen con respecto a la estimación de la oferta hídrica y la modelación de calidad del agua continental superficial. (Presidencia de Colombia, 2015)
Ley 99 de 1991 en Colombia. Dicha Ley establece que las Corporaciones Autónomas Regionales – CAR- son la máxima autoridad ambiental y administradora de los recursos naturales renovables de sus jurisdicciones y las encargadas de velar por la dimensión ambiental en las decisiones de planificación y de ordenamiento territorial. (Congreso de Colombia, 1991)

Decreto 50 de 2018. Cuando dos o más autoridades ambientales tengan jurisdicción sobre un mismo cuerpo de agua objeto de ordenamiento, establecerán la comisión conjunta de que trata el parágrafo 3° del artículo 33 de la Ley 99 de 1993. (Presidencia de Colombia, 2018)

Decreto 1640 de 2012. Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. (Presidencia de Colombia, 2012)

Calidad del Agua

Decreto 1575 de 2007. El valor aceptable del cloro residual libre en cualquier punto de la red de distribución del agua para consumo humano deberá estar comprendido entre 0,3 y 2,0 mg/L. (Presidencia de Colombia, 2007)

Decreto 475 de 1998. Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable de suministro de agua en cumplimiento de las normas, disposiciones y criterios contenidos en el presente decreto, así como los demás aspectos que tengan relación con la calidad del agua para consumo humano. (Presidencia de Colombia, 1998)

Resolución 1433 de 2004. Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Terr, 2004)

Ley 142 de 1994. Ley de servicio público domiciliario de agua potable. (Congreso de Colombia, 1994)

Decreto 1541 de 1978. Todos los habitantes pueden utilizar las aguas de uso público mientras discurren por cauces naturales, para beber, bañarse, abrevar animales, lavar ropas cualesquiera otros objetos similares, de acuerdo con las normas sanitarias sobre la materia y con las de protección de los recursos naturales renovables. (Presidencia de Colombia, 1978)

Licencias y Permisos

Ley 373 de 1997. Las entidades públicas encargadas de otorgar licencias o permisos para adelantar cualquier clase de proyecto que consuma agua deberán exigir que se incluya en el estudio de fuentes de abastecimiento, la oferta de aguas lluvias y que se implante su uso si es técnica y económicamente viable. (Congreso de Colombia, 1997)

Decreto 2820 de 2010. Licencia Ambiental Global. Para el desarrollo de obras y actividades relacionadas con los proyectos de explotación minera y de hidrocarburos, la autoridad ambiental competente otorgará una licencia ambiental de carácter global, que abarque toda el área de explotación que se solicite. (Presidencia de Colombia, 2010)

Ley 491 de 1999. El objeto de la presente ley es crear los seguros ecológicos como un mecanismo que permita cubrir los perjuicios económicos cuantificables a personas determinadas como parte o como consecuencia de daños al ambiente y a los recursos naturales y la reforma al Código Penal en lo relativo a los delitos ambientales. (Congreso de Colombia, 1999)

Resolución 2115 de 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. (Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, 2007)

Protección de Páramos

Decreto 1729 de 2002. El carácter de especial protección de las zonas de páramos, subpáramos, nacimientos de aguas y zonas de recarga de acuíferos, por ser consideradas áreas de especial importancia ecológica para la conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales renovables. (Presidencia de Colombia, 2002)

Ley 23 de 1973. Es objeto de la presente ley prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional. (Congreso de Colombia, 1973)

Decreto 622 de 1977. Reglamentar en forma técnica el manejo y el uso de las áreas que integran el sistema. 2 - Reservar áreas sobresalientes y representativas del patrimonio natural que permitan la

conservación y protección de la fauna, flora y gea, contenidos en los respectivos ecosistemas primarios, así como su perpetuación. (Presidencia de Colombia, 1977)

Ley 1930 de 2018. La ley 1930, también conocida como ley de páramos, se expidió el 27 de julio de 2018 y es el instrumento jurídico por medio del cual se regula la gestión integral de los páramos en el país. (Congreso de Colombia, 2018)

Aguas Marítimas

Decreto 2811 de 1974. El gobierno procurará evitar o prohibir la utilización de elementos ambientales y recursos naturales renovables que puedan producir deterioro ambiental en países no vecinos, en alta mar o en su lecho, o en la atmósfera o espacio aéreo más allá de la jurisdicción territorial. (Presidencia de Colombia, 1974)

Ley 10 de 1978. Por medio de la cual se dictan normas sobre mar territorial, zona económica exclusiva, plataforma continental, y se dictan otras disposiciones. (Congreso de Colombia, 1978)

Decreto 1946 de 2013. Por medio del cual se reglamentan los artículos 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6° y 9° de la Ley 10 de 1978, y 2° y 3° de la Ley 47 de 1993 en lo concerniente al mar territorial, la zona contigua, algunos aspectos de la plataforma continental de los territorios insulares colombianos en el mar Caribe occidental y a la integridad del departamento archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. (Presidencia de Colombia, 2013)

Nota: Elaboración propia a partir de diferentes fuentes.

La legislación Colombiana establece la creación del Ministerio de Ambiente con el fin de organizar el Sistema Nacional Ambiental y definir el ordenamiento ambiental territorial en Colombia, esta ley crea a las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR)- como la máxima autoridad ambiental y administradoras de los recursos naturales renovables, a la vez en Colombia encontramos diferentes entes del sector ambiental, ministerios y entidades asociadas que concentras de alguna forma su gestión hacia la protección del agua. Entidades ambientales como el ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Comisión de Regulación de Agua (CRA), El IDEAM, Invemar, Instituto Humboldt, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico IIAP, (SIAC) Sistema de Información Ambiental de Colombia, entre otras que promueven el buen manejo del recurso en el territorio.

CAPÍTULO III. Fundamentos Metodológicos y Resultados de Investigación

El presente capítulo expone los fundamentos metodológicos que orientan la investigación y los resultados obtenidos a partir de su aplicación. En primer lugar, se describe el enfoque adoptado, los métodos y técnicas empleadas para la recolección y análisis de la información, así como los criterios de validez y confiabilidad que respaldan el proceso investigativo. Posteriormente, se presentan los hallazgos más relevantes derivados del trabajo de campo y del análisis documental, organizados de manera coherente con los objetivos planteados.

3.1. Cuadro Operacionalización de Variables

Para este proyecto, las variables que se establecieron son aquellas que hacen parte del factor hídrico y que se relacionan con la gestión de planificación de las áreas metropolitanas de Colombia, se excluyen elementos técnicos como niveles de contaminación o procesos de potabilización ya que el foco de la investigación se centró en la gestión como elemento de evaluación.

Para su operacionalización, se presenta la Tabla 4, la cual relaciona los objetivos del estudio con sus respectivas variables y dimensiones de análisis. Esta tabla constituye la matriz de congruencia, estableciendo la correlación entre la pregunta de investigación, la hipótesis formulada, los objetivos definidos y las variables de medición.

Como método racional de análisis, la investigación se enmarca en un enfoque descriptivo y correlacional, orientado a profundizar en las dinámicas de planificación territorial relacionadas con el recurso hídrico. Para su desarrollo se aplicó un método de observación de carácter inductivo y una estrategia de recolección de datos de tipo mixto (cualitativo y cuantitativo), que permitió integrar información estadística con aspectos de gestión institucional. El proyecto trabajó una visión prospectiva en la planeación estratégica del agua reflejada en la gestión actual de las áreas metropolitanas e incluye un análisis comparativo entre ellas.

Tabla 4

Operacionalización de Variables de Investigación

Operacionalización de Variables									
Tema: Modelo De Planificación Territorial Para Mejorar El Uso Del Recurso Hídrico En Las Áreas Metropolitanas De Colombia Constituidas Y Reconocidas Por La Ley 1625 de 2013 Durante El Periodo 2020 - 2025									
Pregunta de investigación	Objetivo general	Objetivos específicos	Hipótesis	Variables estudiadas	Dimensiones	Indicadores			
¿Cómo diseñar un modelo de planificación territorial para mejorar el uso del recurso hídrico de las Áreas Metropolitanas de Colombia, considerando los procesos de caracterización y gestión institucional vigentes?	Diseñar un modelo de planificación territorial para mejorar el uso del recurso hídrico en las áreas metropolitanas de Colombia constituidas y reconocidas hasta 2025, integrando criterios de sostenibilidad, lineamientos normativos, prioridades territoriales y prospectivas de desarrollo dentro del periodo 2020-2025.	Identificar las variables clave de gestión del recurso hídrico desde un enfoque de sostenibilidad, con base en los principios de los ODS, la normativa nacional y las políticas ambientales vigentes en Colombia	"El diseño de un modelo de planificación territorial que integre criterios de sostenibilidad, lineamientos normativos, prioridades territoriales y prospectivas de desarrollo mejora de manera significativa el uso del recurso hídrico en las áreas metropolitanas de Colombia constituidas y reconocidas hasta el año 2025."	Lineamientos de sostenibilidad del recurso hídrico (variable Independiente)	Marco Global	Lineamientos globales del Agua			
						Marco Nacional	Regulación y Normativa del agua en Colombia		
							Marco Territorial	Lineamiento territoriales y Metropolitanos del agua	
				Describir las áreas metropolitanas de Colombia en sus dimensiones sociodemográficas, económicas, hídricas y de planificación territorial, como base diagnóstica para la gestión sostenible del recurso hídrico		Factores Sociodemográfico (Variable Independiente)	Población	Nivel de población en áreas metropolitanas	
				Evaluar las variables de gestión del recurso hídrico frente a las problemáticas, brechas, desafíos y oportunidades de la planificación territorial en las áreas metropolitanas de Colombia, con el fin de definir las prioridades del modelo de planificación		Factores Económico (Variable Independiente)	Producción de bienes	Impacto económico en áreas metropolitanas	
						Recurso Hídrico en AM (Variable dependiente)	Diagnóstico Hídrico	Inventario Hídrico Metropolitano	
						Planificación Territorial del Agua (Variable Independiente)	Plan Hídrico Metropolitano	Índice de planeación territorial del recurso hídrico	
							Visión de Futuro	Nivel de prospectiva hídrica	
							Gestión Hídrica	Nivel de gestión desarrollado	
							Seguimiento y Control	Nivel de seguimiento y control de proyectos	
							Modelo de Gestión (Variable dependiente)	Contexto teórico	Modelo de planificación
				Formular un modelo de planificación territorial que permita mejorar el uso del recurso hídrico en las áreas metropolitanas, alineado con la sostenibilidad y el desarrollo regional.			Variables	Variables de planificación	
				Operatividad	Proceso de aplicabilidad e implementación				
				Escenarios Prospectivos	Prospectiva hídrica				

Nota: Elaboración propia.

El desarrollo de la tesis doctoral estableció diferentes etapas que van desde el análisis teórico hasta la validación del modelo de planificación en las áreas metropolitanas de Colombia. En la primera parte se hace una revisión sobre el concepto de sostenibilidad del agua y su relación con grandes metrópolis alrededor del mundo, este aparte permitió establecer variables de estudio que se analizaron en el marco de aplicación de la tesis doctoral. Una segunda fase, caracteriza la relevancia de las áreas metropolitanas en el país tanto en factores económicos, sociales e hídricos, este análisis parte de información secundaria de entidades como el DNP y observatorios de competitividad y sostenibilidad. La fase refleja la importancia de las áreas metropolitanas en el país y cómo las mismas son partícipes en un gran volumen del desarrollo económico y productivo.

Para el tercer aparte, se presenta un análisis relacional entre la gestión metropolitana y las variables globales de sostenibilidad del agua, para este ítem se creó un instrumento de recolección de información (lista de chequeo) que valida la coherencia de la planeación metropolitana (documentos de planificación) y el grado de ejecución de los planes establecidos. El instrumento define un nivel de profundización descriptivo y correlacional entre lo planificado y lo gestionado en estos territorios. El valor agregado de este análisis es profundizar en la gestión hídrica como factor de desarrollo territorial y establecer un paralelo entre las metrópolis analizadas e identificar las disparidades existentes entre las regiones. La parte final de la tesis define un modelo de planificación basado en escenarios prospectivos y mecanismos de apoyo para la gestión actual, su base científica es cualitativa a partir de paneles de expertos en recursos hídricos y planificación territorial.

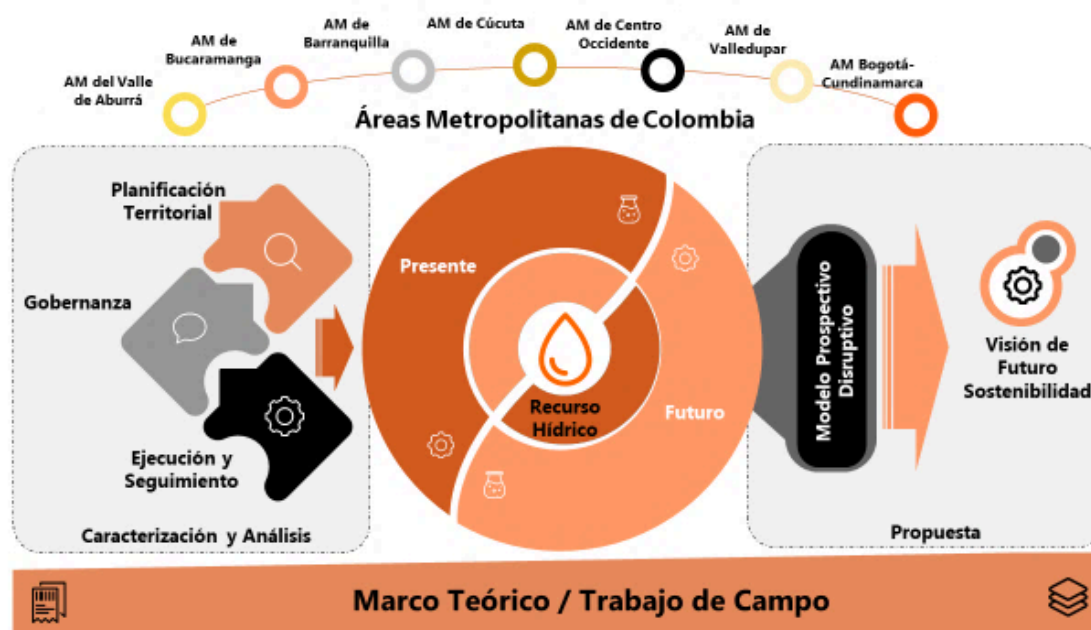
En cuanto a la profundidad de la investigación, el proyecto se define como descriptivo y correlacional, analiza primero el estado actual del recurso hídrico en las áreas metropolitanas de Colombia y luego establece relaciones entre los principios globales del agua y la gestión territorial. Su alcance incluye presentar un modelo de planificación que mejore la gestión del agua en las regiones. La investigación se enmarca en los objetivos de desarrollo sostenible de Naciones Unidas y en la visión del plan de desarrollo de Colombia, de modo que sus resultados constituyen insumos de análisis para gobernantes y gestores.

3.2. Diseño Metodológico

En este aparte se describe la estructura investigativa y las etapas para el desarrollo del proyecto, de acuerdo con el diseño metodológico presentado en la Figura 12 se establece que el recurso hídrico es el centro de la investigación, a la vez, se establece una base teórica y un trabajo de campo como soporte académico y una parte superior que delimita la aplicación de la investigación (áreas metropolitanas), es de resaltar que en los apartes anteriores se estableció que el nivel de la investigación es descriptiva y correlacional los cuales se explicarán en cada una de las fases establecidas para el desarrollo.

Figura 12

Diseño Metodológico



Nota: Elaboración propia.

El trabajo se divide en cuatro etapas, la primera se focaliza en determinar las variables relevantes de la investigación, la segunda en la caracterización y análisis de la planificación hídrica (nivel descriptivo), la tercera en el análisis correlacional entre la sostenibilidad del agua y la gestión en las áreas metropolitanas y la cuarta establece el modelo de planificación y la validación de este.

En el techo del modelo se presentan las áreas metropolitanas existentes en Colombia que definen la delimitación del estudio, otro de los particulares del diseño metodológico es que la dinámica de avance del proyecto va de izquierda a derecha partiendo de una caracterización del estado actual para proponer una visión de futuro (modelo de planificación).

Los elementos descriptivos se presentan en el lado izquierdo del diseño metodológico donde el estado actual de las áreas metropolitanas se caracteriza de acuerdo con sus lineamientos de gestión, por su parte el elemento correlacional se da entre la revisión teórica y el trabajo de campo (análisis de planificación territorial) que visualizará la sección derecha definida como visión de futuro o modelo prospectivo.

A continuación, se describen las fases para el desarrollo investigativo.

Fase 1. Revisión bibliográfica y teórica de los conceptos de sostenibilidad del agua iniciando desde los preceptos globales hasta llegar a los lineamientos territoriales de las áreas metropolitanas.

Actividad 1.1. Revisión bibliográfica de las principales publicaciones científicas afines con el tema investigativo.

Actividad 1.2. Identificar los preceptos universales de protección del agua y principios de conservación.

Actividad 1.3. Revisión normativa que rige la gestión del agua en Colombia y a las áreas metropolitanas.

Actividad 1.4. Identificar a partir de las actividades anteriores las variables relevantes de sostenibilidad hídrica.

Fase 2. Caracterizar y diagnosticar las áreas metropolitanas de Colombia en sus factores sociodemográficos, económicos, hídricos y de planificación territorial.

Actividad 2.1. Caracterizar las áreas metropolitanas de Colombia a partir de datos socioeconómicos y de competitividad a partir de información secundaria.

Actividad 2.2. Caracterizar las áreas metropolitanas de Colombia a partir de datos hídricos y de sostenibilidad a partir de información secundaria.

Fase 3. Analizar la correlación entre la gestión de las áreas metropolitanas de Colombia y las variables de sostenibilidad del agua.

Actividad 3.1. Construir instrumento de recolección de Información (Check list) a partir de las variables de medición.

Actividad 3.2. Realizar prueba piloto del instrumento de recolección de información

Actividad 3.3. Aplicar el instrumento de recolección de información a cada una de las áreas metropolitanas.

Actividad 3.5. Análisis de la información recolectada.

Actividad 3.6. Consolidar el análisis correlacional.

Fase 4. Diseñar el modelo de planificación y evaluar su pertinencia.

Actividad 4.1. Definir la metodología del método.

Actividad 4.2. Desarrollar el instrumento de recolección de información (panel de expertos)

Actividad 4.3. Analizar la información recolectada.

Actividad 4.4. Construcción del modelo prospectivo.

Actividad 4.5. Validación del modelo.

3.2.1. Definición del Enfoque, Diseño y Tipo de Investigación de la Tesis

La investigación adopta un enfoque mixto, integrando métodos cualitativos y cuantitativos (Hernández Sampieri et al., 2022) con el fin de comprender de manera integral la relación entre la planificación territorial y la sostenibilidad del recurso hídrico en las áreas metropolitanas de Colombia.

El diseño es no experimental y de tipo descriptivo-correlacional, ya que se analizan variables previamente establecidas en un periodo delimitado (2020–2025) sin manipulación de los fenómenos estudiados, buscando identificar patrones, relaciones y tendencias.

El tipo de investigación es aplicado, descriptivo-correlacional, dado que, además de caracterizar las áreas metropolitanas en sus dimensiones sociodemográfica, económica, ambiental e institucional, se prioriza el análisis de la correlación entre planificación territorial y sostenibilidad hídrica, con el fin de reconocer brechas, desafíos y oportunidades que contribuyan a la competitividad y bienestar regional.

3.2.2. Definición de Métodos, Técnicas e Instrumentos de Obtención de Datos

Para este proyecto doctoral se han definido dos fuentes principales de recolección de información. La primera corresponde a información secundaria, obtenida a partir de informes, reportes y estudios previos sobre las Áreas Metropolitanas de Colombia. La segunda se enfocará en la recolección de información primaria directamente de las áreas metropolitanas y los stakeholders relevantes de la planificación territorial.

En la primera fase se realizó una revisión bibliográfica sistemática orientado a identificar, analizar y sintetizar el conocimiento científico disponible sobre los procesos de uso y conservación del agua a nivel mundial, de forma complementaria, la revisión se fortaleció mediante un análisis normativo nacional, centrado en el marco jurídico colombiano sobre el uso, manejo y conservación del recurso hídrico. Esta etapa integró fuentes oficiales, políticas públicas y normatividad vigente, con el propósito de contrastar las tendencias internacionales con la realidad regulatoria y de gestión del agua en Colombia (Anexo 1).

La técnica empleada aplicó una búsqueda y análisis documental, la cual se realizó en bases de datos científicas indexadas de alto impacto, particularmente en Web of Science (WoS). Para ello, se diseñó y aplicó una ecuación de búsqueda compuesta por palabras clave relacionadas con los temas de interés, enfocado en la recuperación de documentos pertinentes y actualizados, en cuanto a los instrumentos utilizados, se emplearon herramientas de gestión bibliográfica y análisis cuantitativo, entre ellas el Tree of Science (ToS), una aplicación que permite organizar y visualizar la estructura del conocimiento científico a partir de la red de citas. Este

instrumento clasifica los artículos en tres niveles jerárquicos (Raíces, tronco y hojas) que permitieron construir un mapa conceptual del desarrollo del conocimiento sobre el uso y la conservación del agua, facilitando la identificación de autores, enfoques y tendencias predominantes a nivel global. Esta información secundaria permitió consolidar las variables centrales del estudio.

En la segunda fase, se caracterizaron las Áreas Metropolitanas utilizando información secundaria, incluyendo datos y estadísticas relacionadas con economía, población, competitividad y sostenibilidad. La caracterización se desarrolló bajo el método descriptivo de tipo documental, orientado a la caracterización integral de las áreas metropolitanas en Colombia a partir del análisis de información secundaria, el método permitió recopilar, organizar y analizar datos provenientes de fuentes oficiales y científicas con el propósito de comprender las dinámicas socioeconómicas, hídricas y de sostenibilidad que configuran estos territorios.

La técnica empleada correspondió a la revisión y análisis de información secundaria, obtenida principalmente de entidades oficiales del orden nacional y regional, como el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el Departamento Nacional de Planeación (DNP), entre otras fuentes institucionales pertinentes. Adicionalmente, se incluyeron artículos científicos indexados y documentos técnicos que aportaron referentes conceptuales y empíricos sobre el desarrollo metropolitano, la gestión hídrica y la sostenibilidad territorial. La caracterización general se estructuró en dos componentes: caracterización socioeconómica y de competitividad y caracterización hídrica y de sostenibilidad, todo esto llevado a matrices de sistematización y análisis de información secundaria, diseñadas para clasificar y comparar los indicadores obtenidos de las diferentes fuentes. Asimismo, se emplearon herramientas de representación gráfica y cartográfica, que permitieron visualizar los patrones territoriales y ambientales identificados en las áreas metropolitanas.

Al final el proceso de caracterización permitió comprender la realidad metropolitana colombiana, evidenciando, por un lado, la riqueza hídrica existente en estos territorios, y por otro, su relevancia económica y demográfica dentro del contexto nacional.

Durante la tercera fase, el estudio se desarrolló bajo un método analítico-correlacional, orientado a identificar la relación existente entre los procesos de gestión y planificación territorial en las áreas metropolitanas de Colombia, este enfoque permitió examinar el grado de coherencia entre la formulación de los instrumentos de planificación y su aplicación en la gestión territorial, integrando tanto dimensiones cualitativas como cuantitativas del análisis (Anexo 3).

La técnica empleada correspondió a la evaluación documental y el análisis comparativo, mediante la revisión sistemática de los principales instrumentos de planificación y gestión metropolitana. Para ello, se diseñó y aplicó una lista de chequeo que incluyó criterios y componentes clave de la planificación territorial, tales como: la articulación institucional, la gestión del recurso hídrico, la sostenibilidad ambiental, el ordenamiento del suelo y la participación ciudadana. La lista de chequeo fue aplicada a un total de siete (7) áreas metropolitanas, la validación de los criterios se realizó a partir de la revisión de documentos oficiales tales como los Planes Estratégicos Metropolitanos de Ordenamiento Territorial (PEMOT), los Planes Integrales de Desarrollo Metropolitano (PIDM) y los informes de gestión institucional. Esta etapa permitió verificar el grado de cumplimiento de los elementos establecidos y obtener una valoración inicial del desempeño en cada área metropolitana.

En cuanto a los instrumentos utilizados, además de la lista de chequeo, se emplearon matrices de evaluación y tabulación de datos que posibilitaron la conversión de las valoraciones cualitativas en análisis cuantitativos, asignando puntuaciones de acuerdo con la relevancia, el nivel de implementación y la importancia de cada criterio (Anexo 3). Posteriormente, los resultados fueron organizados en tablas comparativas y gráficos explicativos, lo que permitió visualizar las tendencias, similitudes, patrones de desempeño territorial y diferencias entre las áreas metropolitanas estudiadas.

Para el proceso de construcción del modelo de planificación metropolitana se desarrolló bajo un método de investigación cualitativo de tipo propositivo, sustentado en la participación de expertos y la validación colaborativa de resultados, el proceso permitió integrar la evidencia obtenida en las fases diagnósticas con la experiencia técnica de actores especializados en gestión territorial y planificación urbana, con el propósito de formular un modelo ajustado a la realidad de las áreas metropolitanas en Colombia (Anexo 4). La técnica empleada correspondió a la realización de paneles de expertos, implementados en el marco de dos eventos nacionales

(Encuentro Nacional de CUEE y el Encuentro de Planeación de Áreas Metropolitanas) En dichos espacios se socializaron los principales hallazgos del diagnóstico previo y las problemáticas territoriales identificadas, propiciando un diálogo estructurado para la formulación participativa de la propuesta de modelo.

El primer panel de expertos se desarrolló a partir de un guion de preguntas semiestructuradas, diseñado con el propósito de orientar la discusión hacia temas clave de planificación territorial, gobernanza metropolitana, sostenibilidad, gestión del agua, innovación institucional, articulación regional y herramientas de gestión, promoviendo la apertura a los aportes y perspectivas de cada participante. Los resultados del panel fueron sistematizados mediante un proceso de análisis categorial, que permitió agrupar las ideas y propuestas en elementos claves, posteriormente representados en componentes gráficos y conceptuales del modelo de planificación (Anexo 4). En un segundo panel de expertos se orientó a confirmar y ajustar los elementos gráficos del modelo, incorporando observaciones, consensos y recomendaciones derivadas de la visión interdisciplinaria de los participantes.

En cuanto a los instrumentos utilizados, se emplearon guías de preguntas semiestructuradas, matrices de sistematización cualitativa para organizar y clasificar las respuestas, diagramas y representaciones gráficas como herramientas de construcción conceptual del modelo y registros y relatorías de las sesiones para respaldar el proceso analítico.

3.2.3. Desarrollo de los Instrumentos de Obtención de Datos

Para la recolección de la información requerida en este proyecto se establecieron los siguientes instrumentos:

Mapeo Científico. De acuerdo como lo señalan Tebes, Peppino, Becker y Olsina (2020) el mapeo sistemático permite estructurar el estado del arte de manera visual y detectar tendencias en el conocimiento. Este método tuvo como finalidad principal organizar y sistematizar la evidencia científica sobre el uso y conservación del agua, facilitando sus análisis cualitativos y cuantitativos, así como la identificación de tendencias y vacíos de investigación. Sus objetivos específicos fueron: Registrar información bibliográfica clave, clasificar los documentos según su

nivel de contribución, relacionar los hallazgos con variables de interés y sistematizar la información de manera que pueda ser comparada y visualizada.

Para la búsqueda en Web of Science (WoS) de las referencias bibliográficas se parte de una guía que establece los siguientes pasos: i) Definición de palabras clave y términos de búsqueda, ii) Construcción de la ecuación de búsqueda, iii) Ejecución de la búsqueda y recuperación de artículos y iv) Preselección y filtrado de documentos. Con respecto a la organización y análisis de estos documentos mediante Tree of Science (ToS) se establecieron los siguientes pasos: i) Carga de los artículos seleccionados en ToS, ii) Clasificación jerárquica, iii) Sistematización y vinculación con variables y iv) Visualización y análisis de tendencias. El desarrollo se evidencia en el aparte de trabajo de campo y procesamiento de la información (Anexo 1).

Lista de chequeo. Basado en las variables definidas en la revisión teórica, este instrumento permitió evaluar el nivel de cumplimiento de cada Área Metropolitana frente a los objetivos específicos de sustentabilidad del agua. Además, facilitó la recolección de información de las áreas metropolitanas y stakeholders, particularmente en relación con la percepción del riesgo, la gestión y la prospectiva del recurso hídrico en las áreas metropolitanas. La herramienta se consolidó con las variables del mapeo científico y permitió llevar las lecturas cualitativas hacia una escala de valoración cuantitativa que se muestra en el procesamiento de datos y resultados obtenidos (Anexo 3).

Para el análisis correlacional de la gestión y planificación territorial en las áreas metropolitanas de Colombia, la lista de verificación permite traducir los elementos de la planificación territorial en criterios medibles, facilitando la sistematización y comparación entre las diferentes áreas metropolitanas. En el proceso de construcción se definieron los siguientes pasos: i) Definición de variables y criterios de análisis, ii) Estructuración del instrumento, iii) Definición de escalas de importancia y valoración y iii) Validación preliminar. Para la sistematización de la información recolectada se transformó de valoraciones cualitativas en análisis cuantitativo a partir de las escalas de valoración, se organizó la matriz comparativa y se realizó la interpretación correlacional.

Para este proceso se definió una lista de verificación la cual involucra diferentes elementos de valoración (variables) (Figura 13) con un peso ponderado en la medición general, es así como, fruto de la recolección de la información esta se consolidará para luego ser analizada y tratada, en la siguiente figura se manifiesta la estructura definida.

Figura 13

Estructura del Instrumento de Recolección de Información



Nota: Elaboración propia.

Cada uno de los pilares presentados en la siguiente tabla involucra variables de medición.

Tabla 5

Pilares y Variables de Medición

FACTOR	
1	Descripción
Base de Formulación y Planificación	
1.1 Pertinencia en las agendas globales de sostenibilidad	Se incluyen lineamientos de la agenda 2030 (ODS), (COP21), Convenio sobre diversidad biológica, Marco de Sendai.
1.2 Pertinencia Nacional de Sostenibilidad	Grado de alineación con el componente ambiental del PND y con la Política Nacional de Gestión del Recurso Hídrico
1.3 Pertinencia Departamental de Sostenibilidad	Grado de alineación con el componente ambiental del PDD, el plan departamental de aguas, y demás programas departamentales para la sostenibilidad, protección del medio ambiente, y GIRH.

1.4	Pertinencia Territorial de Sostenibilidad	Grado de alineación con los planes y programas formulados por las corporaciones autónomas regionales, tales como PORH, POMCA, PGAR, PSMV...
1.5	Pertinencia Local de Sostenibilidad	Grado de alineación con el componente ambiental de los PMD de los municipios que componen el área metropolitana, así como los lineamientos de los planes de gestión ambiental o municipal, de educación ambiental.
1.6	Diagnóstico del componente medioambiental	Se establece una línea base del sistema hídrico (superficial y subterráneo) y ambiental existente en las áreas metropolitanas, incluyendo información sobre el estado actual de las fuentes, el uso destinado, consumo promedio, zonas de protección, riesgos asociados y principales impactos ambientales
1.7	Planificación y ordenamiento territorial	Existe una integración de la gestión del agua en la planificación urbana y territorial
1.8	Evaluación de impacto social y ambiental	Se realiza un análisis de los efectos en la sociedad y el entorno natural
2. Gestión del Sistema Hídrico		
2.1	Gestión de ecosistemas estratégicos	Se definen estrategias para la protección de páramos, nacimientos, zonas de recarga, rondas hidráulicas y demás áreas hídricas de importancia ecosistémica.
2.2	Gestión integral del recurso hídrico	Se plantean acciones para conservar la integridad del recurso en las fases de captación, almacenamiento y tratamiento, garantizando la disponibilidad y calidad a la población
2.3	Correlación con las necesidades hídricas regionales y territoriales	Los planes responden a las necesidades identificadas en el Estudio Nacional de Agua ENA
2.4	Gestión del cambio climático y calidad ambiental	Se plantean estrategias para la identificación de escenarios de riesgo (ej. inundación) y planes para la mitigación y adaptabilidad
2.5	Gobernanza del agua	Se incluyen programas de sensibilización que promuevan la cultura del agua y la participación de las comunidades en los procesos de GIRH, así como la resolución de los conflictos relacionados
2.6	Seguimiento y evaluación	Se definen instrumentos de seguimiento y evaluación para medir el cumplimiento de los objetivos de la GIRH y realizar monitoreo de proyectos de gestión del agua
2.7	Cumplimiento de regulaciones ambientales	Grado de conformidad con regulaciones relacionadas con el agua
3. Participación y Cooperación		
3.1	Actores públicos	Gobiernos, concejos municipales, asambleas departamentales, E.S.E., entes de control, policía ambiental, federaciones, Asoáreas, juntas de acción local y comunal, mesas metropolitanas, CAR.
3.2	Actores privados	Gremios y corporaciones empresariales, cámaras de comercio, La Lonja, empresas privadas, partidos políticos, medios de comunicación, sindicatos, clínicas...
3.3	Actores de la sociedad civil	Mesas ambientales, cajas de compensación, ONG y fundaciones, colectivos ciudadanos, grupos étnicos, veedurías ciudadanas...
3.4	Actores internacionales	Entidades de cooperación internacional, organismos multilaterales, redes internacionales
3.5	Participación de la comunidad	Grado de participación de las comunidades del área metropolitana en la planificación de los procesos de GIRH

3.6	Mecanismos de resolución de conflictos entre partes interesadas	Existen procesos para resolver conflictos y desacuerdos entre partes interesadas
3.7	Estructura de gestión del agua	Se realiza evaluación de la estructura y organización de las entidades encargadas
4. Componente Presupuestal		
4.1	Plan de inversión metropolitano	Existe un plan de inversión y presupuesto propio del área metropolitana
4.2	Política fiscal y financiera	Los planes se alinean con la política fiscal y financiera de los municipios y departamentos de influencia del área metropolitana
4.3	Partidas presupuestales para la GIRH	En los municipios que componen el área metropolitana existen partidas presupuestales destinadas a los proyectos de GIRH, así como para la adaptabilidad al cambio climático y gestión de riesgos
4.4	Partidas presupuestales para proyectos de gran alcance	Dentro del plan de inversión y presupuesto metropolitano se contemplan partidas para la ejecución de proyectos de alto costo, tales como infraestructura para distribución o tratamiento hídrico.
4.5	Ejecución de inversiones	Existe un porcentaje significativo del presupuesto en proyectos hídricos
4.6	Priorización de proyectos de inversión	Se realiza una selección y clasificación de proyectos en función de su impacto y urgencia
4.7	Fuentes de financiamiento	Se obtienen fuentes de financiamiento, tanto nacionales como internacionales

Nota: Elaboración propia.

Panel de expertos o Focus Group. Esta mesa temática reunió a especialistas en planificación territorial y stakeholders relacionados con el objeto de estudio con el fin de analizar y generar insumos prospectivos sobre el futuro del agua y el desarrollo territorial, contribuyendo al diseño de estrategias de planificación sostenible y fundamentada en evidencia. El instrumento se desarrolló a partir de preguntas semiestructuradas con una participación colectiva (Anexo 4). La aplicabilidad se dio dentro del marco de dos eventos nacionales (Encuentros de planeación y CUEE).

Para la formulación del modelo de planificación de áreas metropolitanas en Colombia, se empleó un panel de expertos como técnica central. La construcción del instrumento tuvo los siguientes pasos. i) Definición de objetivos del instrumento, ii) Diseño del instrumento (preguntas semiestructuradas) y iii) Aplicación del instrumento en los paneles de expertos. Dentro de este proceso se obtuvo una guía de preguntas, una matriz de sistematización, relatorías y por supuesto los diagramas y representaciones finales. Los resultados se identifican en el aparte 4 propuesta de transformación.

3.2.4. Determinación de la Muestra y su Criterio de Selección

Para la muestra de investigación se consideró la población susceptible de estudio como las áreas metropolitanas constituidas y reconocidas según la Ley 1625 de 2013 hasta el año 2025. Para el momento, ocho áreas metropolitanas cumplían con este criterio las cuales son: Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Área Metropolitana de Bucaramanga, Área Metropolitana de Barranquilla, Área Metropolitana de Cúcuta, Área Metropolitana del Centro Occidente, Área Metropolitana de Valledupar, Área Metropolitana Bogotá-Cundinamarca y Área Metropolitana de Suroccidente.

Cabe resaltar que, dentro de la población susceptible de estudio se excluye el Área metropolitana de Suroccidente ya que ésta fue constituida en noviembre del 2024 y entró en proceso de formalización en el año del 2025 por lo que no cuenta con información suficiente ni adecuada para los procesos comparativos y evaluativos de este proyecto. También se descartan todas aquellas áreas metropolitanas que no tienen reconocimiento dentro de la Ley 1625 de 2013 ya que no cuentan con una estructura jurídica que reconozca sus procesos.

El cálculo del tamaño de muestra se realizó considerando una población finita de $N = 7$ áreas metropolitanas, con un nivel de confianza del 95% ($Z = 1.96$), una proporción esperada $p = 0.5$ ($q = 0.5$), y un margen de error ($E=0.05$). A continuación, se presentan la fórmula y los resultados.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

$$n = \frac{7 * (1,96)^2 * 0,5 * 0,5}{0,05^2 * (7 - 1) + (1,96)^2 * 0,5 * 0,5} = 6,89 \approx 7$$

El tamaño de muestra calculado resulta ser $n = 7$ áreas metropolitanas que representan el 100% de la población susceptible de estudio.

3.3. Trabajo de Campo

El trabajo de campo se desarrolló mediante la aplicación de diversos instrumentos, cada uno orientado a abordar diferentes dimensiones de la investigación. En primer lugar, se llevó a

cabo una revisión bibliográfica, empleando consultas en bases de datos científicas indexadas como Web of Science y utilizando el Tree of Science para organizar jerárquicamente los artículos recuperados, identificar las principales tendencias y vacíos de conocimiento, y relacionarlos con las variables de estudio (Anexo 1). Paralelamente, se realizó la caracterización de las áreas metropolitanas de Colombia, estructurada en componentes socioeconómicos e hídricos-ambientales, utilizando información secundaria proveniente de entidades oficiales y literatura científica, lo que permitió determinar la relevancia económica, poblacional y ambiental de estas regiones. Estas primeras etapas fueron desarrolladas de forma autónoma por el autor de esta tesis y representan la parte diagnóstica de la investigación.

Posteriormente, se implementó una lista de chequeo, diseñado a partir de criterios clave de planificación territorial, que fue aplicado a siete áreas metropolitanas para evaluar el grado de cumplimiento de los elementos de gestión y planificación. La información se obtuvo a partir de la revisión de documentos oficiales como los Planes Estratégicos Metropolitanos de Ordenamiento Territorial (PEMOT), los Planes Integrales de Desarrollo Metropolitano (PIDM) y los informes de gestión. Cada ítem de la lista de chequeo se evaluó según el grado de cumplimiento observado (total, parcial o ausente) registrando los resultados en una matriz de sistematización diseñada para cada área metropolitana (Anexo 3).

Las valoraciones cualitativas se codificaron numéricamente permitiendo calcular puntajes por variable y por área metropolitana. Los resultados se organizaron en tablas comparativas y gráficos, facilitando la identificación de similitudes, diferencias y patrones de desempeño entre las regiones.

Finalmente, se desarrollaron paneles de expertos (focus group), en los cuales se presentaron los hallazgos del diagnóstico y las problemáticas identificadas, y se aplicaron guías de preguntas semiestructuradas para recoger aportes cualitativos, los cuales fueron sistematizados y transformados en elementos gráficos que dieron forma al modelo de planificación metropolitana (Anexo 4).

En el primer panel se presentaron los hallazgos del diagnóstico previo y las problemáticas identificadas en las áreas metropolitanas. Cada participante respondió a las preguntas semiestructuradas, aportando experiencias y sugerencias concretas. La dinámica se registró

mediante relatoría escrita y grabación de las intervenciones, garantizando la sistematización de la información. En un segundo panel, se desarrollaron los elementos gráficos del modelo buscando validar la pertinencia de los componentes, incorporando ajustes basados en la experiencia práctica de los participantes y fortaleciendo la coherencia conceptual del modelo, cada ajuste y recomendación fue registrado en matrices de análisis, asegurando que cada modificación estuviera vinculada a la variable o componente correspondiente del modelo (Anexo 4).

El siguiente cronograma determina los tiempos de ejecución del proyecto, en él se puede evidenciar la realización de los instrumentos aplicados, así como el trabajo de campo realizado.

Figura 14

Cronograma de Realización del Proyecto Doctoral

Duración del Proyecto		36 meses	Año 1												Año 2												Año 3											
TAREA	PROGRESO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Revisión bibliográfica y teórica de los conceptos de sostenibilidad del agua			[Bar chart showing progress from month 1 to 10]																																			
Revisión bibliográfica de las principales publicaciones científicas	100%		[Bar chart showing progress from month 1 to 10]																																			
Identificar los preceptos universales de protección del agua y principios de conservación	100%		[Bar chart showing progress from month 2 to 5]																																			
Revisión normativa que rigen la gestión del agua en Colombia y a las áreas metropolitanas	100%		[Bar chart showing progress from month 4 to 7]																																			
Identificar a partir de las actividades anteriores las variables relevantes de Sostenibilidad Hídrica	100%		[Bar chart showing progress from month 6 to 10]																																			
Caracterizar y Diagnosticar las áreas metropolitanas de Colombia			[Bar chart showing progress from month 10 to 20]																																			
Caracterizar las áreas metropolitanas de Colombia a partir de datos socio-económicos y de competitividad	100%		[Bar chart showing progress from month 10 to 15]																																			
Caracterizar las áreas metropolitanas de Colombia a partir de datos hídricos y de sostenibilidad	100%		[Bar chart showing progress from month 14 to 20]																																			
Analizar la correlación entre la gestión de las áreas metropolitanas de Colombia			[Bar chart showing progress from month 13 to 25]																																			
Construir instrumento de recolección de Información (Check list)	100%		[Bar chart showing progress from month 13 to 15]																																			
Realizar pruebas piloto del instrumento de recolección de información	100%		[Bar chart showing progress from month 15 to 16]																																			
Aplicar el instrumento de recolección de información a cada una de las áreas metropolitanas	100%		[Bar chart showing progress from month 16 to 21]																																			
Análisis de la información recolectada	100%		[Bar chart showing progress from month 21 to 23]																																			
Consolidar el análisis correlacional	100%		[Bar chart showing progress from month 23 to 25]																																			
Diseñar el modelo de planificación y evaluar su pertinencia			[Bar chart showing progress from month 25 to 36]																																			
Definir la metodología del método	100%		[Bar chart showing progress from month 25 to 26]																																			
Desarrollar el instrumento de recolección de información (panel de expertos)	100%		[Bar chart showing progress from month 26 to 28]																																			
Panel de expertos	100%		[Bar chart showing progress from month 28 to 29]																																			
Analizar la información recolectada	100%		[Bar chart showing progress from month 29 to 31]																																			
Construcción del modelo prospectivo	100%		[Bar chart showing progress from month 31 to 32]																																			
Validación del modelo	100%		[Bar chart showing progress from month 32 to 36]																																			

Nota: Elaboración propia.

3.3.1. Aplicación de los Instrumentos

En cada una de las etapas establecidas para el desarrollo de la investigación se aplicaron diferentes instrumentos. i) Mapeo científico, ii) Lista de chequeo y iii) focus group los cuales se estarán mostrando a lo largo del documento y que a la vez encontrará en el Anexo 1.

Para el desarrollo del mapeo científico se aplicó el método bibliométrico, que permite examinar de forma detallada el objeto de estudio. El proceso inicia con un mapeo científico, orientado a identificar tanto los artículos de mayor impacto y tendencia en la temática como los documentos clásicos que fundamentan su desarrollo (Solano López, Castellanos Quintero, López Rodríguez del Rey & Hernández Fernández, 2009). Actualmente, este mapeo requiere del uso de softwares especializados, entre ellos VOSviewer, una herramienta multidisciplinaria que representa la dinámica de la producción científica mediante diagramas de nodos (Ballesteros-Ricaurte, Avendaño-Fernández, González-Amarillo & Granados-Comba, 2021). Paralelamente, se realizó una exploración en la base de datos Web of Science (WOS) para el periodo de análisis definido, con el fin de evaluar los indicadores bibliométricos (Anexo 1). La validación del instrumento se soportó por el método utilizado por Solano López et al. (2009) quien establece una rigurosidad científica.

Para la aplicación de la lista de chequeo de las fases 2 y 3 de este proyecto doctoral se establece un análisis correlacional entre la gestión existente en las áreas metropolitanas y las variables de planificación y sostenibilidad del agua, por lo que luego de la revisión bibliográfica, de la literatura relacional, la normatividad vigente y los lineamientos generales de planificación que establecen las variables relevantes de medición se diseña y desarrolla el instrumento de recolección de información. El instrumento se validó mediante un enfoque de validez de contenido, sustentado en fuentes confiables y pertinentes al estudio (revisión bibliográfica, normativa vigente, lineamientos de sostenibilidad, etc.). (Anexo 3).

La aplicación del instrumento se realizó con el propósito de verificar la existencia, grado de desarrollo y coherencia de los componentes estratégicos y operativos vinculados a la gestión del recurso hídrico en las siete áreas metropolitanas seleccionadas para el estudio. Este instrumento buscaba contrastar de manera sistemática la información documental obtenida en los

planes estratégicos, los planes integrales de desarrollo metropolitano (PIDM) y las políticas ambientales vigentes en cada territorio.

El proceso de aplicación se llevó a cabo de manera individual para cada área metropolitana (Valledupar, Bucaramanga, Cúcuta, Barranquilla, Centro-Occidente, Aburrá y Bogotá-Cundinamarca) siguiendo una misma estructura de análisis que garantizara la comparabilidad de los resultados. En cada uno de los casos, la lista de chequeo se diligenció con base en la revisión documental de planes estratégicos, planes de ordenamiento territorial e informes de gestión.

El instrumento se estructuró en torno a cinco dimensiones de análisis: i) marco normativo y regulatorio, ii) planeación estratégica e instrumentos de gestión, iii) gobernanza y participación institucional, iv) gestión del recurso hídrico y sostenibilidad ambiental, y v) articulación interinstitucional y territorial. Cada una de estas dimensiones se desagregan en indicadores observables que permitieron establecer el nivel de cumplimiento o presencia de los elementos requeridos.

Los resultados de la lista de chequeo fueron consolidados en una matriz comparativa que permitió identificar fortalezas, vacíos y oportunidades de mejora en cada territorio. A partir de este ejercicio se derivaron patrones comunes de gestión y debilidades estructurales relacionadas con la ausencia de criterios unificados de planificación hídrica.

Para el focus group de la etapa final, se establecieron 7 expertos asociados a cada una de las áreas metropolitanas y stakeholders con experticia en planificación territorial y trabajo regional. La dinámica utilizada se basó en el método Delphi con el fin de obtener consensos estructurados. En cuanto al instrumento de recolección de información, este se basó en una guía semiestructurada de preguntas claves abiertas que permitieron discusión y profundidad las cuales fueron validadas por el autor a partir de la pertinencia y el enfoque requerido. Para la ejecución de esta mesa temática se realizó durante dos eventos territoriales como lo es un encuentro de planeación y el congreso de CUEE. Finalmente, para la ejecución se apertura la actividad con una contextualización y socialización de los resultados para luego dar paso a la discusión general concluyendo en hallazgos relevantes y aportes importantes.

El panel de expertos permitió integrar el conocimiento técnico, institucional y académico de especialistas con experiencia en gestión territorial, recursos hídricos, planeación estratégica y desarrollo sostenible. La selección de los expertos se realizó bajo criterios de idoneidad, experiencia profesional y representatividad sectorial, garantizando la participación de actores provenientes del ámbito académico, institucional y técnico. En total se conformó un grupo multidisciplinario con profesionales de universidades, autoridades ambientales y entidades metropolitanas.

La aplicación del panel se desarrolló en dos sesiones principales, precedidas de una fase de preparación y diseño del instrumento. En la fase preliminar, se definieron los objetivos del panel, los ejes de discusión y los materiales de apoyo que serían presentados a los participantes (modelos existentes de planificación, resultados del diagnóstico y análisis de correlación entre variables). Durante el primer panel de expertos, se realizó la socialización de los hallazgos del diagnóstico y del análisis comparativo de las áreas metropolitanas, generando un espacio de debate sobre las principales debilidades identificadas en la planificación del recurso hídrico. En esta sesión, los expertos formularon observaciones y propuestas sobre los criterios que debía atender un modelo de planeación metropolitana coherente con las realidades territoriales.

Posteriormente, en la etapa de creación, se consolidaron los aportes obtenidos para estructurar un primer borrador del modelo de planificación. Con base en esa construcción colectiva, se elaboraron representaciones gráficas y matrices que reflejaron la articulación entre los componentes de sostenibilidad hídrica y los instrumentos de planeación territorial.

En el segundo panel de expertos, se presentó el modelo preliminar para su revisión, validación y ajuste. Los participantes evaluaron la coherencia del modelo con los objetivos generales de la investigación, su aplicabilidad en diferentes contextos metropolitanos y su alineación con el marco normativo nacional. De este proceso surgieron consensos, recomendaciones y ajustes que permitieron consolidar la versión final del modelo.

Finalmente, los resultados del panel fueron sistematizados mediante análisis cualitativo de las discusiones, registrando coincidencias, divergencias y aportes significativos. Esta información constituyó la base para la versión definitiva de la propuesta, garantizando su validez teórica, técnica y contextual.

3.3.2. Procesamiento de la Información

Para el procesamiento de la información del análisis bibliométrico se generaron redes de conocimiento a partir de los documentos obtenidos en WOS, los cuales fueron clasificados mediante la plataforma Tree of Science, lo que permitió organizar y categorizar la información, facilitando la identificación de tendencias de investigación de manera sistemática (Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio, 2022). El proceso comienza con la depuración, normalización y clasificación de las publicaciones científicas, luego los metadatos se exportaron hacia la plataforma Tree of Science donde refleja tablas y gráficos que manifiesta diferentes resultados como tendencias investigativas, variables relevantes de los estudios, investigadores más citados, universidades con mayores publicaciones, países con mayor publicaciones (Anexo 1), al final la información fue reforzada con la revisión normativa para Colombia a fin de contextualizar las variables de estudio.

Luego de la revisión de la información de planes estratégicos, planes de ordenamiento e informes de gestión de cada una de las áreas metropolitanas se procedió a la aplicación de la lista de chequeo la cual refleja una data numérica, el procesamiento de la información se desarrolló con una matriz de valoración la cual llevó la percepción cualitativa de información primaria y secundaria a un análisis numérico de correlación (Anexo 3). La matriz atendió dos escalas, la primera de importancia o relevancia de las variables estudiadas y la segunda correspondiente a la valoración en sí, la combinación de las dos escalas se reflejó en una puntuación general de las áreas metropolitanas y particular de cada una de las variables estudiadas. Cabe resaltar que cada temática está compuesta por factores los cuales fueron aplicados a las 7 áreas metropolitanas estudiadas.

En cuanto al panel de expertos, el procesamiento de la información se desarrolló a partir de la sistematización de los aportes obtenidos durante las distintas sesiones del focus group. En la primera etapa, los insumos recolectados mediante el instrumento de observación y las actas de cada sesión fueron codificados y organizados en categorías analíticas que responden a los ejes temáticos del modelo de planificación territorial. A partir de esta codificación se elaboró una matriz temática de análisis, en la cual se consolidaron los hallazgos preliminares, identificando patrones, coincidencias, divergencias y vacíos conceptuales entre los participantes. Este proceso permitió refinar los componentes teóricos y operativos del modelo, garantizando su coherencia

con los fundamentos metodológicos y las particularidades de las áreas metropolitanas estudiadas. Cabe resaltar que parte de la información recolectada manifiesta bosquejos, estructuras y diagramas preliminares del modelo de planificación.

En una segunda fase, la información consolidada fue utilizada para estructurar una versión preliminar del modelo, la cual fue socializada y validada en una nueva sesión del panel de expertos. Durante esta jornada se promovió un ejercicio de diálogo técnico orientado a contrastar los supuestos iniciales con la experiencia práctica de los participantes, lo que permitió obtener retroalimentaciones cualitativas. Estas aportaciones se sistematizaron mediante un análisis de contenido, clasificando las observaciones en tres niveles: sugerencias conceptuales, ajustes metodológicos y consideraciones operativas. Finalmente, este procesamiento derivó en un documento de síntesis con los acuerdos, desacuerdos y consensos alcanzados, que sirvió como base para la versión final del modelo de planificación territorial con enfoque hídrico.

3.4. Análisis de los Resultados en los Datos Obtenidos

Como se ha recalcado a lo largo del documento se tiene 4 fases de desarrollo. Los primeros resultados hacen referencia al análisis bibliométrico y es el preliminar de la identificación de variables y creación del instrumento de recolección de información. En este aparte se mostrarán a la vez los resultados de caracterización y análisis correlacional que son fruto del instrumento de medición (lista de chequeo) y que combina información primaria y secundaria. Análisis bibliométrico, caracterización socioeconómica e hídrica y análisis correlacional reflejan el diagnóstico de planificación en concordancia con el recurso hídrico el cual es el preliminar para el proceso de construcción del modelo propuesto.

3.4.1. Revisión y Análisis Bibliométrico

El procesamiento de los datos provenientes del análisis bibliográfico se centró en identificar las tendencias conceptuales, teóricas y metodológicas relacionadas con la planificación territorial y la gestión metropolitana del recurso hídrico. A través de una revisión sistemática de bases de datos académicas, documentos institucionales y planes estratégicos metropolitanos, se establecieron los ejes temáticos que sustentan la formulación del modelo de planificación propuesto los cuales están representados en la lista de chequeo o instrumento de correlación. El

análisis bibliométrico permitió clasificar las fuentes según su pertinencia temática, año de publicación, nivel de impacto y enfoque metodológico, lo cual contribuyó a construir una base conceptual y actualizada sobre sostenibilidad, gobernanza territorial y planeación hídrica.

De manera complementaria, se realizó una revisión normativa del marco legal colombiano aplicable a la planificación metropolitana, la gestión del agua y la sostenibilidad ambiental. Esta revisión incluyó la Ley 1625 de 2013 sobre el régimen de áreas metropolitanas, la Ley 152 de 1994 (Ley Orgánica del Plan de Desarrollo), la Ley 388 de 1997 sobre ordenamiento territorial, el Decreto 1077 de 2015 y la Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico, entre otros instrumentos técnicos. La articulación entre los resultados de la revisión bibliográfica y normativa permitió definir los criterios de evaluación que sirvieron de base para la elaboración de la lista de chequeo, garantizando la coherencia del instrumento con las disposiciones legales y los principios de sostenibilidad y desarrollo territorial establecidos en el país.

Como resultado del análisis bibliométrico se establecieron 3 grupos importantes de análisis (estructuración del plan estratégico, ejecución del plan estratégico y afectación hídrica) y 36 criterios de evaluación que junto con su importancia y relevancia permitieron establecer el instrumento de recolección de información lista de chequeo. Esta etapa preliminar de revisión y selección de variables consolida un instrumento que no solamente se basa en lineamientos normativos, sino que también se soporta en investigaciones científicas que reflejan un instrumento pertinente desde el punto de vista teórico y aplicado.

En la revisión bibliográfica se identificaron un conjunto de variables clave que orientaron la construcción del modelo de planificación. Entre las más relevantes se encuentra la gobernanza del agua, entendida como el grado de articulación institucional, normativa y social para la gestión integrada del recurso; la planificación adaptativa y prospectiva, que incorpora la capacidad de anticipación y respuesta ante escenarios futuros de presión ambiental y crecimiento urbano y la sostenibilidad hídrica, asociada al equilibrio entre disponibilidad, uso y conservación del recurso en contextos metropolitanos. Asimismo, se identificaron variables relacionadas con la participación social y cooperación interinstitucional, la integración de políticas públicas ambientales y territoriales, la eficiencia en la ejecución de proyectos estratégicos, y la transversalidad del agua en los instrumentos de planificación. Aunque algunos de estos factores

hacen parte de los procesos de planificación de las áreas metropolitanas el proceso de revisión evidenció que el enfoque y aplicabilidad es diferente particularmente porque se tiene un enfoque transversal y no enfocado o centralizado en el uso del agua.

Al final, la revisión teórica de modelos de planeación y los lineamientos gubernamentales establecidos constituyen la base para la propuesta, permitiendo, a través del análisis bibliométrico, identificar tendencias, autores, enfoques metodológicos y la adaptación de los modelos a contextos específicos.

3.4.2. Caracterización Áreas Metropolitanas

El proceso de caracterización de áreas metropolitanas se dividió en dos secciones una la caracterización socioeconómica y del recurso hídrico, los instrumentos aplicados buscaban mostrar la correlación entre la importancia económica y poblacional de estos centros de desarrollo y la adhesión de fuentes hídricas para su sostenimiento que a la vez reflejaban una afectación por el uso no racional. El diagnóstico general también fue fuente de información para el proceso constructivo del modelo de planificación ya que sus hallazgos fueron pilares dentro del panel de expertos. A continuación, se presentan los resultados de caracterización que son fruto de la revisión triangular de fuentes secundarias.

3.4.3. Caracterización Sociodemográfica de las Áreas Metropolitanas

La caracterización socioeconómica de las áreas metropolitanas descrita a continuación constituye un análisis detallado de las condiciones demográficas, económicas y sociales de cada territorio. Esta caracterización se construyó a partir de una revisión de fuentes secundarias, priorizando información oficial proveniente de entes institucionales colombianos, tales como el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), los institutos de planificación regional y los informes de gestión de las áreas metropolitanas. De este modo, los datos compilados reflejan la estructura y dinámica socioeconómica de cada área, proporcionando un marco sólido para el análisis territorial y la fundamentación para la propuesta de planificación hídrica.

En los últimos años, las áreas metropolitanas han experimentado un gran auge económico y poblacional, transformándose en focos de desarrollo urbano y actividades económicas del país;

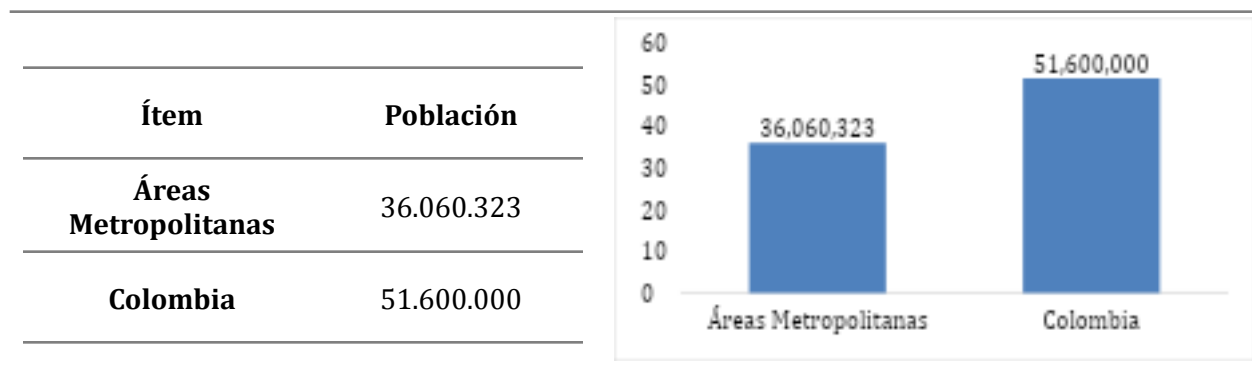
esta rápida expansión es resultado de la gran cantidad de oportunidades laborales concentradas en los sectores primario e industrial (Reynosa Carrero, 2021), de igual forma (Alarcón Pérez, Amaya González, & Bravo Niño, 2021) presenta un análisis de competitividad en las áreas metropolitanas de Colombia que complementa la caracterización.

Este crecimiento demuestra que la capacidad productiva en estos sectores ha impulsado la innovación y la competitividad en estas áreas. La concentración de recursos y talento ha generado un ciclo de desarrollo que sigue reforzándose, convirtiendo a estas áreas metropolitanas en motores clave de la economía nacional (Galvis, 2021).

A partir de la Tabla 6, en el ámbito demográfico colombiano, se puede observar que en el año 2022 la población residente en las áreas metropolitanas tuvo un impacto considerable en relación con la población total del país. Para ese año, la población de Colombia fue de aproximadamente 51.600.000 habitantes, mientras que la población total de las áreas metropolitanas para ese mismo año fue de 36.060.323 habitantes, lo que indica que la población total de las áreas metropolitanas representa aproximadamente el 68,88% del país.

Tabla 6

Población en Colombia y sus Áreas Metropolitanas



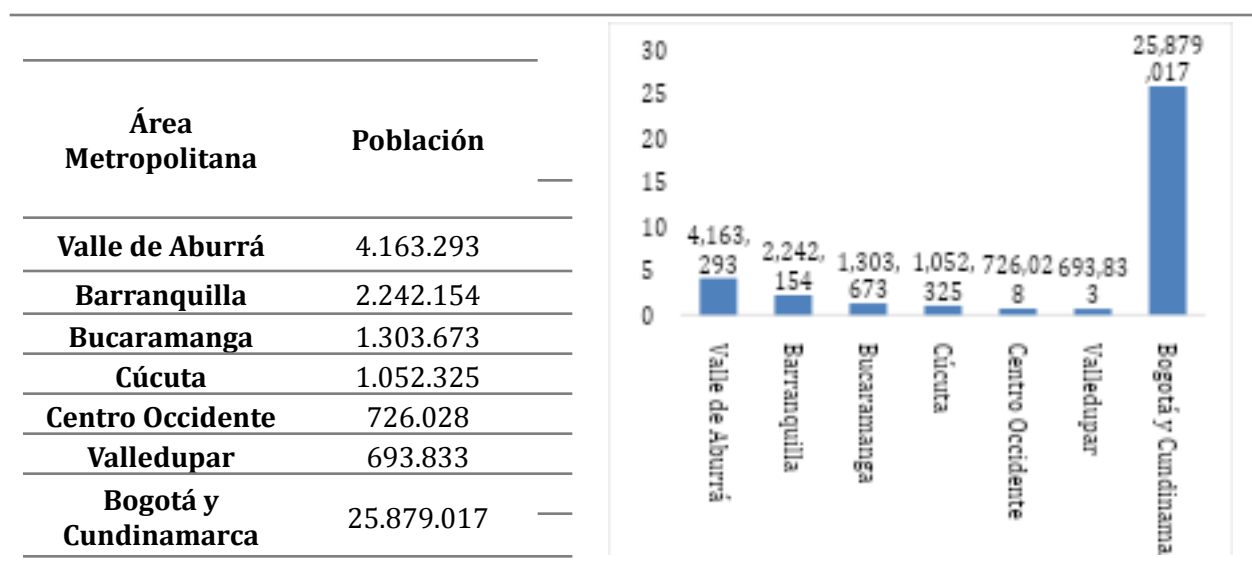
Nota: Elaboración propia a partir del censo del año 2018 con proyecciones al año 2022 (Statista, 2023).

En un enfoque puntual, al analizar la cantidad de habitantes en cada una de las áreas metropolitanas colombianas, se puede observar en la Tabla 7 que el área metropolitana de Bogotá y Cundinamarca lidera la lista con una población total de 25.879.017 habitantes, lo que equivale

aproximadamente al 50% de la población total del país. En el segundo lugar se encuentra el área metropolitana del Valle de Aburrá, seguida por Barranquilla, Bucaramanga, Cúcuta y el Centro de Occidente, respectivamente; por último, el área metropolitana de Valledupar cierra la lista. Cada uno de estos datos es correlacional con las principales aglomeraciones poblacionales existentes en Colombia y que manifiestan núcleos de desarrollo.

Tabla 7

Distribución de la Población en Áreas Metropolitanas de Colombia



Nota: Elaboración propia a partir del censo del año 2018 con proyecciones al año 2022.

De acuerdo con lo anterior, resulta evidente que la población residente en las áreas metropolitanas representa una proporción significativa del total de habitantes del país. Estas regiones, al ser centros de actividad económica, educativa y cultural, atraen a un gran número de personas que buscan oportunidades de empleo, educación y estilo de vida, siendo esta una característica importante de la dinámica demográfica del país.

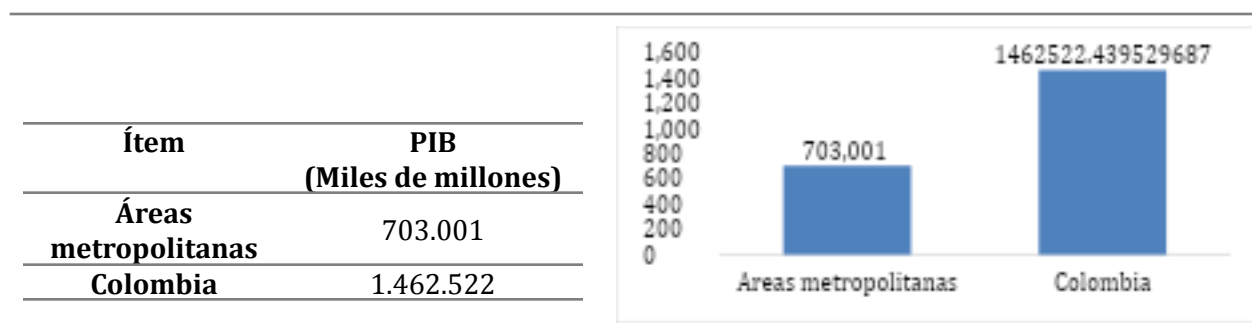
En cuanto a la actividad económica, el Producto Interno Bruto (PIB) en Colombia, así como en otros países, es un indicador encargado de cuantificar el valor total de todos los bienes y servicios finales producidos dentro de un territorio durante un período de tiempo específico, siendo también utilizado como un indicador esencial de la salud económica y el tamaño de la economía de un país (DANE, 2019).

En los siguientes párrafos se identificará parte de la importancia económica de las áreas metropolitanas y su correlación con la afectación hídrica en esos mismos territorios, gran parte de la información evidencia un crecimiento económico a partir de modelos clásicos de desarrollo y no con modelos de sostenibilidad y protección del recurso hídrico.

A partir de la Tabla 8, se observa que durante el año 2022 la economía del país generó un Producto Interno Bruto (PIB) cercano a los 1.462.522 miles de millones. Mientras tanto, en las áreas metropolitanas, este valor representa 703.001 miles de millones, es decir alrededor del 48% del PIB total de la nación.

Tabla 8

Comparativa del PIB Entre las Áreas Metropolitanas y Colombia



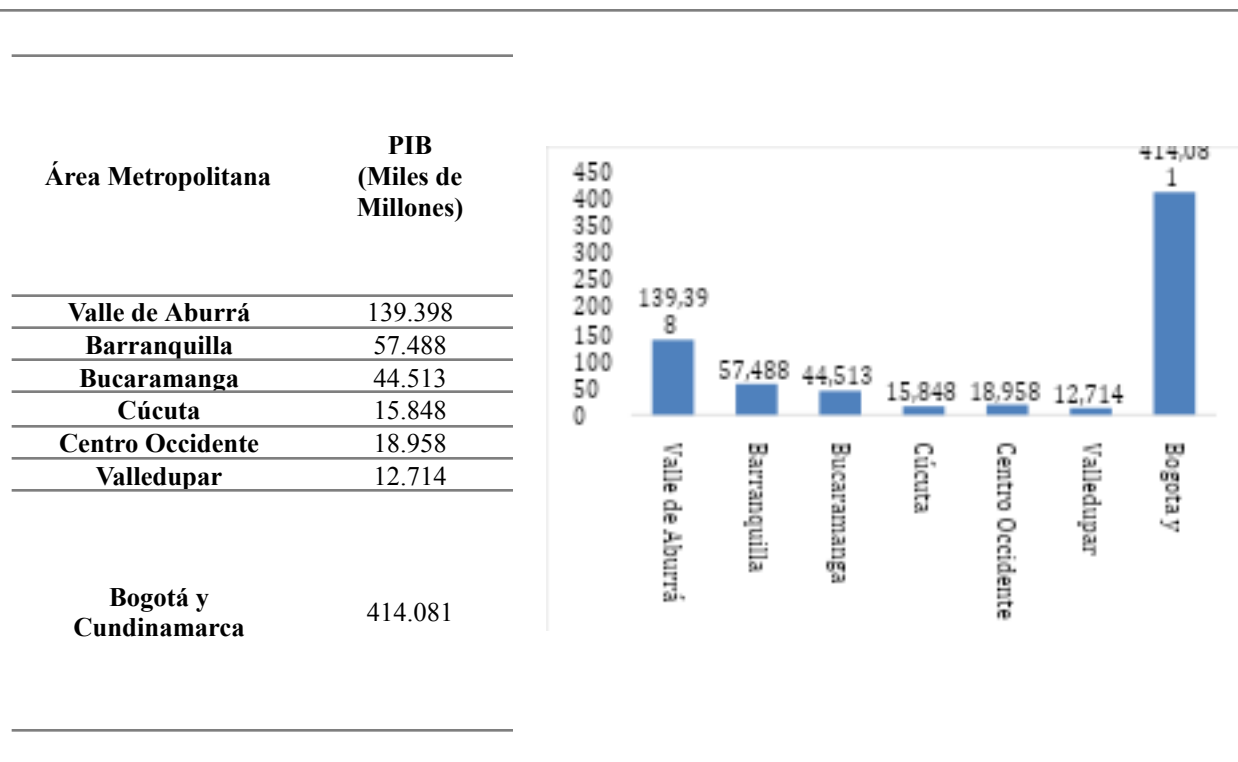
Nota: Elaboración propia a partir del PIB del DANE (DANE, 2021).

En otro contexto, con base en la Tabla 9, es evidente que el área metropolitana de Bogotá y Cundinamarca destaca como el principal protagonista en términos de contribución al Producto Interno Bruto (PIB) nacional, con un equivalente de 414.081 miles de millones. Le sigue el área metropolitana del Valle de Aburrá, con una contribución de 139.398 miles de millones. Estas dos áreas metropolitanas resaltan como líderes en términos de aporte al PIB nacional. Por otro lado, el área metropolitana de Valledupar se presenta como la que tiene un menor impacto en la actividad económica del país, con un PIB de 12.714 miles de millones.

Por consiguiente, se resalta la considerable contribución económica de las áreas metropolitanas al país, lo que indica que las áreas metropolitanas, al concentrar una parte significativa de la actividad comercial, industrial y de servicios, desempeñan un papel crucial en

la generación de riqueza y desarrollo económico, consolidándose como centros de crecimiento influyentes en la economía nacional.

Tabla 9

Comparativa del PIB Entre Áreas Metropolitanas

Nota: Elaboración propia a partir del PIB del DANE.

Para concluir, la Tabla 10 presenta un análisis más detallado de varios índices relacionados con las ciudades que conforman las áreas metropolitanas. Estos índices incluyen el número de municipios que componen cada área metropolitana, el año en que se constituyó cada área, los logotipos de las áreas metropolitanas, la población total de cada área metropolitana, el Producto Interno Bruto (PIB) contribuido por cada ciudad dentro de las áreas metropolitanas, y otros indicadores relevantes.

Tabla 10

Áreas Metropolitanas en Colombia Datos Socioeconómicos

Área Metropolitana	Logo	Año de Constitución	No. de Municipios	Área (km²)	Municipios Integrados	Población Total (2022)	Valor Agregado* Miles de millones (2021)	Peso Relativo en el Valor Agregado de parámetros (% (2021))	PIB De parámetros Miles de Millones (2022)	PIB Municipal* Miles de Millones	% PIB* / Dpto	% PIB* / Colombia	PIB PER Capita por Municipio (pesos)
Área Metropolitana del Valle de Aburrá		1980	10	1166	Medellín	2.612.938	66.432	41,1	2.12.313	87.304	41%	6%	33.411.868
					Berboya	67.800	1.298	0,8		1.706	1%	0%	2.362.348
					Bello	938.327	6.333	4,2		9.006	4%	1%	16.722.997
					Caldas	86.042	1.397	0,9		1.833	1%	0%	2.133.086
					Copacabana	84.889	1.630	1,0		2.168	1%	0%	2.369.300
					Envigao	249.800	10.247	6,3		19.467	6%	1%	39.909.327
					Granito	36.148	3.004	1,9		3.947	2%	0%	7.303.263
					Itagüí	289.092	9.123	5,6		11.992	6%	1%	40.093.022
					La Estrella	77.782	2.303	1,4		3.028	1%	0%	38.937.767
					Sabaneta	90.743	3.762	2,3		4.944	2%	0%	34.486.332
					TOTAL	4.163.293	106.072	65,6		139.392	66%	10%	33.452.613
					Área Metropolitana de Barranquilla		1981	3		312	Barranquilla	1.310.163	3.127
Sotomayo	669.038	7.640	16,1	10.261					16%		1%	1.336.884	
Nalámba	141.246	2.176	4,6	2.923					3%		0%	2.069.1430	
Puerto Colombia	34.011	623	1,3	839					1%		0%	1.5428.716	
Galapa	67.906	1.083	2,3	1.438					2%		0%	2.1631.940	
TOTAL	2.242.164	42.909	90,2	57.468					90%		4%	25.639.221	
Área Metropolitana de Bucaramanga		1981	4	1479	Bucaramanga	640.123	16.422	26,3	92.277	24.419	26%	3%	40.019.483
					Florebiana	392.039	3.308	6,6		7.891	9%	1%	23.763.773
					Girón	172.797	4.932	8,0		7.361	8%	1%	42.399.338
					Piedecuesta	188.698	3.261	5,3		4.848	3%	0%	2.3693.314
					TOTAL	1.303.673	29.943	48,2		44.519	48%	3%	34.144.614
					Cúcuta	791.986	10.033	37,4		13.226	37%	1%	16.700.078
Área Metropolitana de Cúcuta		1991	6	1230	Villa del Rosario	113.384	703	4,0	23.037	927	4%	0%	8.173.383
					Los Patios	99.061	662	3,8		870	4%	0%	8.783.307
					Puerto Santander	3.939	24	0,1		140	0%	0%	1.240.383
					Sancayán	8.102	241	1,4		317	1%	0%	39.148.917
					El Zulia	29.933	302	1,7		397	2%	0%	13.246.706
					TOTAL	1.052.325	12.048	68,7		15.848	69%	1%	15.059.927
Área Metropolitana de Centro Occidente		1991	3	628	Pereira	472.000	10.379	39,6	23.786	14.170	60%	1%	30.021.241
					Dos Quevedas	223.340	3.227	12,2		4.322	18%	0%	19.163.312
					La Virginia	28.488	348	2,0		466	2%	0%	16.341.641
					TOTAL	724.828	14.953	79,7		18.958	80%	1%	26.111.422
					Valledupar	338.938	6.213	27,7		10.380	28%	1%	18.371.769
					La Paz	318.229	396	1,8		662	2%	0%	2.004.479
Área Metropolitana de Valledupar		2003	3	7703	San Diego	21.330	179	0,8	37.324	300	1%	0%	13.796.374
					Valledupar	11.377	79	0,4		133	0%	0%	11.439.427
					Agustín Codazzi	69.739	742	3,3		1.239	3%	0%	17.764.789
					TOTAL	699.893	7.610	33,9		12.714	34%	1%	18.324.891
					Bogotá	7.901.639	267.782	100,0		337.239	100%	24%	43.213.130
					TOTAL	7.901.639	267.782	100,0		337.239	100%	24%	43.213.130
					Bogotá	11.838	193	0,3		276	0%	0%	23.183.346
					Cajicá	99.720	2.092	3,1		2.830	3%	0%	28.363.273
					Chía	160.433	3.323	3,4		4.963	5%	0%	30.947.617
					Cogotá	26.204	783	1,2		1.103	1%	0%	42.106.217
Cota	39.679	3.394	3,4	4.963	5%	0%	12.313.200						
El Rosal	26.367	313	0,3	460	1%	0%	17.304.340						
Florebiana	167.939	3.264	3,0	4.397	5%	0%	27.477.833						
Fusca	112.720	3.267	3,0	4.397	5%	0%	40.783.106						
Gacahncipá	20.784	293	0,4	368	0%	0%	17.693.324						
La Calera	33.301	391	0,8	736	1%	0%	2.033.017						
Medellín	136.374	1.932	3,0	2.738	3%	0%	20.226.370						
Mosquera	16.160	3.032	4,6	4.230	5%	0%	26.171.112						
Moncón	13.383	133	0,2	154	0%	0%	11.799.287						
Silvaná	39.319	1.032	1,6	1.471	2%	0%	37.431.284						
Socorro	808.288	6.763	10,3	9.470	10%	1%	11.716.636						
Sopó	31.106	1.069	1,6	1.471	2%	0%	47.294.234						
Subachoque	17.936	213	0,3	276	0%	0%	1.361.873						
Tibío	2.364	231	0,4	368	0%	0%	14.163.143						
Teno	2.341	1.347	2,1	1.931	2%	0%	74.720.978						
Tocancipá	49.033	7.131	7,8	7.172	8%	0%	146.238.436						
Zipacón	3.936	93	0,1	92	0%	0%	17.071.333						
Zimolva	136.933	1.783	2,7	2.483	3%	0%	1.314.072						
TOTAL	17.972.364	576.164	61,8	56.823	62%	4%	3.160.728						
Colombia		1980	1123	1141748	COLOMBIA	31600000	1.079.323	3.300,0	1462322,44	1462322,44	100%	100%	28343.438
					TOTAL	31600000	1.079.525	3.300	1.462.522	1.462.522	100%	100%	28343.458

Nota: Elaboración propia a partir de análisis del estudio.

3.4.3.1. Competitividad en las Áreas Metropolitanas. En el contexto colombiano actual, la evaluación y medición de la competitividad de las ciudades ha adquirido una relevancia crucial para guiar el desarrollo económico y social de estas. Existen dos herramientas base que se utilizan con este propósito, que son el Índice de Ciudades Modernas y el Índice de Competitividad de Ciudades (Observatorio de Ciudades & Asocapitales, 2021).

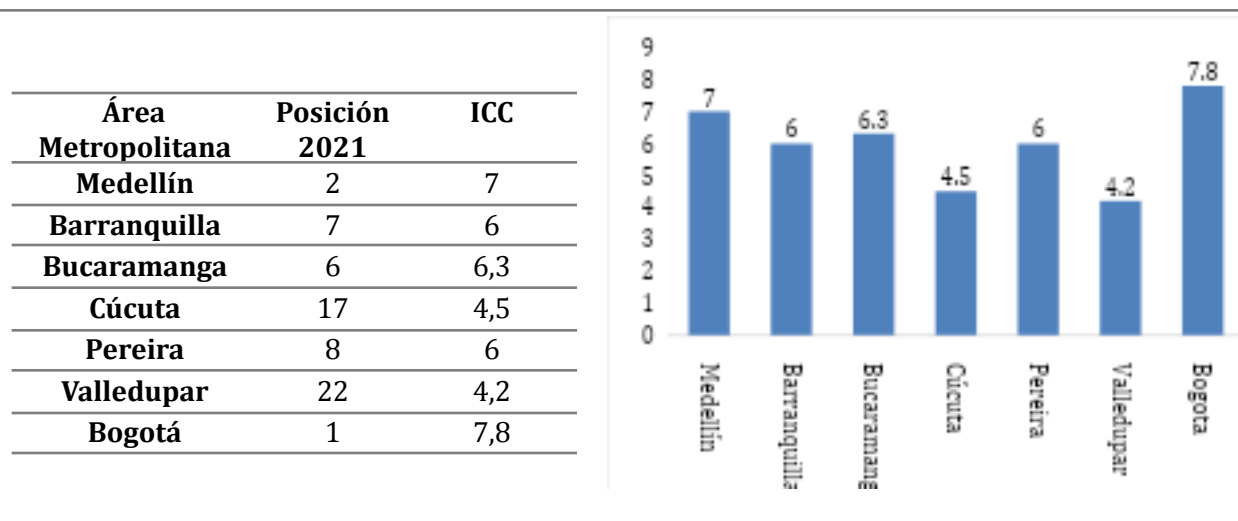
El Índice de Competitividad de Ciudades (ICC) es una herramienta esencial para evaluar los fundamentos que las ciudades del país requieren para crear un mejor entorno para los ciudadanos (Portafolio, 2022). Este consta de cuatro elementos clave (condiciones habilitantes, capital humano, eficiencia de los mercados y ecosistema innovador), 13 pilares (instituciones, infraestructura y equipamiento, adopción TIC, sostenibilidad ambiental, salud, educación básica y media, educación superior y formación para el trabajo, entorno para los negocios, mercado laboral, sistema financiero, tamaño del mercado, sofisticación y diversificación e innovación) que engloba un total de 106 indicadores (Consejo Privado de Competitividad, 2022).

Mientras que el Índice de Ciudades Modernas (ICM) es un instrumento que se ocupa de cuantificar el desarrollo integral experimentado por las ciudades del país, abordando diversos, tales como el social, económico, tecnológico, ambiental, gobernanza y de seguridad desde una perspectiva de ciudad moderna (Departamento Nacional de Planeación, 2019).

Los datos que se presentan a continuación hacen parte de un análisis agrupado de cada una de las ciudades que conforman las áreas metropolitanas, que busca evaluar el desempeño de estas, haciendo un enfoque particular en el aspecto de la sostenibilidad. En algunos casos se tiene ausencia de la información extraída del ICC y el ICM, sin embargo, cumple con el objetivo de análisis de competitividad.

Con respecto al ICC, se muestra en la Tabla 11 el índice del año 2021 para cada una de las áreas metropolitanas junto con su posición en el mismo año. El área metropolitana del Valle de Aburrá, con una valoración de 7 es la de mejor índice, mientras que el área metropolitana de Valledupar con un 4 es la de menor valor.

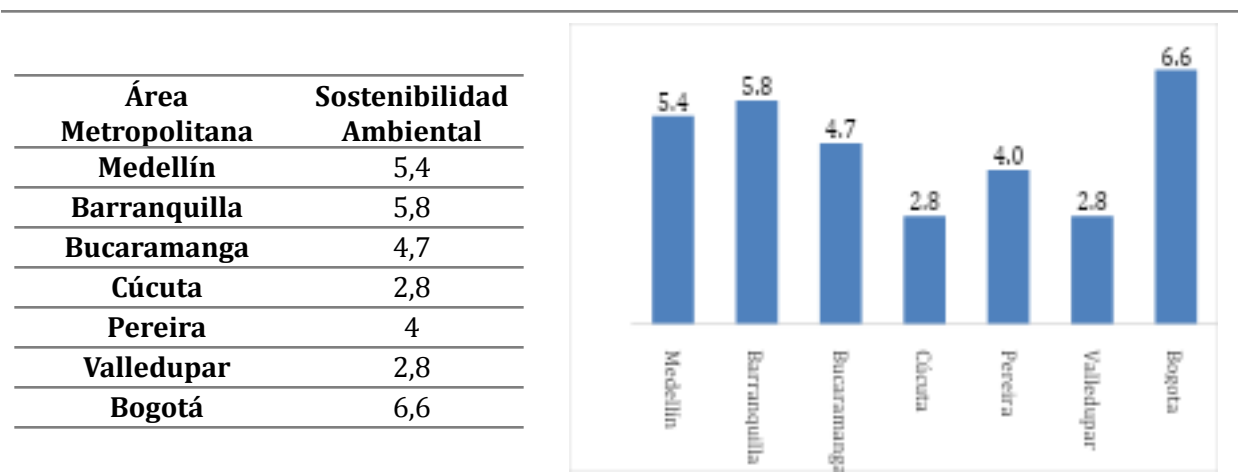
Tabla 11

Índice de Competitividad de Ciudades por Áreas Metropolitanas

Nota: Elaboración propia a partir del Índice de Competitividad de Ciudades.

La Tabla 12 evidencia el indicador de sostenibilidad, uno de los componentes definidos en el ICC, diferenciado para cada una de las siete áreas metropolitanas. Con base a esto, se puede afirmar que el área metropolitana de Bogotá, a pesar de ser la más poblada, se posiciona como la mejor en términos de sostenibilidad, mientras que el área metropolitana de Valledupar obtiene la puntuación más baja en este indicador.

Tabla 12

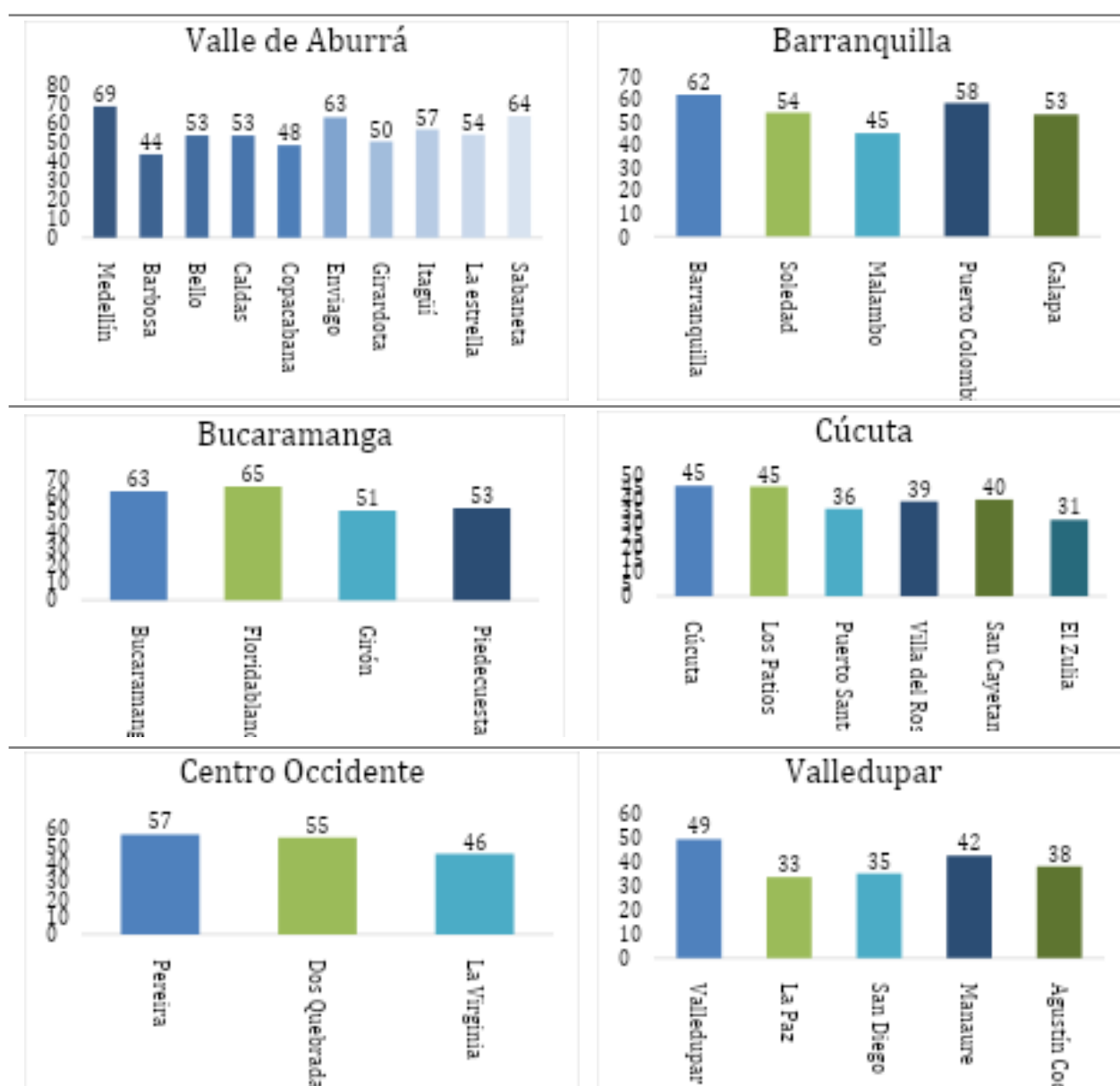
ICC (Sostenibilidad Ambiental) por Ciudades Principales de Áreas Metropolitanas

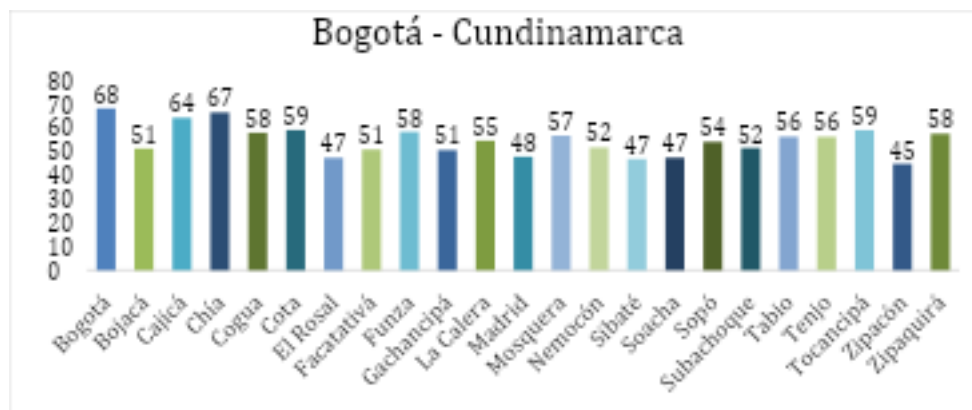
Nota: Elaboración propia a partir del Índice de Competitividad de Ciudades.

Considerando los datos presentados en los indicadores, se tiene que la mayoría de las áreas metropolitanas funcionan como centros de desarrollo que brindan una alta calidad de vida a sus ciudadanos. Al examinar en detalle, se puede observar que estas áreas metropolitanas, a pesar de la significativa actividad económica que ocurre en su interior, la mayoría de ellas tienen un compromiso constante con la sostenibilidad y la preservación del medio ambiente.

Tabla 13

Índice de Ciudades Modernas por Municipios en Áreas Metropolitanas





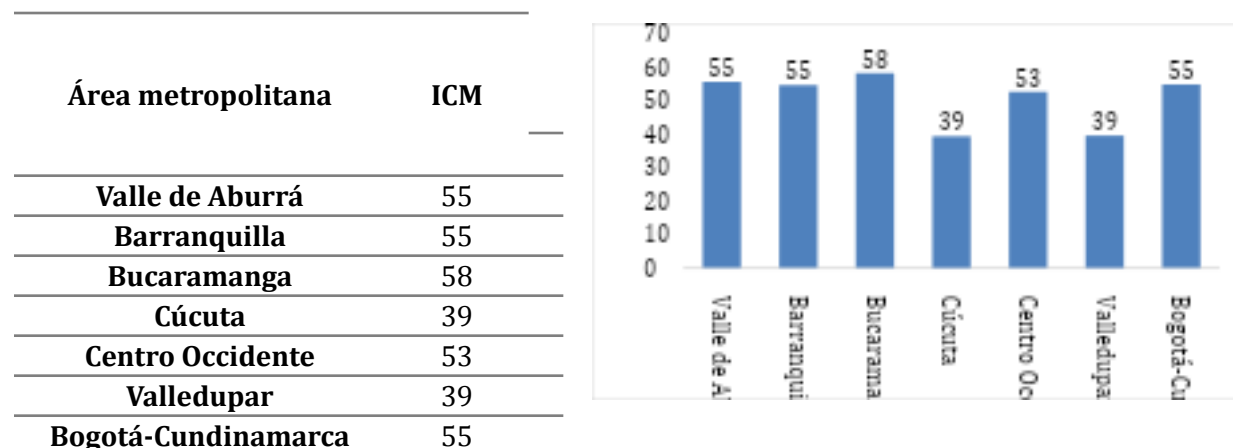
Nota: Elaboración propia a partir del Índice de Ciudades Modernas.

Por otro lado, en cuanto al Índice de Ciudades Modernas (ICM), se observa en la Tabla 13 que para las ciudades que componen cada una de las áreas metropolitanas, se encuentra la ciudad de Bucaramanga con el índice más alto, con una puntuación de 68 puntos, mientras que el municipio de la Paz, correspondiente al área metropolitana de Valledupar cuenta con el índice más bajo, con una puntuación de 33.

A partir de la Tabla 14, se puede observar el índice de ciudades modernas para cada área metropolitana en general, donde el área metropolitana con el índice más alto es la de Bucaramanga, con una puntuación de 58 puntos, mientras que las áreas metropolitanas de Cúcuta y Valledupar presentan los valores más bajos, ambos con una puntuación de 39.

Tabla 14

Índice de Ciudades Modernas Consolidado en Áreas Metropolitanas

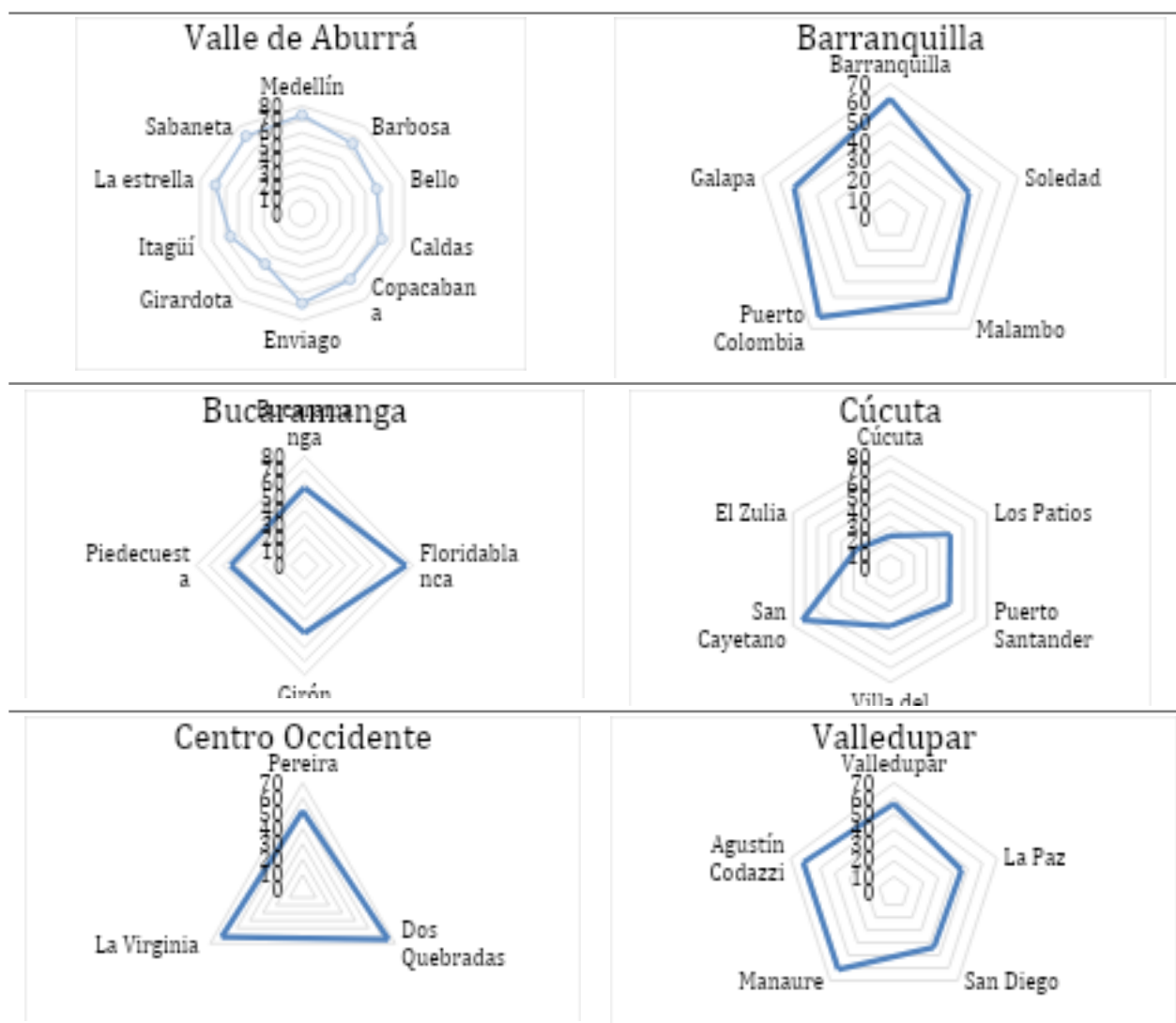


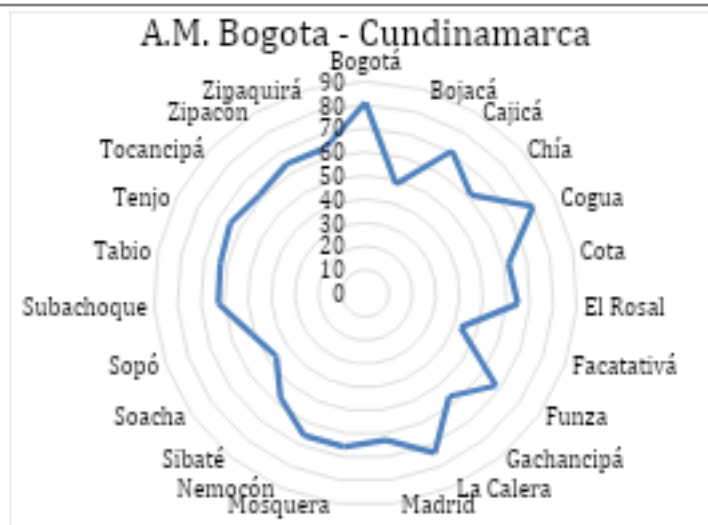
Nota: Elaboración propia a partir del Índice de Ciudades Modernas.

La Tabla 15 presenta el índice de sostenibilidad para cada una de las ciudades que conforman las áreas metropolitanas del país. A partir de este análisis la ciudad de Bogotá, siendo esta la capital del país cuenta con la calificación más alta en esta categoría, alcanzando un valor de 82, mientras que el municipio de El Zulia, perteneciente al área metropolitana de Cúcuta, presenta la puntuación más baja en esta categoría, con tan solo 28.

Tabla 15

Índice de Ciudades Modernas por Municipio en Áreas Metropolitanas



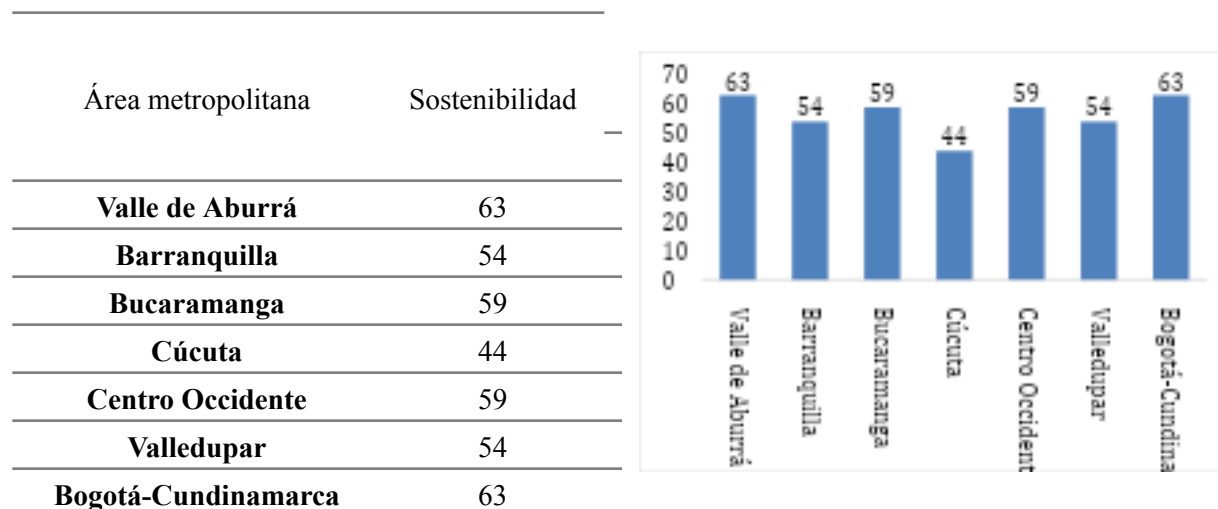


Nota: Elaboración propia a partir del Índice de Ciudades Modernas.

A nivel más puntual, se observa en la Tabla 16 que las áreas metropolitanas de Valle de Aburrá y Bogotá-Cundinamarca son las más destacadas en cuanto a sostenibilidad ambiental, obteniendo una puntuación de 63. En contraste, el área metropolitana de Cúcuta ocupa el último puesto en la lista, con una puntuación muy baja de 44.

Tabla 16

ÍCM. Factor de Sostenibilidad por Principales Ciudades en Áreas Metropolitanas



Nota: Elaboración propia a partir del Índice de Ciudades Modernas.

Los Índices de Ciudades Modernas muestran que las áreas metropolitanas de Colombia agrupan ciudades altamente desarrolladas, con un papel clave en el crecimiento económico del país. En la mayoría de ellas, los índices de sostenibilidad son elevados, lo que refleja la atención al cuidado ambiental. No obstante, aún existen oportunidades para fortalecer estas métricas y avanzar hacia urbes más sostenibles.

Las áreas metropolitanas de Colombia son esenciales para el desarrollo económico del país, pues concentran una parte significativa de la población y destacan en indicadores como el Índice de Competitividad de Ciudades (ICC) y el Índice de Ciudades Modernas (ICM), gracias a su infraestructura, capital humano y entorno empresarial dinámico. Estos avances atraen inversión, promueven crecimiento sostenible y reflejan un compromiso con prácticas ambientales y con la participación ciudadana en la planificación urbana. Sin embargo, la sostenibilidad exige un esfuerzo constante, que implica mantener políticas responsables, fortalecer la conciencia ambiental e involucrar activamente a la comunidad en la toma de decisiones para avanzar hacia un desarrollo equilibrado y respetuoso con el medio ambiente.

3.4.4. Caracterización Hídrica de las Áreas Metropolitanas

En este aparte se realizará una descripción general del recurso hídrico de cada una de las áreas metropolitanas, cabe resaltar que no es una caracterización a profundidad ya que no es el objeto de este estudio, sin embargo, si manifiesta una concepción global de los recursos hídricos existentes en cada una de las regiones. Dentro de la metodología planteada esta caracterización es parte del diagnóstico general de las áreas metropolitanas que servirá de preliminar para la creación del modelo de planificación (Anexo 2).

Es importante recalcar que tanto la caracterización socioeconómica como la caracterización hídrica son dos elementos que validan que el desarrollo económico y territorial de Colombia ha estado históricamente orientado hacia un modelo de crecimiento urbano centrado en las ciudades núcleo, donde las áreas metropolitanas se consolidan como epicentros de actividad productiva, comercial y de infraestructura y que por el contrario las principales afectaciones al recurso hídrico (presión hídrica, urbanismo descontrolado, desarrollo industrial, etc.) se manifiestan en las principales aglomeraciones poblacionales y económicas del país y es aquí donde encontramos una incoherencia en los modelos de desarrollo.

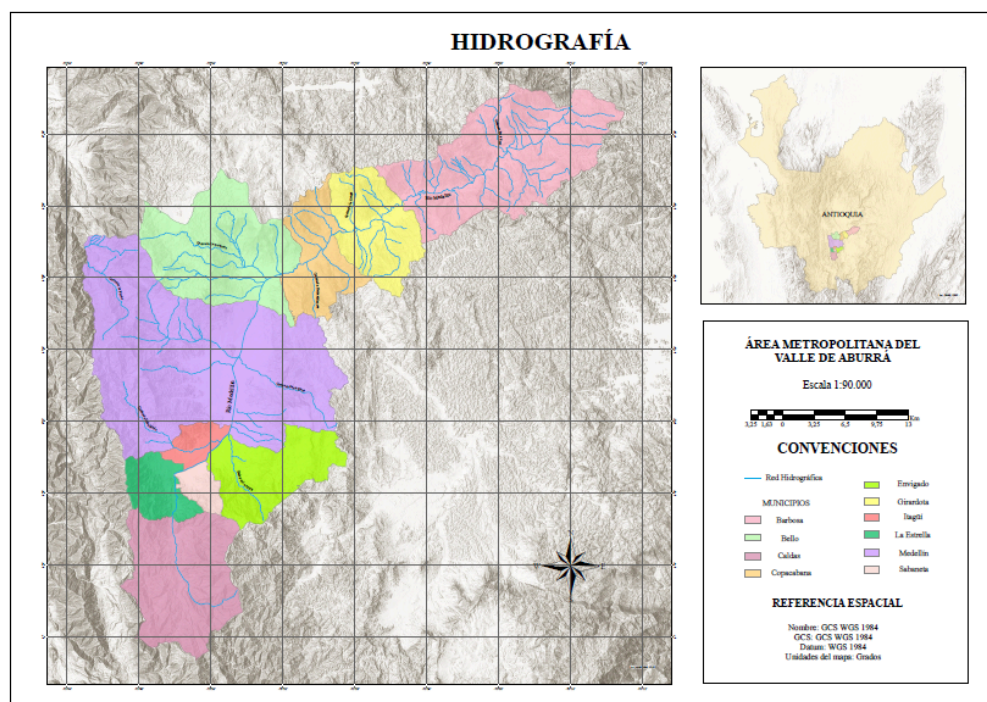
3.4.4.1. Caracterización Hídrica del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. El área metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), localizada en el departamento de Antioquia, en la cordillera central de los Andes, y conformada por 10 municipios; se incluye, en su mayor parte, en la cuenca hidrográfica del río Aburrá o río Medellín.

Hidrografía. La cuenca hidrográfica del río Aburrá abarca 14 municipios total o parcialmente. Se incluyen los 10 que están bajo la jurisdicción del AMVA, y parte de los municipios de Guarne y San Vicente al oriente, y Santo Domingo y Don Matías al norte.

La red de drenaje de esta cuenca se compone de 68 subcuencas y 239 microcuencas, de las cuales el 91% están bajo la jurisdicción del AMVA y sólo 82 son microcuencas abastecedoras (CORANTIOQUIA, y otros, 2016). La principal arteria fluvial es el río Aburrá o río Medellín, que nace en el municipio de Caldas, específicamente en el sector de San Miguel. Esta arteria y sus principales tributarios se presentan en la Figura 15, junto con los municipios que conforman el área metropolitana.

Figura 15

Hidrografía Áreas Metropolitanas del Valle de Aburrá

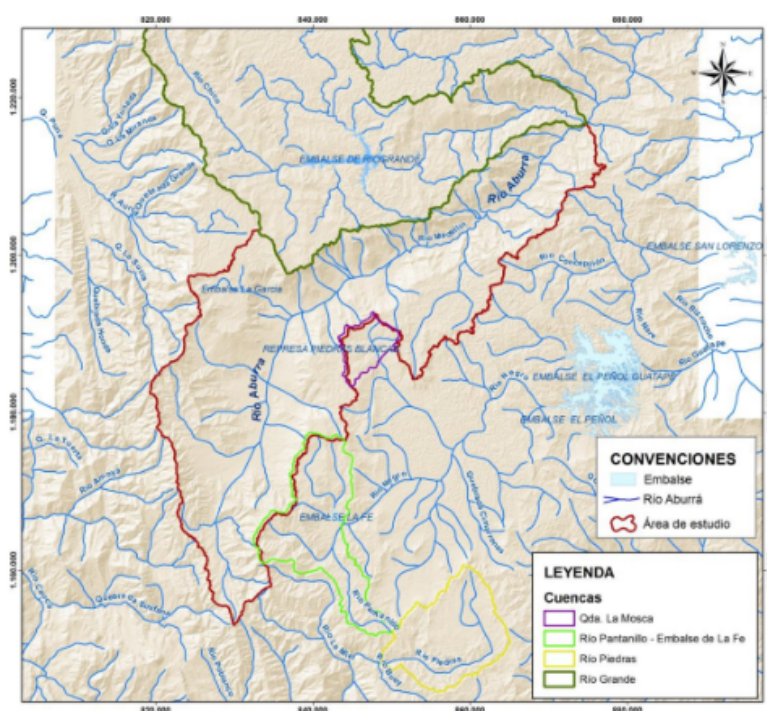


Nota: Elaboración propia a partir de ArcGis pro.

A pesar de la amplia red de drenaje y el gran potencial hídrico de la cuenca, hay una alta presión antrópica, consecuencia de los procesos de expansión y ocupación urbana, lo que ha llevado a las fuentes superficiales, como el río Medellín, a tener altos grado de contaminación que no permiten su uso para el consumo humano o desarrollo de muchas actividades. Por este motivo, los municipios de la cuenca del río Aburrá dependen hidrológicamente de cuencas aledañas para su abastecimiento, las cuales se identifican en la Figura 16.

Figura 16

Cuencas Aledañas que Abastecen a la Cuenca del Río Aburrá



Nota: POMCA cuenca río Aburrá (CORANTIOQUIA, y otros, 2016).

Para satisfacer la demanda hídrica de las zonas rurales del valle del Aburrá, se capta agua principalmente de tres embalses: El embalse Río grande II de la cuenca Río grande, al norte del área metropolitana, aporta agua para un aprovechamiento múltiple, puesto que esta es destinada a la generación eléctrica, el mejoramiento ambiental y el abastecimiento de agua potable de Medellín, Itagüí, Envigado y Sabaneta; el embalse de la Fe en la cuenca río Pantanillo-embalse la Fe, al oriente antioqueño; y el embalse Piedras blancas de la cuenca quebrada La mosca, al noroccidente (CORANTIOQUIA, y otros, 2016). El recurso provisto por los últimos dos

embalses es utilizado para el abastecimiento de agua potable de los mismos municipios que abastece el embalse Riógrande. Es de aclarar que varios acueductos, en especial veredales, dentro del área metropolitana utilizan también como fuentes de captación algunas quebradas propias de la cuenca del río Aburrá para el abastecimiento de sus comunidades.

Adicional a las fuentes superficiales y subterráneas, los municipios del área metropolitana están incluidos geográficamente en el Sistema Regional de Áreas Protegidas Parque Central de Antioquia, SIRAP-PCA. Es decir, que en el AMVA se hallan zonas de protección que cumplen las funciones de oferta y regulación hídrica, aseguramiento de la integridad ecosistémica y conservación (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2010).

En el área metropolitana se encuentran tres páramos del complejo de Páramos Cerros Metropolitanos: El páramo de Las Baldías al noroccidente del valle entre Medellín y Bello; el páramo Padre Amaya ubicado en Medellín; y el páramo Alto de San Miguel en el municipio de Caldas. Aunque en estos ecosistemas no hay una presión antrópica significativa, si prestan un servicio ecológico importante para la disponibilidad hídrica aguas abajo, abasteciendo a la población metropolitana para el desarrollo de actividades domésticas, agrícolas industriales, recreativas, entre otras (CORANTIOQUIA, 2013).

Hidrogeología. Como parte del recurso hídrico que posee el valle de Aburrá, se cuenta con un acuífero libre desde el municipio de Caldas hasta Medellín, un acuífero semiconfinado desde Sabaneta hasta Medellín, y el acuífero asociado a la dunita de Medellín (Red de Monitoreo Ambiental C hidrográfica del V A, 2018). Estas aguas subterráneas presentan un flujo desde las vertientes hacia el centro del valle en dirección de norte a sur, y se observa una vulnerabilidad alta en las zonas de recarga directa, media en el sur y baja en las zonas urbanas.

Se han inventariado 377 puntos de captación de aguas subterráneas en el área metropolitana, sin embargo, se aclara que el inventario se encuentra incompleto y requiere de mayores estudios. Los usos principales de estas aguas son para el lavado de vehículos y para la industria, seguido del uso doméstico y el riego (Área metropolitana del Valle de Aburrá y Universidad de Antioquia, 2018).

Los análisis fisicoquímicos y biológicos realizados muestran alta contaminación de las aguas subterráneas, siendo aguas duras y con contaminación orgánica, dado que se han utilizado para descarga y transporte de aguas residuales. Debido a esto y a los pequeños caudales que se presentan, el agua subterránea no puede considerarse como una fuente alterna de abastecimiento hídrico para la demanda actual del área metropolitana del valle de Aburrá.

Aprovechamiento del recurso hídrico. En el año 2016 la demanda hídrica concesionada en las subcuencas del río Aburrá, fue de 5765,01 L/s, siendo el sector energético el que ejerce la mayor demanda, seguido por la industria, el sector pecuario, el uso doméstico, la agricultura, la minería, el sector terciario y finalmente, el uso recreativo (CORANTIOQUIA, y otros, 2016). Para ese mismo año, el índice de uso de agua mostró que bajo condiciones normales el nivel es medio (CORANTIOQUIA, y otros, 2016), es decir que la oferta hídrica logra satisfacer la demanda, sin embargo, en los años secos se incrementa la vulnerabilidad.

Calidad hídrica. Como se ha mencionado, la calidad del río Aburrá, de sus tributarios, y de las aguas subterráneas, ha sido afectada por la presión antrópica al aumentar los procesos de urbanismo en el área metropolitana y por la escasez de obras de saneamiento que ya han sido proyectadas. El río Aburrá, mantiene una calidad aceptable desde su nacimiento en San Miguel hasta primavera, ambos sectores de Caldas. De este punto en adelante su estado se vuelve regular y más adelante recibe las aguas del alcantarillado del sur del área metropolitana, es decir el 20% de las aguas residuales del AMVA, cuya carga contaminante solo es removido en un 50 o 60%. Después de este punto de descarga, la calidad se clasifica como muy mala y en estas condiciones el río atraviesa Envigado, Medellín, Bello, Copacabana, Girardota y Barbosa. Luego de este punto la contaminación se empieza a diluir por el aumento de la oferta hídrica debido al rebose de la central hidroeléctrica La Tasajera (CORANTIOQUIA, y otros, 2016).

Las principales fuentes de contaminación identificadas en el POMCA del 2016 fueron los vertimientos directos sin tratamiento de aguas residuales domésticas y agropecuarios, los vertimientos industriales con contenido no biodegradable, la actividad minera y las malas prácticas de manejo y disposición de residuos sólidos, que aumentan los sólidos finos y gruesos en las corrientes. El funcionamiento inadecuado de los pozos sépticos también es un factor que genera contaminación de los suelos y de las aguas subterráneas. Y finalmente, los lodos

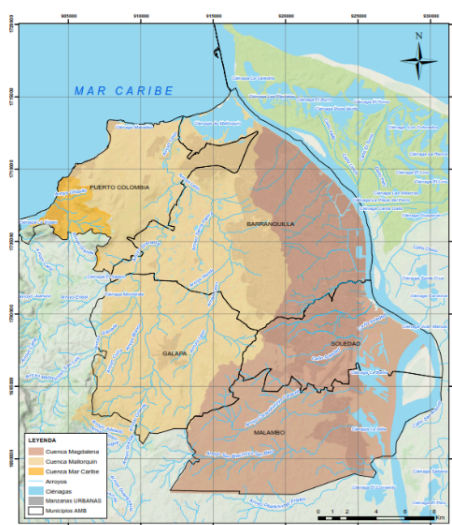
generados por los sistemas de tratamiento de aguas residuales, aunque son un subproducto que en los últimos años ha sido mejor gestionado reduciendo su impacto.

3.4.4.2. Caracterización Hídrica del Área Metropolitana de Barranquilla. El área metropolitana de Barranquilla (AMBQ), se localiza en el departamento del Atlántico, específicamente en el vértice nororiental, delimitando al norte con el mar caribe, al oriente con el río Magdalena, al sur con Baranoa, Polonuevo y Sabanagrande, y al occidente con Tubará (Meza Estrada, Ruiz, García, Vargas, y Cepeda, 2016). Está conformada por 5 municipios: Barranquilla, Galapa, Malambo, Soledad y Puerto Colombia.

Hydrografía. De acuerdo con la zonificación hidrográfica de Colombia, el AMBQ está cubierta por tres cuencas, demarcadas en la Figura 17. La cuenca del Magdalena al oriente, limitando con el río del mismo nombre y abarcando a los municipios de Malambo, Soledad y parte de Barranquilla; la cuenca Ciénaga Mallorquín que incluye a Galapa, el resto de Barranquilla y la mayor parte de Puerto Colombia; y finalmente, una porción de la cuenca del Caribe al occidente de Puerto Colombia. Las cuencas de Mallorquín y del Mar Caribe, interactúan directamente con este mar por su costado norte, por lo que presentan ecosistemas como manglares, ciénagas y playas.

Figura 17

Cuencas del Área Metropolitana de Barranquilla

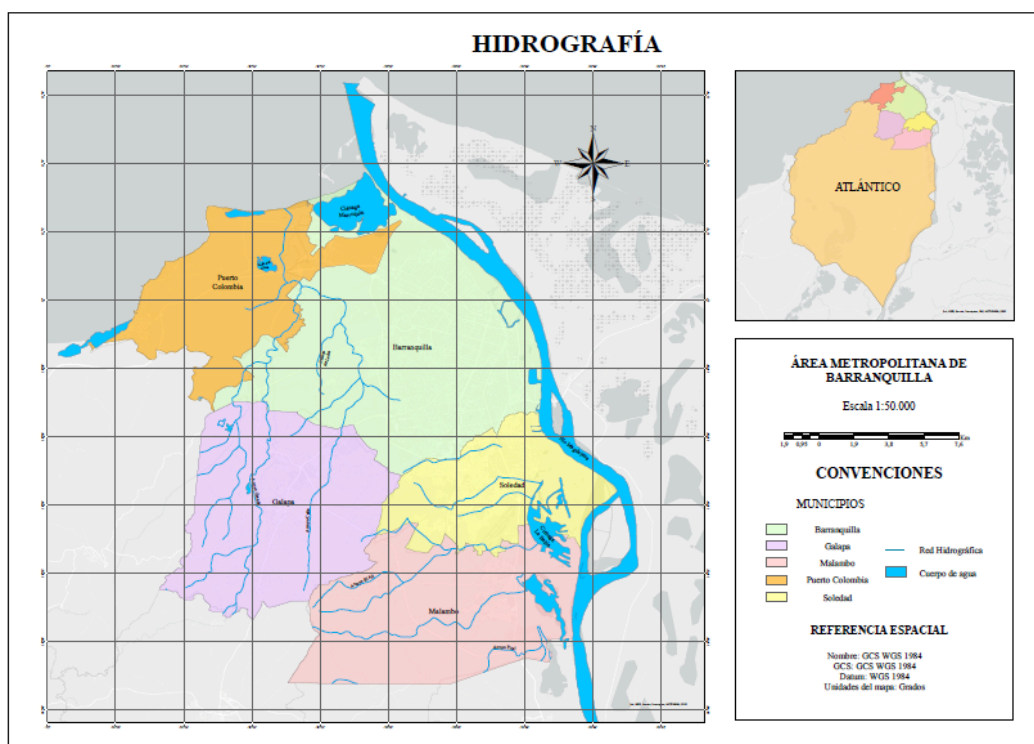


Nota: (Área Metropolitana de Barranquilla, 2021).

El cauce más relevante de esta área metropolitana es el río Magdalena, denominado en este punto como el bajo Magdalena, el cual recibe las corrientes y flujos del sistema de humedales o ciénagas del Atlántico, que interactúan hidrológicamente con este río y con el mar Caribe. Las principales ciénagas existentes en el AMBQ son la ciénaga Mallorquín, Los Manatíes, La Virgen y El Salado, en Puerto Colombia y Barranquilla, que hacen parte de la cuenca Mallorquín. Mientras que por el lado de la cuenca del bajo Magdalena se encuentran las ciénagas de Malambo o Grande, y entre Malambo y Soledad las ciénagas de La Bahía y La Islita (IGAC, (Área Metropolitana de Barranquilla, & POMCA Mallorquín y Magdalena, 2017).

Figura 18

Hidrografía Áreas Metropolitanas de Barranquilla



Nota: Elaboración propia a partir de ArcGis pro.

En la Figura 18 se presenta la red de drenaje del área metropolitana, en la cual destacan otros cauces diferentes al río Magdalena y al sistema de humedales, como el arroyo de Caracolí, al occidente de Malambo, el arroyo León que pasa por Malambo, Barranquilla y Galapa, y el

arroyo Hondo que recibe las descargas del drenaje pluvial de la capital del Atlántico (IGAC, Área Metropolitana de Barranquilla, & POMCA Mallorquín y Magdalena, 2017).

Dentro de los ecosistemas estratégicos que se encuentran en estas cuencas, están las lagunas costeras como las ciénagas ya mencionadas, los manglares, las playas de la zona de transición mar-continente, y el bosque seco (CRA, 2015). Para el manejo de estos ecosistemas y como estrategia de adaptación al cambio climático, el PEMOT plantea la creación de corredores ambientales metropolitanos, corredores de transición para el río Magdalena y los arroyos, y un corredor ecosistémico costero para la recuperación de las playas, el cordón litoral y las ciénagas (Área Metropolitana de Barranquilla, 2021).

Hidrogeología. En la cuenca mallorquín se encuentran acuíferos, acuitardos y acuíclados, en los que se han encontrado aguas cloruradas sódicas duras a muy duras, por lo que son utilizadas principalmente para uso doméstico, abrevadero de ganado e irrigación de pequeños cultivos (CRA, 2015). Por su parte, en la zona de la cuenca Magdalena en el AMBQ, existen dos unidades hidrogeológicas. En Malambo un acuífero regular que contiene agua impotable con alta concentración de cloruro y elevada conductividad, y en Barranquilla acuíferos pobres con descarga natural a través de manantiales. Las fuentes subterráneas del norte de Barranquilla son las que presentan la vulnerabilidad más alta, es decir que son más sensibles a ser afectadas por cargas contaminantes.

Aprovechamiento del recurso hídrico. El uso de agua se da a través de embalses o por captaciones directas de las fuentes superficiales o subterráneas. Las cabeceras municipales de Barranquillas, Galapa y Puerto Colombia se abastecen principalmente del río Magdalena.

En el departamento del Atlántico hay un alto déficit hidrológico por el régimen climático, por lo que se busca la racionalización y uso eficiente del recurso. Sin embargo, son muchas las actividades que se realizan y que afectan la disponibilidad y calidad de este líquido vital, tales como el represamiento inadecuado de los arroyos, la desconexión hidrológica de las corrientes, y el desecamiento de ciénagas para el asentamiento humano o la construcción de obras como distritos de riego (CRA, 2015).

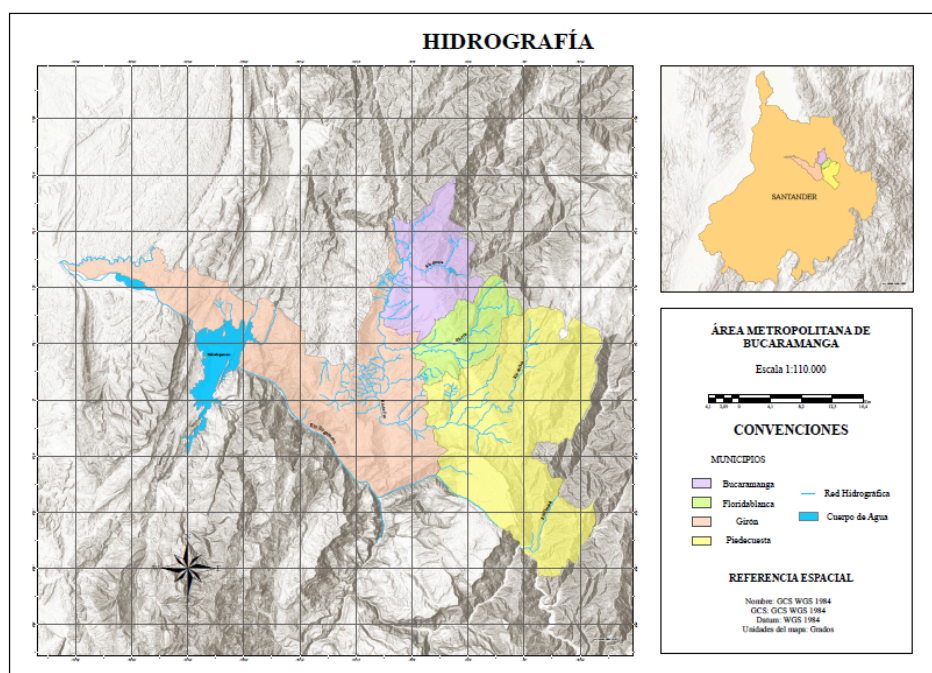
Calidad hídrica. Los principales factores de contaminación identificados en las corrientes del área metropolitana son los vertimientos de residuos sólidos y líquidos desde zonas rurales, y la descarga de aguas residuales crudas (CRA, 2015). Un factor de contaminación que destaca en el área es la infiltración de lixiviados procedentes del antiguo relleno sanitario Henequén, que, aunque fue cerrado hace más de 20 años, no ha cumplido con las obras de clausura y postclausura exigidas, incluyendo las del manejo de los lixiviados que se siguen generando por la descomposición de los residuos (Rodríguez, 2017).

En cuanto a las afectaciones sobre las ciénagas, la de Mallorquín presenta pérdida del 43% del espejo de agua, La Bahía ha perdido profundidad y es contaminada por aguas residuales domésticas e industriales, la ciénaga Grande de Malambo es afectada por vertimientos con alta carga orgánica y por la construcción de terraplenes que interfieren con los intercambios hídricos, y la ciénaga Manatías tiene un gran proceso de sedimentación y desecación para aumentar la frontera pecuaria (Área Metropolitana de Barranquilla, Plan Estratégico Metropolitano De Ordenamiento Territorial PEMOT, 2021).

3.4.4.3. Caracterización Hídrica del Área Metropolitana de Bucaramanga. El área metropolitana de Bucaramanga se localiza en el departamento de Santander, al occidente de la cordillera oriental de los Andes, y está conformada por los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta.

Hidrografía. Esta área metropolitana se ubica en la cuenca del río alto Lebrija, la cual se compone de 5 subcuencas: Lebrija alto, río Oro, río Suratá, Ríonegro y río Salamaga (CAR para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2020). Los principales cauces utilizados para el abastecimiento de la población del área metropolitana son los ríos Tona y Suratá de la subcuenca del mismo nombre, y los ríos Frío y Oro, en cuyo margen se encuentran los municipios de Piedecuesta, Girón y Bucaramanga (CAR para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2020). En la Figura 19 se observan estas corrientes, así como el río Sogamoso Medio que bordea el costado sur del municipio de Girón y otros cuerpos de agua lénticos como lagunas y la represa de la central eléctrica Hidrosogamoso hacia el occidente de Girón.

Figura 19

Hidrografía Áreas Metropolitanas de Bucaramanga

Nota: Elaboración propia a partir de ArcGis pro.

Además de estas fuentes hídricas, se tiene un sistema de humedales que hace parte del Distrito De Manejo Integrado DMI Humedal El Pantano Angula Alta, localizado en el municipio de Girón. Esta junto con el DMI de Bucaramanga, el Parque Natural Regional PNR Bosques Húmedos Andinos y el PNR Cerro La Judía, son las zonas protegidas declaradas en el área metropolitana de Bucaramanga (Calderón Jiménez y Mosquera Vera, 2019). También es de necesarios resaltar al páramo de Berlín, que, aunque se localiza en el departamento de Norte de Santander, es de gran importancia para el abastecimiento hídrico del área metropolitana de Bucaramanga.

Hidrogeología. En la cuenca existen 5 depósitos con las mejores condiciones acuíferas: depósitos aluviales, depósitos de terrazas aluviales, depósitos de deslizamientos, sedimentos, terciario y cretácicos (CAR para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2020). En Bucaramanga se han identificados tres sistemas de acuíferos con baja permeabilidad, pero alta porosidad y de los cuales uno es denominado como el Acuífero Superior de la Meseta de

Bucaramanga, y se ha perforado para abastecer a los lavaderos de vehículos y a algunas industrias (López Serrano & Delgado Martínez, 2019).

Aprovechamiento del recurso hídrico. Para cubrir la demanda hídrica de las cabeceras municipales, el acueducto metropolitano realiza la captación de agua en el río Tona y las quebradas Golondrinas y Arnanía, específicamente para abastecer a Bucaramanga, Girón y parte de Floridablanca. El otro sector de Floridablanca se satisface con el recurso captado del alto río Frío, mientras que la subcuenca del río Oro alto abastece a Piedecuesta.

En cuanto a la oferta y la demanda hídrica, el índice de uso de agua muestra que en condiciones normales y de año seco, hay una alta presión sobre los ríos Tona, Suratá, río Frío y Oro, debido a que es donde se ubican las bocatomas para el acueducto del área metropolitana, y por tanto el índice de vulnerabilidad muestra un nivel medio en cuanto a fragilidad para satisfacer la demanda con la oferta hídrica disponible (CAR para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2020).

Calidad hídrica. El índice de calidad muestra agua de calidad dudosa en la subcuenca surata bajo, en Río Frío y la microcuenca Oro Bajo, en la que también hubo calidad inadecuada. En las microcuencas de oro alto y río frío se encontró calidad pésima (CAR para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2019). Esta alta presión responde a los vertimientos por la actividad pecuaria y a la población asentada cerca de las corrientes, además el deterioro se incrementa durante los periodos de sequía, ya que con un menor caudal hay menor dilución de contaminantes.

3.4.4.4. Caracterización Hídrica del Área Metropolitana de Cúcuta. El área metropolitana de Cúcuta (AMC) se ubica en el departamento de Norte de Santander, al costado derecho de la cordillera oriental de los Andes, y se compone de 6 municipios: Cúcuta, Villa del Rosario, Los Patios, El Zulia, San Cayetano y Puerto Santander.

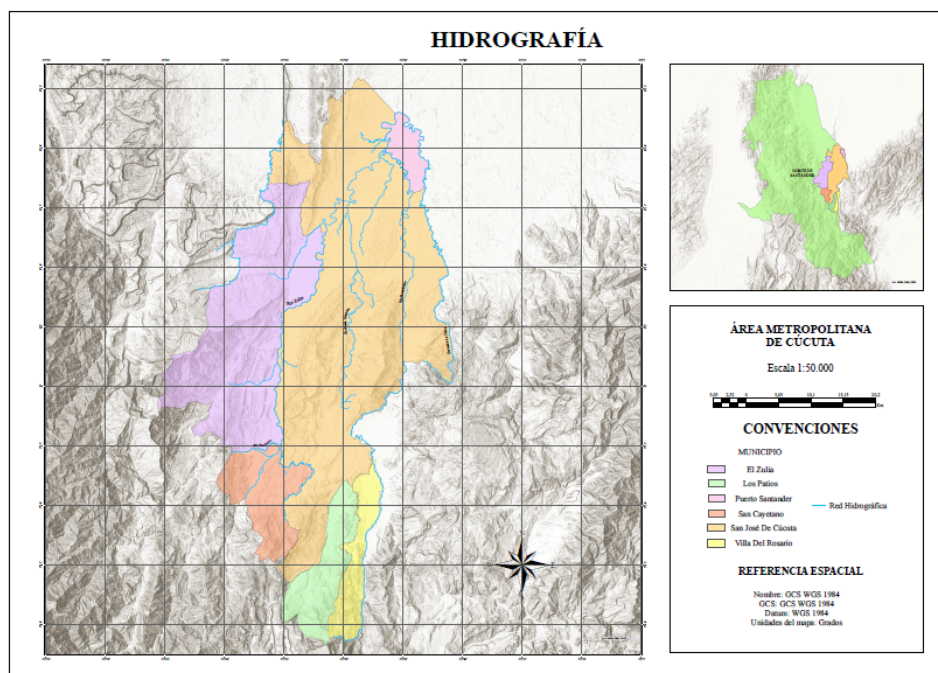
Hydrografía. Esta área metropolitana se encuentra en la zona hidrográfica del Caribe y tiene influencia de dos cuencas de tercer nivel. La cuenca del río Zulia, contiene al municipio de San Cayetano en su totalidad, y parcialmente a Cúcuta, El Zulia y Puerto Santander y la cuenca del río Pamplonita que abarca a Villa del Rosario y Los Patios, y parte de Puerto Santander y

Cúcuta (CORPONOR, 2018). Ambas unidades hidrográficas pertenecen a la cuenca Gran Zulia de II nivel y a la gran cuenca del Catatumbo (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA, 2020).

La cuenca del río Pamplonita tiene como principales afluentes a las quebradas El Volcán, Monteadentro, Batanga, Agua Blanca, Chiracosa, Iscala, La Honda, Toscalera, Faustiner y el río Táchira (CORPONOR, 2010). Mientras que la cuenca del río Zulia, tiene como principales tributarios a los ríos Pamplonita, Peralonso, Arboledas y Salazar (CORPONOR, 2018). Algunas de estas corrientes se presentan a continuación en la Figura 20.

Figura 20

Hidrografía Áreas Metropolitanas de Cúcuta



Nota: Elaboración propia a partir de ArcGis pro.

Como parte de la hidrografía de zona es necesario mencionar la unidad biogeográfica de Santurbán, que, aunque no se localiza puntualmente en los municipios que conforman esta área metropolitana, algunos de sus páramos son el lugar de nacimiento de quebradas y ríos que darán lugar a la red de drenaje descrita anteriormente, como en el caso del río Zulia. Del complejo de Santurbán resalta el PNR Sisavita, el PNR Santurbán – Salazar, el páramo del Almorzadero, y el

Páramo de Berlín que contribuye directamente al abastecimiento de las áreas metropolitanas de Bucaramanga y Cúcuta (CORPONOR, 2015).

Hidrogeología. En la cuenca del río Zulia las aguas subterráneas provienen de dos acuíferos, uno confinado y otro semiconfinado, y su uso es en un alto porcentaje para el abastecimiento doméstico, seguido del sector agropecuario en donde se utiliza para la irrigación de cultivos de arroz, palma africana y pasto para ganadería (CORPONOR, 2018).

En el Valle de Táchira se evidencia un acuífero inicialmente semiconfinado y luego libre, mientras que en el valle del río Pamplonita existe un acuífero semiconfinado en la zona denominada El Mosquito y al sur hay una serie de acuíferos libres, intervenidos por pozos y aljibes. Las aguas subterráneas extraídas de estas fuentes presentan altos grados de dureza y turbiedad, por lo que son tratadas para disminuir estos valores y garantizar seguridad microbiológica, para luego destinarse al uso doméstico (Servicio Geológico Colombiano SGC, s.f.).

Aprovechamiento del recurso hídrico. La demanda hídrica en la cuenca La Zulia, va encabezada por el sector industrial, seguido del agrícola, doméstico, pecuario y sector terciario y la oferta para todos los municipios de esta cuenca, tiene valores entre moderados y altos.

Para la cuenca del río Pamplonita, el sector que más demanda el recurso es el agrícola, seguido por el doméstico, pecuario e industrial. Al igual que para La Zulia, la oferta es suficiente para satisfacer los requerimientos de cada sector, dado que en el trayecto del río Pamplonita, se reciben las aguas de alrededor de 40 microcuencas, aunque el mayor incremento del caudal se ve cerca de su desembocadura, luego de la descarga de vertimiento del área metropolitana y de las curtiembres de las afueras de la ciudad, aunque estas contienen altas cargas contaminantes.

Calidad hídrica. De acuerdo con (CORPONOR, 2022), el 55% de los puntos de monitoreo de la cuenca Pamplonita presentan una calificación mala en cuanto a calidad hídrica, siendo consecuencia de actividades antrópicas como el vertimiento de aguas residuales de Pamplona, Pamplonita, Bochalema, Chinácota, Ragonvalia, Herrán, Los Patios y Cúcuta; obras de adecuación en el lecho del río y de infraestructura vial en la cuenca media; extracción de

materiales pétreos y de arrastre; vertimientos mineros; y desarrollo de actividad agropecuaria al margen de los ríos.

En la cuenca La Zulia, la contaminación hídrica se da en gran medida por las cargas provenientes del área metropolitana de Cúcuta, que llegan a través de vertimientos domésticos o sistemas de alcantarillado deficientes, así como por la falta de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales (CORPONOR, 2018). Según el (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA, 2020), las microcuencas del río Zulia se ubican en una categoría de fuerte contaminación y además cuentan con una alta presión de uso frente a la oferta hídrica que tiene. Este conflicto puede deberse a la cercanía con el municipio de Cúcuta.

3.4.4.5. Caracterización Hídrica del Área Metropolitana de Centro Occidente. El área metropolitana de Centro Occidente (AMCO), se localiza en el departamento de Risaralda, al costado occidental de la cordillera central de Los Andes. Se compone de tres municipios, como lo muestra la Figura 21: Pereira, Dosquebradas y La Virginia.

Hidrografía. El AMCO se ubica en la zona hidrográfica del Cauca, entre las cuencas del río de La Vieja y del río Otún. Dentro de la cuenca del río La Vieja se encuentran las subcuencas del río Barbas y el río Consotas, que son las de mayor importancia para el área metropolitana. Estas subcuencas están presentes en parte de Pereira.

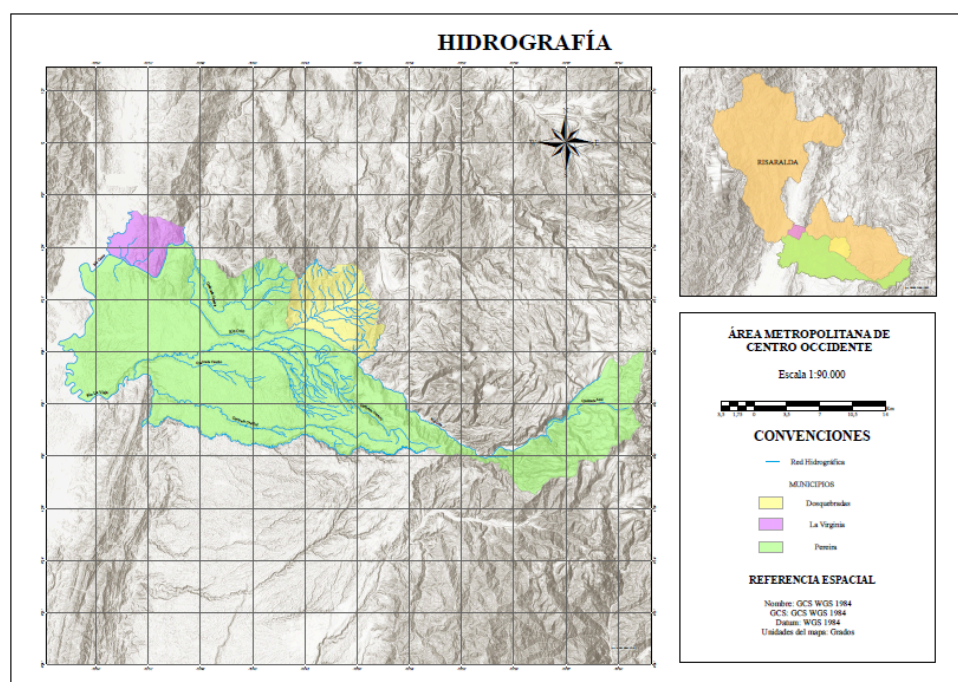
La cuenca del Otún abarca la otra parte de Pereira y Dosquebradas. El cauce principal de esta unidad hidrográfica es el río Otún, que nace en la laguna del mismo nombre en el parque de los Nevados, no obstante, hay otros afluentes de importancia en la cuenca como la quebrada Dosquebradas, el río San Juan, la quebrada San José, el río Barbo y el río Azul (CARDER, 2019). La red hídrica principal se observa en la Figura 21.

Dentro de los ecosistemas estratégicos para el área metropolitana se identifican los páramos del PNN de Los Nevados y del PNR Ucumarí (CARDER, 2019), que, aunque no está localizado en ninguno de los tres municipios, es el lugar del nacimiento del río Otún específicamente en la laguna del Otún.

Hidrogeología. En Dosquebradas existen acuíferos de productividad media, utilizados como fuente alterna para uso múltiple en el municipio (Municipio de Dosquebradas y secretaria de planeación, 2019).

Figura 21

Hidrografía Áreas Metropolitanas Centro-Occidente



Nota: Elaboración propia a partir de ArcGis pro.

De acuerdo con el POMCA de la cuenca La Vieja, el inventario de puntos de captación para esta zona muestra que hay un manantial, 1440 aljibe y 75 pozos, siendo los usos domésticos, agropecuarios, industriales y recreativos, a los que se destinan las aguas subterráneas (Consortio Pomca Quindío, 2018).

Aprovechamiento del recurso hídrico. La demanda hídrica en la cuenca del río Otún se da en primer lugar para uso industrial, seguido del consumo humano, la acuicultura, uso agropecuario, estético y recreativo. En la zona metropolitana, el índice de uso del agua muestra un riesgo por la alta presión sobre la disponibilidad hídrica, como consecuencia de las captaciones para el abastecimiento de las ciudades de Pereira y Dosquebradas, y para la generación energética (CARDER, 2019). Así mismo, la subcuenca Barbas tiene un nivel muy

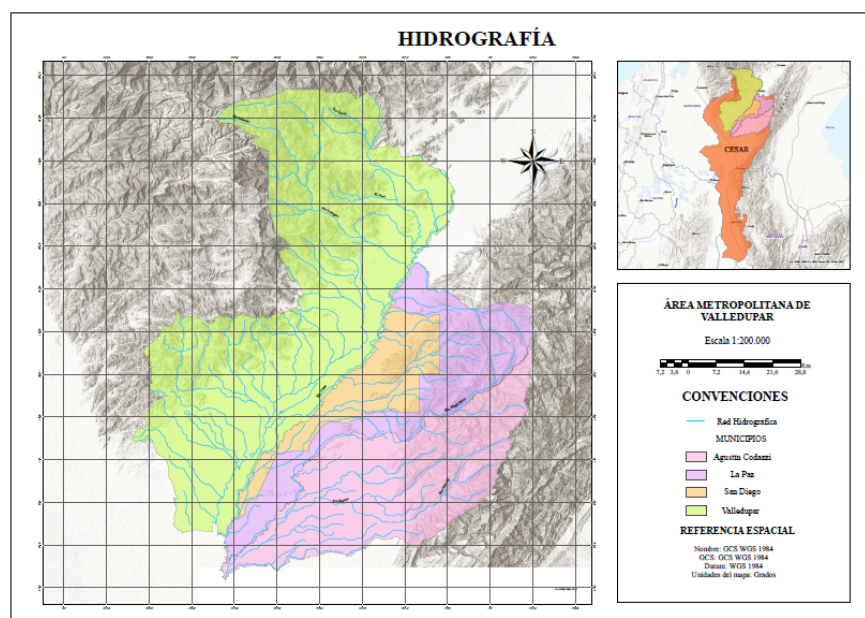
alto en el índice de uso de agua, tendiendo a agotar rápidamente sus reservas para suplir la demanda actual (Consortio Pomca Quindío, 2018).

Calidad hídrica. En la cuenca del río La Vieja, las corrientes presentan deterioro por diversas fuentes de contaminación como los vertimientos directos de aguas residuales domésticas, aguas mieles y subproductos pecuarios y agroindustriales. El río Consotas es de los más afectados por vertimientos de aguas residuales domésticas procedentes de la ciudad de Pereira, y tanto este como el río Barbas, son altamente susceptibles a la contaminación, en especial con caudales bajos (Consortio Pomca Quindío, 2018). De igual forma, en la cuenca del Otún, entre los cascos urbanos de Pereira y Dosquebradas, hay alta vulnerabilidad a la contaminación hídrica, por el aporte del sistema de alcantarillado municipal, las actividades industriales de beneficio de café y las plantas de sacrificio (CARDER, 2019).

3.4.4.6. Caracterización Hídrica del Área Metropolitana de Valledupar. El área metropolitana de Valledupar se localiza en la zona norte del departamento del Cesar, en la región Caribe de Colombia, y se compone de 5 municipios: Valledupar, La Paz, San Diego, Manaure, Balcón del Cesar y Agustín Codazzi.

Hidrografía. Las principales cuencas presentes en esta área metropolitana son la cuenca del río Guatapurí, que contiene el 86% del municipio de Valledupar (CORPOCESAR, 2017); la cuenca del río Chiriaimo y el río Manaure, que contiene la totalidad del municipio de Manaure, el 31,2% de La Paz y el 1,6% de San Diego (CORPOCESAR, 2019); la cuenca del río medio Cesar que incluye parte de Valledupar y de La Paz; y la cuenca del río Magiriaimo que incluye a Agustín Codazzi.

El POMCA de la unidad hidrogeológica del medio Cesar se encuentra en proceso de formulación, mientras que el del río Magiriaimo está en ajuste de su fase diagnóstica. Los cauces más importantes para esta área metropolitana se presentan en la Figura 22, siendo algunos los ríos Cesar, Guatapurí, Chiriaimo y Manaure, además de microcuencas abastecedoras como la localizada entre Valledupar y Pueblo Bello.

Figura 22*Hidrografía Áreas Metropolitanas de Valledupar*

Nota: Elaboración propia a partir de ArcGis pro.

Algunos ecosistemas estratégicos que resaltan por su importancia hídrica son los del PNR Serranía del Perijá y la Reserva Natural de la Sociedad Civil RNSC Los Tananeos, pues ambas zonas brindan servicios ecosistémicos de regulación de caudales y de ciclos hidrológicos (CORPOCESAR, 2019). El cordón Páramo de Perijá, que pasa por los municipios de Agustín Codazzi, La Paz, San Diego y Manaure Balcón del Cesar, dreña sus aguas hacia la cuenca del río Cesar y la cuenca del Catatumbo, siendo de importancia también para el AMC. Esta serranía alimenta el complejo cenagoso de Zapatosa y el río Magdalena, y dentro de los muchos cauces que nacen en este punto se encuentra el río Manaure (Aguilera Díaz, 2016).

Hidrogeología. El sistema acuífero Cesar tiene jurisdicción sobre los municipios del área metropolitana de Valledupar, y contiene agua subterránea en condiciones libres, de semiconfinamiento y confinamiento. En el sistema existen unidades hidrogeológicas tipo A1 de alta y moderada productividad, y tipo A3, de baja y muy baja productividad (CORPOCESAR, 2019). De acuerdo con (CORPOCESAR, 2019), los análisis físicoquímicos muestran que estas fuentes pueden ser utilizadas con fines agrícolas, doméstico, de recreación y preservación de

fauna y flora, y deben ser tratadas antes de usarse para consumo humano, a excepción de las aguas subterráneas de los municipios de La Paz y San Diego, que por su alta salinidad y conductividad se limita su uso para riego y abrevadero de animales.

Existen cerca de 320 aljibes y 30 pozos explotando este sistema, además de afloramientos naturales como los humedales El Eneal y María Camila en Valledupar. Los usos principales a los que se destina el agua extraída son el consumo doméstico, agropecuario y la explotación de carbón a cielo abierto.

Aprovechamiento del recurso hídrico. Para el abastecimiento de los municipios de San Diego y La Paz, los acueductos captan las aguas del río Chiriaimo, mientras que, para el municipio de Manaure, el agua es tomada del río Manaure (CORPOCESAR, 2019). En el caso de Valledupar, la empresa de servicios públicos de Valledupar EMDUPAR S.A. tiene un caudal concesionado en el río Guatapurí.

El índice de uso del agua, que relaciona la demanda y la oferta hídrica existente, muestra que, para la zona, la presión sobre el recurso hídrico en términos de disponibilidad es muy baja, y solo en pocas microcuencas se ve un nivel del índice alto respondiendo a la captación de agua para el abastecimiento de La Paz y San Diego (CORPOCESAR, 2019). Igualmente, la microcuenca abastecedora del acueducto de Valledupar presentó un índice de uso de agua bajo, ya que la intervención para la captación de agua es muy leve (CORPOCESAR, 2017).

Calidad hídrica. La calidad de estas corrientes se ve deteriorada por el vertimiento de aguas residuales domésticas y no domésticas, en parte por la deficiencia en la cobertura de los servicios de alcantarillado y saneamiento. Otras contribuciones de carga contaminante sobre los cauces de la cuenca se dan por la escorrentía de aguas con agroquímicos en zonas de producción agropecuaria, las aguas utilizadas para actividades turísticas, y las usadas en la extracción minera (CORPOCESAR, 2019).

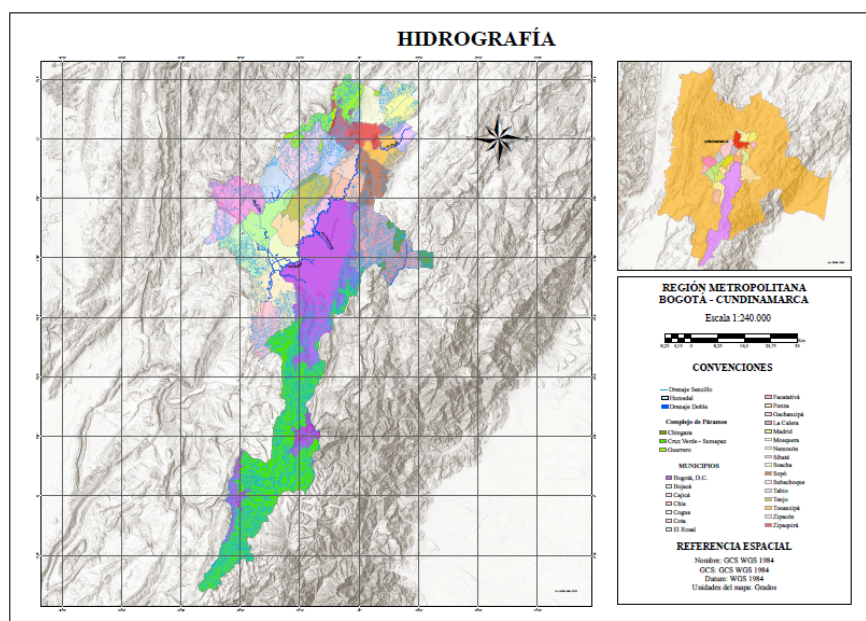
3.4.4.7. Caracterización Hídrica del Área Metropolitana de Bogotá-Cundinamarca.

Como lo indica su nombre, esta área metropolitana se localiza en el departamento de Cundinamarca, al centro del país en el altiplano Cundiboyacense, y se compone de 23 municipios, incluyendo el distrito capital, Bogotá.

Hidrografía. Esta área se ubica sobre la cuenca de II orden del río Bogotá, que contiene la totalidad de los municipios del área metropolitana, incluyendo al distrito capital, y a 23 municipios más. El cauce principal de la cuenca es el río Bogotá, que nace en Villapinzón, recorre Cundinamarca en dirección noreste a sureste, y desemboca en el Magdalena a la altura de Girardot. En su red de drenaje hay 13 tributarios principales, además de quebradas, lagunas y humedales. Las corrientes principales se observan en la Figura 23 y destacan los ríos Tunjuelo, Neusa, Frío, Balsilla, Apulo, Soacha, Negro y Chicú. Las represas principales son las de Neusa, Tominé, el Sigsa, San Rafael y El Muña. Y la red de humedales, que está presente generalmente en varios municipios, pero en gran medida en el distrito, incluye a los humedales Córdoba, Juan Amarillo, La Conejera, Chicú y Jaboque, que también son tributarios del río Bogotá (Consortio Huitaca, 2017).

Figura 23

Hidrografía Región Metropolitana Bogotá - Cundinamarca



Nota: Elaboración propia a partir de ArcGis pro.

En cuanto a los ecosistemas de páramo de esta cuenca, destaca el páramo de Guacheneque en donde nace el río Bogotá, los páramos de Guerrero, del altiplano Cundiboyacense, de Chingaza, Rabanal y río Bogotá, Laguna de Guatavita – Cerro Peñas Blancas, Laguna Verde y Bejucales. Los ecosistemas subpáramos de estos complejos y los cerros de Mongua, Santuario y Astorga de Nemocón (Consortio Huitaca, 2017).

Hidrogeología. En la cuenca se halla el sistema de acuíferos Sabana de Bogotá, que contiene los acuíferos libres y semiconfinados a confinados de Sabana, Guadalupe y Formación Tilatá. Algunos de estos sistemas son altamente productivos, por lo que acueductos municipales utilizan pozos para la extracción de agua de los acuíferos cretácicos, que están a profundidad mayores a los 500 m, para abastecer a la población de la sabana – centro occidente (Consortio Huitaca, 2017).

Otros usos que se le da a las aguas subterráneas en la cuenca son abrevadero de animales, agricultura, uso doméstico y pecuario, y el riego. De acuerdo con el POMCA del río Bogotá (2017), los acueductos municipales del área metropolitana que más aguas subterráneas consumen anualmente son: Mosquera, Funza, Tenjo, Madrid y Cota.

Aprovechamiento del recurso hídrico. En la cuenca del río Bogotá, la mayor demanda hídrica corresponde al uso doméstico, seguido del agrícola, industrial y pecuario. En cuanto a la relación entre oferta y demanda hídrica, el índice de uso de agua muestra que hay una presión muy alta sobre el recurso, lo que ha sido solventado implementando los trasvases desde las subcuencas que tienen más embalses hacia las zonas con mayor demanda (Consortio Huitaca, 2017).

Calidad hídrica. La red de calidad hídrica de la CAR tiene establecidas 89 estaciones para el monitoreo, distribuidas en la corriente principal, tributarios y vertimientos. De esta manera ha identificado que la mayor contaminación se presenta en las subcuencas de Soacha, Tunjuelito y el sector Tibitoc-Soacha. Así mismo, se encontró que la mayor presión se da por los vertimientos domésticos e industriales, recordando que en esta área metropolitana se desarrolla una parte importante de la actividad económica del país, por lo que hay industrias manufactureras de

cueros, textiles, alimentos, productos de limpieza, farmacéuticos, entre otros, que vierten sus residuos líquidos directamente al alcantarillado o a las corrientes hídricas de la cuenca (Consortio Huitaca, 2017).

3.4.4.8. Resumen de Caracterización Hídrica Áreas Metropolitanas. En la Tabla 17 se presenta el resumen general de los recursos hídricos existentes en cada uno de los territorios describiendo criterios como la localización geográfica, los municipios, las cuencas y subcuencas, los ecosistemas estratégicos, la hidrología entre otros factores.

Tabla 17

Resumen Hidrografía Áreas Metropolitanas de Colombia

Descripción	ÁREA METROPOLITANA						
	AM del Valle de Aburrá (AMVA)	AM de Barranquilla (AMBQ)	AM de Bucaramanga (AMB)	AM de Cúcuta (AMC)	AM de Centro occidente (AMCO)	AM de Valledupar (AMV)	AM de Bogotá-Cundinamarca
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	Cordillera central de los Andes, en el departamento de Antioquia	Vértice nororiental del departamento de atlántico, delimitando al norte con el mar caribe al oriente con el río Magdalena	Occidente de la cordillera oriental de los Andes, en el departamento de Santander	Oriente de la cordillera oriental de los Andes, en el departamento de Norte de Santander	Occidente de la cordillera central de los Andes, en el departamento de Risaralda	Zona norte del departamento del Cesar, en la región Caribe de Colombia.	Centro del país en el altiplano Cundiboyacense, en el departamento de Cundinamarca.
MUNICIPIOS QUE LA COMPONENTEN	Barbosa, Bello, Caldas, Copacabana, Envigado, Girardota, Itagüí, La estrella, Medellín y Sabaneta	Barranquilla, Soledad, Malambo, Puerto Colombia, Galapa	Bucaramanga, Floridablanca, Girón, Piedecuesta	Cúcuta, Los patios, Pamplona, Villa del Rosario, San Cayetano, El Zulia	Pereira, Dosquebradas, La Virginia	Valledupar, La Paz, San Diego, Manaure, Agustín Codazzi	Bogotá, Bojacá, Cajicá, Chía, Cogua, Cota, El Rosal, Facatativá, Funza, Gachancipá, La Calera, Madrid, Mosquera, Nemocón, Sibaté, Soacha, Sopó, Subachoque, Tabio, Tenjo, Tocancipá, Zipacón, Zipaquirá.
CUENCAS Y SUBCUENCAS PRINCIPALES	Cuenca del río Aburrá, que se subdivide en 68 subcuencas y 239 microcuencas, de las cuales 218 están bajo la	La cuenca Magdalena, la cuenca mallorquin y la cuenca del Mar Caribe	Cuenca del río alto Lebrija, la cual se compone de 5 subcuencas: Lebrija alto, río Oro, río Suratá, Rionegro y río Salamaga	Cuenca del río Zulia y Cuenca del río Pamplonita. Ambas pertenecientes a la cuenca Gran Zulia de II nivel y a la gran cuenca	Cuenca del río La Vieja y cuenca del río Otún	Cuenca del río Guatapurí, cuenca del río Chiriamo y el río Manaure, cuenca del río medio Cesar y la cuenca del	Cuenca del río Bogotá

	jurisdicción del AMVA.		del Catatumbo	del río Magiriaimo			
CAUCES PRINCIPALES	Río Aburrá o río Medellín	Río Magdalena. Arroyos Caracolí, León y Hondo.	Ríos Tona, Surata, Frío y Oro. Y el río Sogamoso que bordea el costado sur de Girón.	Ríos Zulia, Pamplonita, Peralonso, Arboledas y Salazar.	Los ríos Otún, Barbo y Azul, y las quebradas Dosquebradas y San José	Ríos Cesar, Guatapurí, Chirriaimo y Manaure	Río Bogotá, que tiene 13 tributarios principales y destacan los ríos Tunjuelo, Neusa, Frío, Balsilla, Apulo, Soacha, Negro y Chicú
ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS	Complejo de Páramos de los cerros metropolitanos: páramo Las Baldías, Padre Amaya, y Alto de San Miguel.	Sistema de Ciénagas, siendo las principales las de Mallorquín, Los Manatíes, La Virgen, El Salado, Malambo, La Bahía y La Islita. Otros ecosistemas estratégicos son los manglares, las playas y el bosque seco.	Sistema de humedales del DMI Humedal El Pantano Angula Alta. Y el Páramo de Berlín, aunque ubicado en Norte de Santander, es en donde nacen muchas de las corrientes que abastecen esta área.	El Páramo de Berlín, así como otros del complejo Santurbán, contribuye directamente a la formación de la red hídrica que abastece el área metropolitana de Cúcuta.	Los páramos del PNN de Los Nevados y del PNR Ucumarí que no están localizados en el área metropolitana, pero es el lugar de nacimiento del río Otún.	Ecosistemas del PNR Serranía del Perijá y la Reserva Natural de la Sociedad Civil RNSC Los Tananeos, y el Cordón Páramo de Perijá.	Sistema de humedales en varios municipios y a nivel de distrito, en donde destacan los humedales Cordoba, Juan Amarillo, La Conejera, Chicú y Jaboque. También posee ecosistemas páramo como los de Guacheneque, Chingaza, y Rabanal.
HIDROGEOLOGÍA	Un acuífero libre y uno semiconfinado. Están inventariados 172 puntos de captación, aunque los caudales pequeños no permiten que el agua subterránea sea una fuente alterna para el abastecimiento de los habitantes del área metropolitana.	En las tres cuencas existen fuentes de agua subterránea cuyo uso principal es el doméstico, abrevadero de ganado e irrigación de cultivos. Las fuentes del norte de Barranquilla son las más vulnerables a la contaminación.	Se han identificado sistemas de acuíferos entre los que resalta el Acuífero Superior de la Meseta de Bucaramanga. El uso principal de estas aguas es para lavado de autos y la industria.	En estas cuencas se hallan acuíferos semiconfinados y confinados, y sus aguas presentan altos grados de dureza y turbiedad. El uso principal que se les da a estas aguas es el doméstico y agropecuario.	En Dosquebradas hay acuíferos de productividad media, utilizados como fuente alterna para uso múltiple en el municipio. En la cuenca La Vieja las aguas subterráneas son para uso doméstico, agropecuario, industrial y recreativo.	El sistema acuífero Cesar es el que tiene jurisdicción sobre los municipios del área metropolitana de Valledupar. Los usos que pueden darse a estas aguas son agrícola, doméstico, de recreación y preservación de fauna y flora, y deben ser tratadas antes de usarse para consumo humano.	El sistema de acuíferos Sabana de Bogotá tiene algunos altamente productivos, por lo que varios acueductos municipales los utilizan para abastecer a la población de la sabana – centro occidental.
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO	El abastecimiento hídrico del AMVA depende de cuencas aledañas por la alta presión antrópica que hay en su red	Las cabeceras municipales se abastecen principalmente del río Magdalena. En el Departamento hay un	En los ríos Tona, Surata, Frío y Oro hay una alta presión en cuanto a disponibilidad, por lo que el índice de vulnerabilidad	En la cuenca del río Zulia, la mayor demanda es por parte del sector industrial, luego el agrícola, doméstico,	La demanda hídrica se da en primer lugar para uso industrial, seguido del consumo humano, la acuicultura,	La presión sobre la disponibilidad hídrica en Valledupar, Manaure y Agustín Codazzi es muy baja,	La mayor demanda hídrica corresponde al uso doméstico, seguido del agrícola, industrial y pecuario. Hay una presión

	hídrica. La mayor demanda de agua es por parte del sector energético, seguido de la industria, sector pecuario, doméstico, agrícola, minero, servicios y recreación.	déficit hidrológico por el régimen climático, que empeora con el desarrollo de actividades como el desecamiento de ciénagas o la desconexión de corrientes.	d muestra un nivel medio para satisfacer la demanda con la oferta existente.	pecuario y de servicios. Mientras que en la cuenca del río Pamplonita, el sector agrícola representa la mayor demanda, seguido del doméstico, pecuario e industrial.	uso agropecuario, estético y recreativo. El AMCO ejerce una alta presión sobre la disponibilidad del recurso hídrico.	mientras que en las microcuencas que abastecen a la Paz y San Diego, hay una presión alta.	muy alta sobre la disponibilidad hídrica, por lo que se ha optado por el trasvase desde subcuencas con más embalses hacia las subcuencas con mayor demanda.
CALIDAD HÍDRICA	Las principales causas de degradación de la calidad hídrica son: los vertimientos directos de aguas residuales de origen doméstico, agropecuario, industrial y minero. Malas prácticas de manejo y disposición de residuos sólidos. El funcionamiento inadecuado de los pozos sépticos. Y los lodos generados por los sistemas de tratamiento de aguas residuales.	Las principales causas de degradación de la calidad hídrica son: vertimientos líquidos y sólidos desde zonas rurales y descarga de aguas residuales crudas.	El índice de calidad muestra niveles de regular, inadecuado y pésimo. Las principales causas de degradación de la calidad hídrica son los vertimientos pecuarios y domésticos.	La principal fuente de contaminación de la red hídrica es por aguas residuales del área metropolitana de Cúcuta y otros municipios, a través de vertimientos directos de las aguas domésticas y sistemas de alcantarillado deficientes.	En la cuenca del río La Vieja, las corrientes presentan deterioro por vertimientos directos de aguas residuales, agropecuarias y aguas mieles. En la cuenca del Otún, hay alta vulnerabilidad a la contaminación por el aporte del sistema de alcantarillado municipal, las actividades industriales de beneficio de café y las plantas de sacrificio.	La calidad de estas corrientes se ve deteriorada por el vertimiento de aguas residuales domésticas y no domésticas, deficiencia en los servicios de alcantarillado y saneamiento, escorrentía de agroquímicos, y aguas utilizadas en extracción minera y en actividades turísticas.	La mayor contaminación se presenta en las subcuencas de Soacha, Tunjuelito y el sector Tibitoc-Soacha, y es producto de vertimientos domésticos e industriales, en especial de este último sector por la amplia actividad económica que se desarrolla en esta área.

Nota: Elaboración propia.

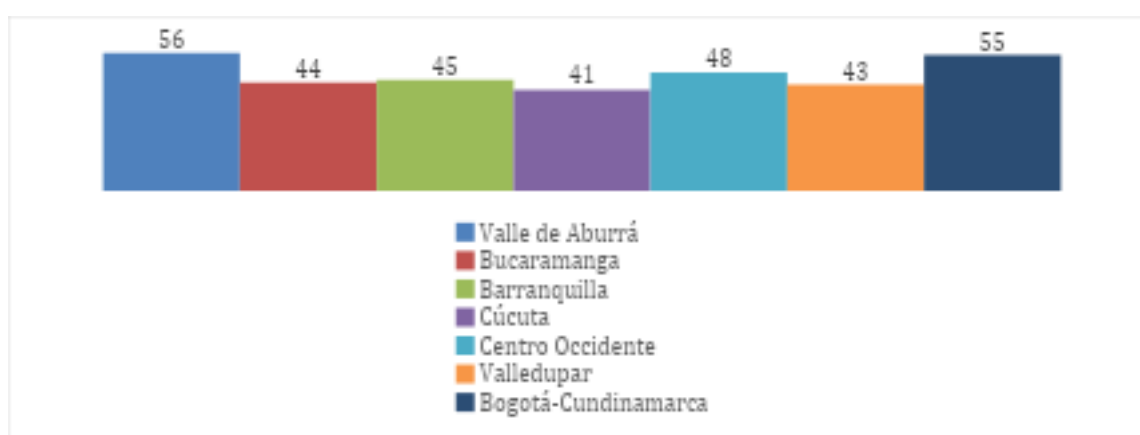
3.4.5. Planificación Hídrica en Áreas Metropolitanas de Colombia

Luego de la aplicación, consolidación y análisis del instrumento de recolección de información se establecen los siguientes resultados que determinan el estado actual de las variables foco de estudio de este proyecto y que representan la apuesta de las áreas metropolitanas de Colombia a la protección del recurso hídrico en su esquema de planificación.

Como se manifiesta en el diseño metodológico el instrumento de medición (lista de chequeo) contrasta las variables de estudio con documentos de planificación territorial como lo son el Plan Estratégico Metropolitano de Ordenamiento Territorial (PEMOT) y el Plan Integral de Desarrollo Metropolitano (PIDM) estos documentos junto con los informes de gestión e información de otros entes ambientales territoriales son las fuentes principales de información para los resultados que se presentan a continuación.

Figura 24

Valoración de la Planificación Hídrica en Áreas Metropolitanas



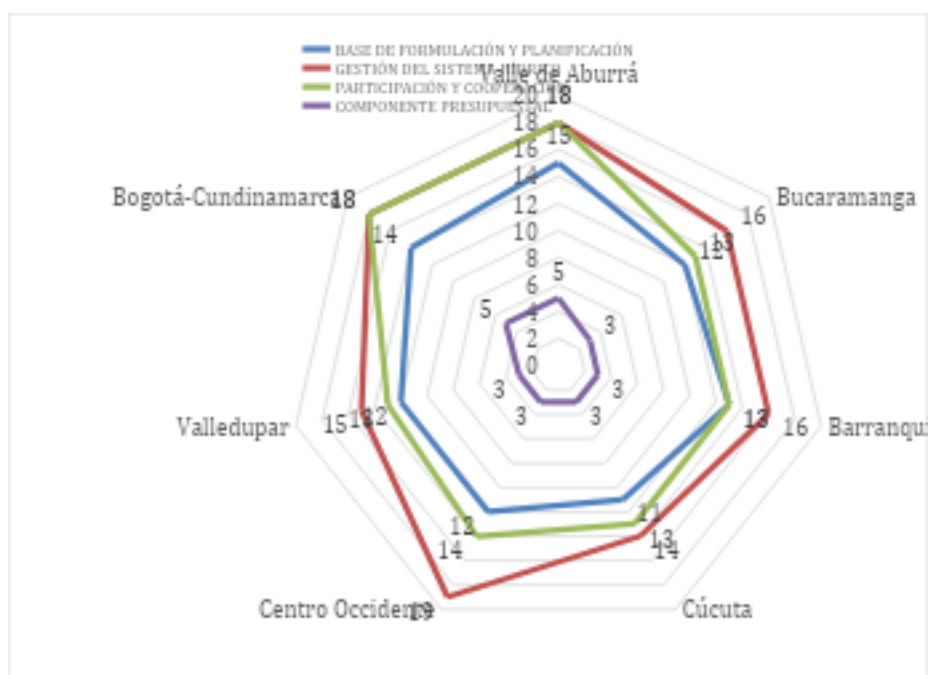
Nota: Elaboración propia a partir de información del proyecto.

La planificación hídrica tiene como guía la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) y el Plan Hídrico Nacional, el proceso promueve la gestión del recurso como bienestar del ser humano sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas, este mismo principio rige a las áreas metropolitanas y con respecto a la valoración general realizada y su correlación con la planificación hídrica del territorio se tiene que de una escala de 14 a 75 puntos las áreas metropolitanas del Valle de Aburrá y Bogotá-Cundinamarca lideran estos procesos mientras que Cúcuta y Valledupar son las de menor valoración, cabe resaltar que las AM con mayor puntaje son las principales ciudades del país donde se centra gran parte de la gestión en Colombia, sin embargo este resultado manifiesta una particularidad por un lado el AM de Aburrá es el área constituida más antigua mientras que Bogotá-Cundinamarca es la más reciente (Figura 25). En general se manifiesta que el modelo de planificación no cumple con una puntuación perfecta y

que el rango promedio de cumplimiento está en un 65%, esto deja ver un margen de oportunidad de mejora en los factores relevantes de planificación.

Figura 25

Factores de Medición por Área Metropolitana

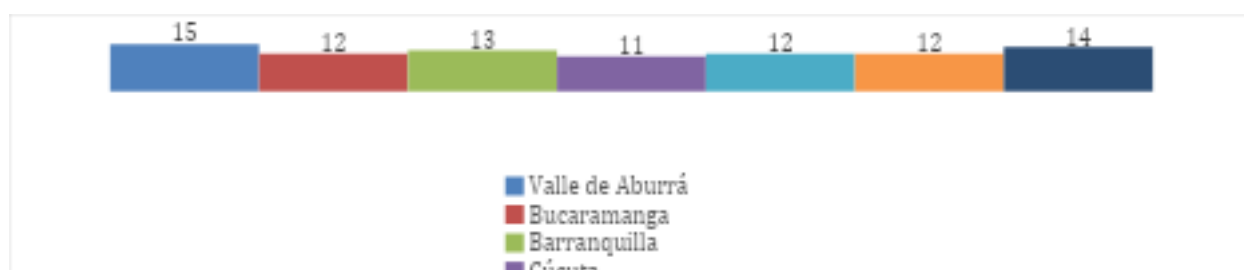


Nota: Elaboración propia a partir de información del proyecto.

En la Figura 26 se manifiesta la valoración general de factores de cada una de las 7 áreas metropolitanas estudiadas y la correlación entre la planificación, la gestión, el presupuesto y la participación de los actores involucrados. La gráfica refleja un liderazgo del área metropolitana del Valle de Aburrá (la más antigua) mientras que Bogotá (la más reciente) se apoya en proyectos previos como Bogotá ciudad región.

Figura 26

Base de Formulación y Planificación



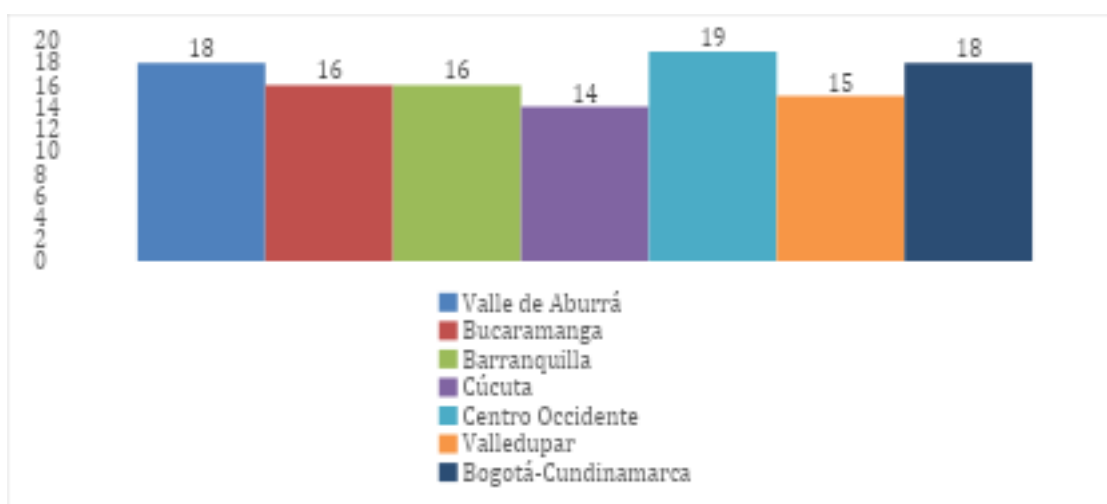
Nota: Elaboración propia a partir de información del proyecto.

El modelo planteado define un primer factor de valoración que es la base de formulación y planificación, este factor se relaciona con elementos como la pertinencia de los planes hídricos en contextos internacionales, nacionales y territoriales de sostenibilidad, esto quiere decir si los documentos de planeación incluyen principios globales de protección del agua y lineamientos normativos y de ley (Figura 27).

Este factor involucra 8 variables dentro de una escala de 4 a 16 puntos donde encontramos liderando al AM de Aburrá y Bogotá-Cundinamarca mientras que el resto de AM mantienen un promedio de 12 puntos, en este factor se visualiza una valoración alta ya que los lineamientos de ley de las áreas metropolitanas establece unos criterios específicos que deben cumplir el PEMOT y el PIDM, esto hace que el proceso de planificación tiendan al cumplimiento de los elementos mínimos exigidos, sin embargo se puede percibir un bajo enlace entre los planes y la gestión o alcance de objetivos.

Figura 27

Gestión del Sistema Hídrico



Nota: Elaboración propia a partir de información del proyecto.

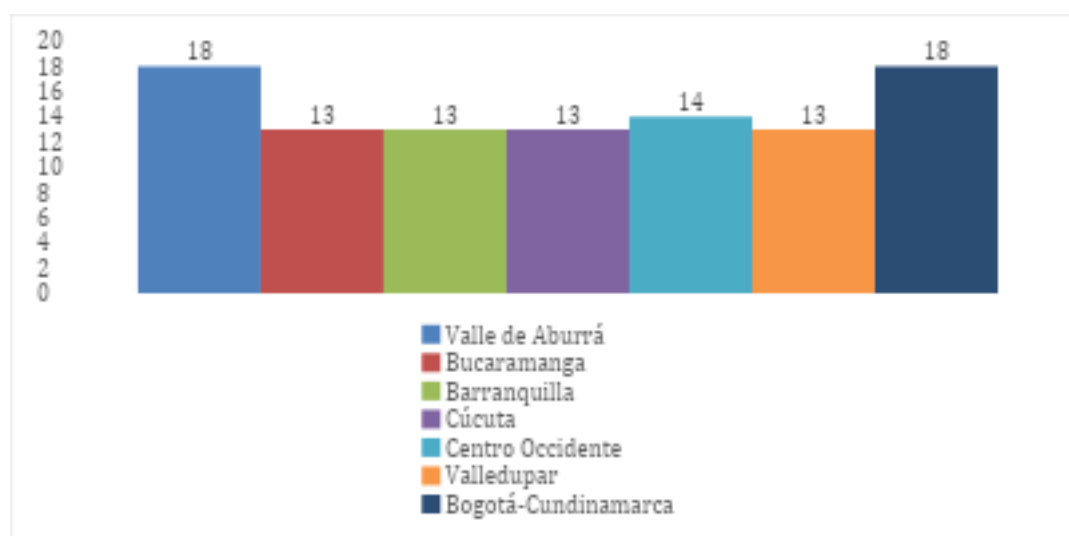
Este factor está compuesto por 7 variables con una escala de 5 a 25 puntos y valora elementos como la gobernanza del agua, el cambio climático, el manejo de ecosistemas, el cumplimiento regulatorio entre otras elementos, en los resultados encontramos liderando aquellas AM donde su contexto ecosistémico es de mediano impacto y su gestión es correlacionada con la

administración de corto plazo mientras que áreas metropolitanas que atienden áreas de protección, páramos o reservas naturales tienden a tener falencias en este factor esto quiere decir que existe una gran diferenciación entre la gestión de reservas de alto valor y los entornos naturales urbanos y rurales (Figura 28).

También se identifica que aquellas áreas metropolitanas que tienen un margen presupuestal superior y una estructura administrativa robusta manifiestan proyectos que no solamente atienden urgencias sino también proyectos a futuro de beneficio común.

Figura 28

Participación y Cooperación



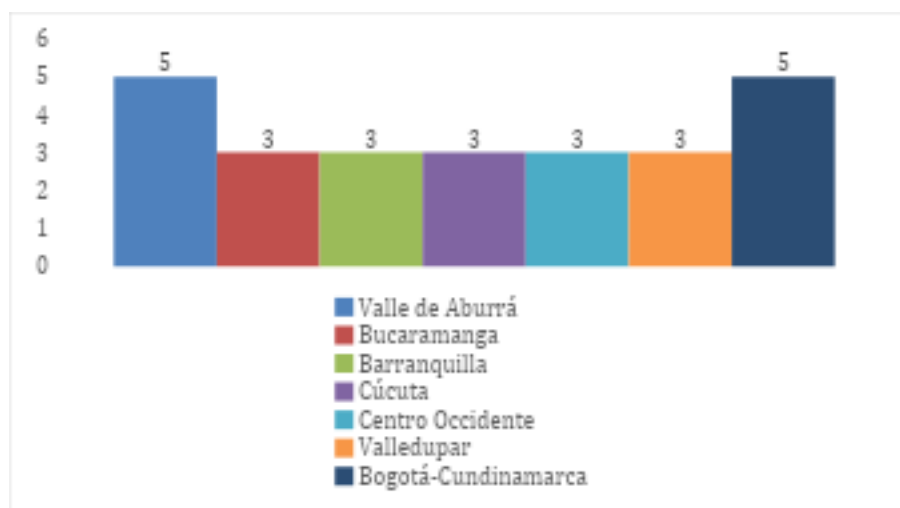
Nota: Elaboración propia a partir de información del proyecto.

Este factor de cooperación y participación se focaliza en la participación de los stakeholders en los procesos de planificación del territorio e involucra 7 variables de medición de actores públicos, privado, ONG, sociedad civil y comunidad en general, la valoración del factor está entre 5 a 25 puntos y la tendencia de los resultados manifiestan un liderazgo de las AM del Valle de Aburrá y Bogotá-Cundinamarca, sin embargo lo que se puede evidenciar en esta valoración es que la participación es reducida y que los tiempos de entrega y los requerimientos del proceso limitan el espacio de socialización y aporte social, para resaltar se encontró que las fuentes principales de información se obtiene de entes como las corporaciones regionales o procesos de planificación local (municipal) donde se promulga la participación social mientras

que a nivel territorial el volumen de participación es de instituciones gubernamentales de diferentes niveles dentro de un proceso regular administrativo (Figura 29).

Figura 29

Componente Presupuestal



Nota: Elaboración propia a partir de información del proyecto.

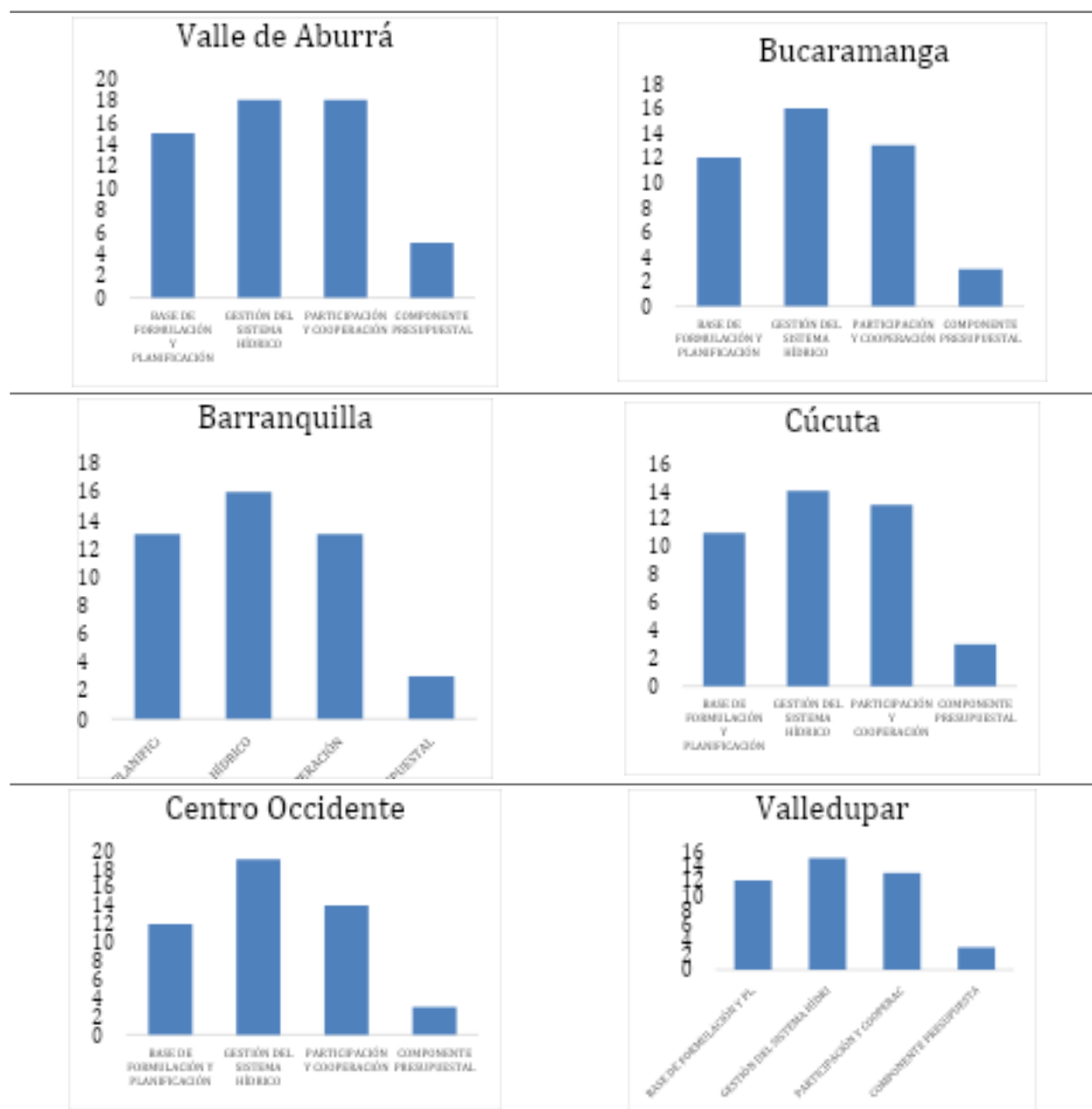
En el factor presupuestal encontramos 7 variables entre 0 y 7 puntos donde se valoran elementos como los planes de inversión, los presupuestos, la política fiscal, la ejecución, las fuentes de financiamiento, etc. al igual que en los anteriores resultados encontramos que las principales ciudades del país donde se centra un número representativo de población, empresas y negocios brindan los escenarios más optimistas en cuanto presupuestos de inversión sin embargo esto no quiere decir que los proceso de ejecución sean los más destacados ya que de la misma forma se identifican falencia en la ejecución de obras y proyectos (obras inconclusas, obras abandonadas, problemas legales, inconformidad social, entre otros factores) (Figura 29).

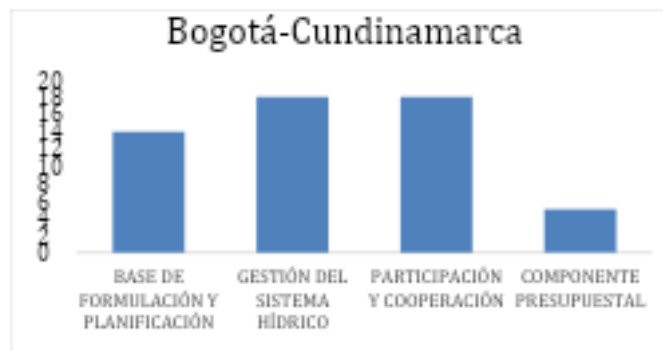
Se debe resaltar que algunos proyectos desarrollados en las AM manifiestan la no pertinencia con las problemáticas regionales o con lo establecido en los planes de desarrollo, se tipifica la ejecución de proyectos por conveniencia o cuota política factores que no benefician el enfoque de sostenibilidad en estos territorios.

La Tabla 18 consolida la valoración por factores y áreas metropolitanas y evidencia el comparativo entre los territorios, como elementos generales a destacar podemos definir los siguientes:

Tabla 18

Área Metropolitana por Factor





Nota: Elaboración propia a partir de información del proyecto.

3.5. Redacción de Resultados y Discusión

En este aparte se mostrarán algunos de los principales hallazgos que permiten contextualizar los resultados obtenidos con las tendencias teóricas y las problemáticas que dieron base a esta investigación.

El proceso de caracterización desarrollado manifiesta que las áreas metropolitanas en Colombia representan simultáneamente núcleos hídricos estratégicos y centros de desarrollo económico nacional. Los datos analizados se alinean con los datos del DNP, 2018; Naciones Unidas, 2022) donde se manifiesta que en dichos territorios se concentra cerca del 75 % de la población urbana y más del 80 % del Producto Interno Bruto (PIB) del país, lo que refleja su papel determinante en la competitividad y la productividad nacional. Sin embargo, esta concentración poblacional y económica ejerce una presión creciente sobre los ecosistemas acuíferos, ya que se estima que 391 municipios colombianos enfrentan riesgo de escasez de agua y más de un tercio de la población presenta dificultades en el suministro continuo del recurso (World Bank, 2020). Este doble escenario convierte al agua en un factor crítico de sostenibilidad para las metrópolis, pues su seguridad hídrica no solo garantiza la preservación ambiental y la calidad de vida de millones de habitantes, sino también la continuidad de los procesos productivos e industriales que sostienen gran parte de la economía nacional.

De acuerdo con el análisis correlacional realizado, las variables de mayor incidencia en la planificación hídrica metropolitana corresponden a la gobernanza institucional, la sostenibilidad ambiental y la presión demográfica y económica de las áreas metropolitanas. La primera revela

que la fragmentación y la débil articulación entre municipios y entes metropolitanos limitan la eficacia de los planes integrales y estratégicos, reproduciendo una gestión sectorial sin visión de cuenca ni de región. La segunda muestra que, aunque los marcos normativos nacionales y los ODS posicionan el agua como eje transversal del desarrollo, la inclusión de criterios de sostenibilidad en los instrumentos metropolitanos sigue siendo parcial y poco vinculante y finalmente, las variables demográfica y económica reflejan la persistencia del modelo centro-periferia, donde el crecimiento urbano-industrial intensifica la sobreexplotación de fuentes y la degradación ecosistémica. Estas tendencias confirman la tensión entre competitividad económica y sostenibilidad hídrica, pero también refuerzan la necesidad de avanzar hacia modelos integrados de planificación que, con base en la gobernanza colaborativa, incorporen indicadores prospectivos y garanticen resiliencia frente al cambio climático y las dinámicas de urbanización acelerada.

El análisis correlacional y la aplicación de la lista de chequeo de planificación hídrica permitieron identificar las brechas de gestión existentes en las áreas metropolitanas, revelando un panorama crítico en cuanto a la articulación de políticas y la efectividad de los instrumentos institucionales. Tal como lo muestran las gráficas de valoración, en promedio las áreas metropolitanas alcanzaron apenas un 55% de cumplimiento en los factores de planificación hídrica (Figura 24), con especial rezago en componentes como la participación y cooperación interinstitucional, que no superó el 40% (Figura 25), y en el componente presupuestal, donde varias regiones no sobrepasan el 35% (Figura 26). Estos datos reflejan que, si bien existe una base normativa común sustentada en la Ley 1625 de 2013 y los lineamientos nacionales de sostenibilidad, en la práctica se manifiesta una fragmentación en la gestión metropolitana, mientras el Valle de Aburrá presenta avances superiores al 70% en la integración del recurso hídrico en sus planes (Figura 25), territorios como Valledupar y Cúcuta muestran rezagos significativos que no superan el 40%. Esto evidencia la necesidad de fortalecer una unificación de políticas de gestión metropolitana que garantice estándares mínimos de protección y eficiencia hídrica, sin desconocer las particularidades regionales que exigen respuestas diferenciadas según la disponibilidad de recursos, la presión demográfica y la estructura económica de cada área.

En cuanto a la planificación metropolitana se identificó un ejercicio robusto basado en los lineamientos nacionales y con un enfoque fuerte de sostenibilidad, sin embargo, los informes de

gestión reflejan un visión de corto y mediano plazo incoherentes con los escenarios futuros propuestos, gran parte de esta dinámica son consecuencia de las dificultades presupuestarias existentes, la no pertinencia de los proyectos propuestos, la burocracia y corrupción institucional y la priorización de políticas económicas antes que sostenibilidad hídrica.

Algunos de los hallazgos encontrados luego del análisis de información son:

- Se establece una correlación directa entre los planes metropolitanos y el plan nacional de aguas, donde de manera robusta se establecen planes, programas y proyectos de impacto social y a la vez sostenibles alineados con las políticas nacionales.
- Con respecto a la gestión se encontró que las áreas metropolitanas focalizan sus acciones en actividades inmediatas de corto y mediano plazo atendiendo situaciones de nivel del riesgo o requerimientos urgentes y dejan en segundo plano aquellos factores de largo plazo que tiene una afectación importante con los principios de protección y sustentabilidad.
- La gobernabilidad del agua recae sobre diferentes instituciones de carácter regional que limitan sus acciones a requerimientos técnicos y aquellos proyectos de gran impacto presentados por entes territoriales tienen una dinámica lenta ante la carencia de recursos locales y los procesos presupuestales de orden nacional.
- Las áreas metropolitanas manifiestan un gran reto al visualizar proyectos de impacto nacional (productividad y competitividad) que prioricen el desarrollo económico del país pero que a la vez afectan grandes cuerpos de agua o sistemas que dependen de ella, esto quiere decir que la gestión debe trabajar en una cultura de sostenibilidad y entrar en una tendencia de economías sostenibles.
- Se recalca la necesidad de integrar la gestión de agua en los territorios ya que la particularidad de cada una de las áreas metropolitanas manifiesta ecosistemas diferenciadores donde priman las particularidades y no las generalidades de una política nacional.
- La participación inclusiva es clave en la planificación metropolitana, pues, aunque refleja la diversidad de intereses culturales, sociales y económicos, también abre un espacio de articulación entre actores para impulsar proyectos comunes de protección del recurso hídrico.

- Los modelos de desarrollo económico basados en el esquema centro–periferia generan riesgos para el ciclo hidrológico, pues la urbanización y la expansión poblacional presionan los recursos naturales periféricos que abastecen a las áreas metropolitanas. En consecuencia, la afectación a los recursos hídricos supera a los proyectos orientados a su protección y conservación.

Los resultados obtenidos evidencian una marcada heterogeneidad en la gestión hídrica de las áreas metropolitanas de Colombia, lo cual refleja tanto la capacidad institucional diferenciada como las particularidades socioeconómicas y territoriales de cada región. A través del análisis comparativo se identificaron disparidades significativas entre lo planificado y lo realmente gestionado, confirmando la existencia de una brecha entre los instrumentos de planificación (PIDM, PEMOT, OMOT) y su implementación efectiva.

En términos de tendencias, los hallazgos muestran que las áreas metropolitanas concentran una gran proporción de población y actividad económica, lo que incrementa la presión sobre los ecosistemas hídricos y expone riesgos de sobreexplotación y contaminación. Sin embargo, los diagnósticos reflejan que la planificación territorial aún no ha logrado integrar de forma transversal el recurso hídrico como eje estructurante, predominando enfoques sectoriales y fragmentados.

Al correlacionar estos resultados con las teorías de la planificación urbana y territorial, se confirma que el modelo centro–periferia (Friedmann, 1966) sigue siendo un patrón vigente en Colombia. La concentración de actividades en los núcleos urbanos metropolitanos genera presiones crecientes sobre la periferia y sus fuentes de agua. No obstante, las tendencias contemporáneas de gobernanza hídrica resaltan la necesidad de transitar hacia modelos integrados y participativos, que articulen la sostenibilidad con los procesos de ordenamiento y garanticen resiliencia frente al cambio climático y la urbanización acelerada.

Entre las problemáticas más recurrentes se destacan:

- La fragmentación institucional y la limitada coordinación entre municipios y áreas metropolitanas, lo que debilita la gobernanza hídrica en los territorios.

- La baja efectividad en el seguimiento y control de proyectos hídricos, con escasa continuidad en el tiempo.
- La carencia de indicadores prospectivos que orienten la planeación más allá del corto plazo.
- Los conflictos territoriales por usos de suelo y expansión urbana que desplazan ecosistemas estratégicos y fuentes de agua.
- La baja participación de los Stakeholders dentro de la planificación territorial, particularmente las comunidades.

En este sentido, los resultados confirman la hipótesis de que el diseño de un modelo de planificación territorial con criterios de sostenibilidad, normatividad y prospectiva permite mejorar el uso y la gestión del recurso hídrico en áreas metropolitanas, aunque para ello se requiere fortalecer los mecanismos de gobernanza, la articulación interinstitucional y la integración de variables socioambientales en los planes metropolitanos.

CAPÍTULO IV: Propuesta de Planeación Hídrica para las Áreas Metropolitanas de Colombia

Luego de la evaluación de la planeación en las áreas metropolitanas con respecto al recurso hídrico, es relevante presentar acciones que mejoren y focalicen la construcción de futuro y enmarcan los procesos de crecimiento económico dentro de una visión sustentable y duradera.

En los apartes previos de caracterización se presentó la relevancia económica y poblacional de las áreas metropolitanas y como estas son ejes de desarrollo para el país, de igual forma se presentó el inventario de recursos hídricos de estas regiones evidenciando la alta responsabilidad que tiene la gestión territorial con respecto al potencial hídrico existente. Cada uno de estos elementos, desarrollo económico y preservación de recursos naturales se establecen en un escenario de diversos intereses donde la tradición manifiesta un avance agresivo por el consumo de recursos naturales en pro del progreso y el desarrollo sin importar los impactos generados en el entorno, la visual presenta un crecimiento desordenado e invasor a las áreas de reserva y protección sin valorar que estos mismos lugares son abastecedores de recursos que satisfacen necesidades básicas de la población como el agua.

Los planes de desarrollo (en todos sus niveles) manifiestan lineamientos globales de sostenibilidad que reflejan la transformación que requiere la gestión territorial en un esfuerzo por cambiar la mentalidad social y cultural de las regiones, en estos documentos encontramos apartes exclusivos focalizados al agua y a la protección natural, sin embargo mucho de ellos se convierten en guías no aplicadas en la gestión de las áreas metropolitanas, pudiera decirse que prima aún más los proyectos populares de impacto político que obras que permitirán garantizar la preservación del agua a las futuras generaciones. Cada uno de estos elementos se ratifica en el estudio nacional del agua 2022 (IDEAM, 2022) y la política Nacional de gestión del recurso hídrico (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022) donde a partir de una caracterización nacional se tienen líneas de acción y una de ellas es la planeación territorial.

Cabe resaltar que, la planificación territorial en un área metropolitana es un proceso estratégico que busca organizar el uso del suelo, la infraestructura, los recursos naturales y las dinámicas socioeconómicas, integrando aspectos físicos, ambientales, normativos y sociales. Su

objetivo es promover un desarrollo urbano ordenado y sostenible, optimizando la gestión de recursos estratégicos como el agua, la energía y los ecosistemas, y fortaleciendo la gobernanza interinstitucional para mejorar la calidad de vida de la población, sin embargo este concepto tradicional que integra diferentes dimensiones solo será un esquema tradicional que servirá de inicio para la propuesta aquí presentada la cual se enfoca en el uso del recurso hídrico en dichos territorios (Figura 30).

Figura 30

Esquema de Planificación Territorial en un Área Metropolitana



Nota: Elaboración propia a partir de la bibliografía consultada.

En la siguiente propuesta se presenta un modelo de planificación que atiende tres elementos principales, i) Problemáticas metropolitanas con respecto al recurso hídrico, ii) Los lineamientos de ley de áreas metropolitanas y iii) Las falencias o debilidades encontradas en este proyecto. La propuesta busca visualizar escenarios de futuro con una inclusión fuerte del recurso hídrico y que el crecimiento y el desarrollo propio de las áreas metropolitanas no solamente

identifiquen el nivel de afectación de sus proyectos sino cómo estos pueden ajustarse hacia un escenario de sustentabilidad.

La construcción de la propuesta parte por identificar algunos modelos de planificación existentes y establece una revisión a los procesos gubernamentales para luego identificar el modelo ajustable a los requerimientos. Después se presentan los puntos críticos de planificación identificados en este proyecto para que puedan ser integrados de una forma armónica al modelo a fin de minimizar las falencias y fortalecer los procesos. La herramienta utilizada para la construcción del modelo de planificación fueron las mesas de expertos donde a partir de dos sesiones se interactuó con los stakeholders para proponer y construir la propuesta de futuro. En una primera sesión se realizó la presentación de los modelos existentes de planificación de cada una de las áreas metropolitanas junto con la caracterización y deficiencias encontradas para luego establecer parámetros que se alineen hacia un modelo colectivo en cuanto a los requerimientos que debe tener dicho modelo, en la segunda sesión se presentó la propuesta del modelo la cual fue sujeta de críticas y comentarios que permitieron establecer los ajustes del modelo final que atiende las deficiencias encontradas en la valoración establecida en el objetivo anterior.

4.1. Fundamentación de la Propuesta de Transformación

La propuesta de planeación hídrica para las áreas metropolitanas de Colombia surge de la revisión de los modelos tradicionales de gestión territorial (Figura 30) y como estos han marginado la dimensión hídrica como eje estructural del desarrollo urbano, las cuales se concentran en metas económicas y de infraestructura mientras se sacrifica la sostenibilidad ecológica. A partir de los diagnósticos y comparaciones de los modelos metropolitanos existentes, se identifica la pertinencia no solo de planificar para el presente sino de incorporar una mirada de futuro, anticipando escenarios de estrés hídrico, cambio climático y urbanización creciente, de modo que el agua deje de ser un recurso residual para convertirse en un criterio relevante en las decisiones territoriales.

Los fundamentos teóricos de esta propuesta se nutren de enfoques recientes que enfatizan la necesidad de gobernanza hídrica eficiente y resiliente. Ejemplo de ello es el estudio accionable human–water system modelling under uncertainty (Gil-García et al., 2024), que integra dimensiones climáticas, hidrológicas y socioeconómicas para soportar decisiones adaptativas

frente a incertidumbres. También el artículo *Water Sensitive Planning for the Cities in the Global South* (Kumar, Button, Gupta & Amezaga, 2023) que propone modelos de planificación urbana hídrica-sensibles, donde el ciclo del agua se incorpora como componente esencial en la morfología urbana, infraestructura verde, drenajes sostenibles y diseño metropolitano. Estas aproximaciones sostienen que los territorios no pueden seguir planificando como si el agua fuese un recurso finito, sino como un elemento dinámico sujeto a variaciones ambientales, sociales y climáticas.

Otra contribución teórica relevante proviene del concepto de territorios hidrosociales, que reconoce la interrelación entre comunidades, instituciones, infraestructura y naturaleza en la conformación espacial del agua. Autores como Boelens, Crow, Hoogesteger, Swyngedouw y Vos (2017) subrayan que el agua no solo pasa por procesos físicos, sino por redes sociales, políticas y territoriales que moldean su acceso, uso y justicia hídrica. Este enfoque ecológico-social ofrece la base para concebir un ecosistema hídrico-social metropolitano, donde las interacciones agua-sociedad-territorio se integran de manera estructural en la planificación.

Desde esta propuesta se redefine la planificación metropolitana como un proceso hidrosensible que coloca el recurso hídrico no como variable complementaria sino como eje estructurador del territorio, de la infraestructura, de la gobernanza y de los actores metropolitanos. Se adapta el enfoque de resiliencia no solo al ambiente físico, sino también a la gobernanza institucional, económica y cultural para anticipar futuros escenarios. De los modelos revisados se retienen los principios de sostenibilidad, equidad, eficiencia y participación, pero se sustituye la segmentación sectorial por una visión integrada que fusiona planificación territorial, gestión del agua y validación experta colectiva, apoyada también por herramientas prospectivas.

El aporte de la investigación y del modelo radica en una representación nueva del territorio metropolitano como un ecosistema hídrico-social, donde la gobernanza hídrica metropolitana articula no sólo políticas públicas locales o sectoriales, sino líneas estratégicas que cruzan municipios, entidades ambientales, comunidades y actores privados y donde las decisiones de futuro (infraestructura, uso del suelo, servicios públicos) están condicionadas por evaluaciones de riesgo hídrico, disponibilidad de agua, conservación de cuencas y recursos hídricos subterráneos. Esta contribución teórica también incluye la construcción de un modelo prospectivo operativo, validado mediante paneles de expertos y el método Delphi, con capacidad de adaptarse

a distintos contextos metropolitanos del país. Parte de la transformación y cambio en el enfoque se puede revisar en los esquemas tradicionales (dimensiones metropolitanas) comparado con el modelo propuesto donde el recurso hídrico no es un componente transversal sino un enfoque de gestión.

En resumen, la fundamentación no solo se basa en marcos de tendencia de sostenibilidad y gobernanza, sino que los reelabora para responder a las necesidades identificadas en el diagnóstico (fragmentación institucional, ausencia del agua en los instrumentos de planificación territorial, y baja capacidad de anticipación frente a amenazas hídricas). El modelo de planeación metropolitana hidrosensible propuesto representa una ruta clara de transformación que opera en lo normativo, lo institucional, lo técnico y lo prospectivo, alineado con el objetivo general de la tesis de mejorar el uso del recurso hídrico en las áreas metropolitanas de Colombia.

4.2. Descripción de la Propuesta de Transformación

La propuesta metodológica para la planeación de las áreas metropolitanas, enfocada en mejorar el uso y gestión del recurso hídrico dentro de los procesos de ordenamiento territorial, se estructura como un modelo de planificación de enfoque hídrico que busca integrar los sistemas naturales y sociales a partir de una visión prospectiva del recurso agua en el territorio. Este modelo pretende orientar la acción pública y metropolitana hacia una gobernanza más eficiente, participativa y sostenible, donde la toma de decisiones se base en la comprensión del territorio, la articulación normativa y la memoria histórica de los procesos de planeación.

El modelo parte de tres componentes fundamentales: i) el conocimiento del territorio y su entorno natural, poblacional y socioeconómico, ii) el marco normativo que rige a los entes territoriales y particularmente las disposiciones metropolitanas y ambientales, y iii) el análisis retrospectivo o histórico que permite identificar la evolución de la gestión hídrica y las brechas persistentes en la planeación. Cada uno de estos elementos se articula con el plan estratégico metropolitano y, a su vez, con las políticas globales, nacionales, departamentales, municipales y ambientales, garantizando coherencia entre la visión territorial y los compromisos de sostenibilidad. El desarrollo de este ejercicio metodológico atiende las deficiencias evidenciadas en el diagnóstico, incorporando mecanismos que reducen las falencias actuales y promueven prácticas diferenciadas que consolidan una nueva cultura de planificación hídrica.

El modelo se enfocó en fortalecer la gestión integral del recurso hídrico (uso del agua) en las áreas metropolitanas de Colombia mediante una planificación territorial de enfoque hídrico, adaptativa y prospectiva, que oriente las decisiones hacia la sostenibilidad y la resiliencia territorial. Para alcanzar este propósito, el modelo integra una serie de elementos que contribuyen a su logro, como lo son:

- Conocimiento del territorio e idiosincrasia regional. Reconoce la interacción entre las particularidades culturales, económicas y ambientales de cada área metropolitana como base para la toma de decisiones en torno al agua.
- Articulación normativa y de gobernanza. Incorpora el marco legal vigente y los mecanismos institucionales de planeación, asegurando que la propuesta se enmarque en las competencias de las áreas metropolitanas y las políticas nacionales del recurso hídrico.
- Planeación adaptativa y prospectiva. Promueve una gestión flexible que se ajuste a las variaciones ambientales, sociales y económicas, manteniendo una mirada de futuro sobre la disponibilidad y uso del recurso.
- Reconocimiento de datos históricos y problemáticas existentes. Integra la revisión de antecedentes, experiencias previas y aprendizajes institucionales que permitan comprender las causas estructurales de las deficiencias actuales.
- Participación de actores y construcción colectiva. Impulsa el trabajo colaborativo a través de mesas de expertos, actores institucionales y ciudadanía en general, asegurando que el modelo sea representativo y aplicable a las realidades territoriales.
- Gestión de seguimiento y trazabilidad. Plantea el uso de instrumentos de monitoreo, evaluación continua y control de resultados que permitan dar trazabilidad a las acciones y garantizar su sostenibilidad en el tiempo.

El modelo se desarrolla en fases interdependientes que representan su estructura operativa: socialización del diagnóstico hídrico-territorial y análisis correlacional de áreas metropolitanas, la formulación estratégica y la articulación institucional, la viabilidad de implementación y validación general. Cada una de estas etapas buscó responder a la necesidad de integrar los aspectos técnicos, sociales y políticos a la planeación metropolitana, garantizando

que las acciones propuestas trascienden los períodos de gobierno y se consoliden como políticas de largo plazo.

En su fase inicial, el diagnóstico hídrico del territorio recopila la información ambiental, social y económica de las áreas metropolitanas, identificando los factores críticos ambientales, las dinámicas de uso y los riesgos asociados al recurso. La fase de formulación estratégica permite definir los objetivos, líneas de acción y mecanismos de integración hídrica en los planes metropolitanos. La fase de articulación institucional fortalece la cooperación entre entidades locales y metropolitanas, mientras que la etapa de implementación se propone instrumentos de gestión, financiamiento y seguimiento. Finalmente, la validación se realiza mediante metodologías participativas, como el método Delphi, que facilita alcanzar consensos entre expertos y actores locales sobre la pertinencia y aplicabilidad del modelo.

4.3. Objetivos de la Propuesta

El modelo de planificación territorial con enfoque hídrico se planteó como respuesta a las limitaciones identificadas en la gestión del recurso agua dentro de las áreas metropolitanas de Colombia, su propósito es fortalecer la gobernanza, la sostenibilidad y la resiliencia hídrica mediante la construcción de una propuesta metodológica que oriente la planificación territorial hacia una gestión integrada, adaptativa y prospectiva del recurso.

En coherencia con los fundamentos teóricos, el marco de investigación y los resultados del diagnóstico, se presentan a continuación el objetivo general y los objetivos específicos que orientan el desarrollo de la propuesta.

4.3.1. Objetivo General de la Propuesta

Diseñar un modelo de planificación territorial de enfoque hídrico para las áreas metropolitanas de Colombia, que fortalezca la gestión integral del recurso agua mediante estrategias de gobernanza participativa, herramientas de planificación prospectiva y mecanismos de articulación interinstitucional, orientados a la sostenibilidad y resiliencia de los territorios metropolitanos.

4.3.2. *Objetivos Específicos de la Propuesta*

- Integrar los fundamentos teóricos de la planificación con enfoque hídrico, la noción de territorios hidrosociales y los principios de gobernanza del agua con los resultados del diagnóstico y el análisis correlacional de las áreas metropolitanas, como base para la estructuración del modelo propuesto.
- Formular una estructura metodológica del modelo que articule fases, actividades y mecanismos de gestión basados en la planificación adaptativa y prospectiva, apoyada en procesos de cocreación con expertos.
- Validar el modelo propuesto mediante procesos participativos y la aplicación de instrumentos que aseguren su aplicabilidad en distintos contextos metropolitanos.
- Proponer lineamientos para la incorporación del modelo en los planes integrales y estratégicos metropolitanos, en concordancia con las políticas ambientales y de ordenamiento territorial vigentes.

4.4. *Actividades, Fases y/o Etapas*

Para la creación del modelo de planificación se estructuró en una secuencia metodológica que integró el trabajo previo realizado, la participación de expertos y la validación de resultados. Cada fase respondió al objetivo general de consolidar un modelo coherente con las realidades territoriales y las necesidades de gestión del recurso hídrico en las áreas metropolitanas de Colombia (Anexo 5).

Fase 1. Organización del panel de expertos. En esta etapa se definieron los criterios de selección de los expertos, los eventos académicos en los cuales se desarrollaría el proceso (Encuentros de planeación y CUEE) y los aspectos logísticos y metodológicos del instrumento. Se estructuró la convocatoria a especialistas en planificación territorial, gestión hídrica y sostenibilidad urbana, garantizando representatividad regional y diversidad disciplinar.

Fase 2. Socialización del diagnóstico y análisis correlacional. Se presentó a los participantes la síntesis del diagnóstico de las siete áreas metropolitanas analizadas, incluyendo los resultados del análisis correlacional entre variables de planeación territorial y gestión hídrica. En esta etapa se generó un punto de partida común reconociendo las problemáticas existentes y

las oportunidades identificadas en el proceso investigativo, a la vez, se abordó el diagnóstico garantizando el conocimiento del territorio, el marco normativo y las vivencias relevantes del área metropolitana. Dentro de este ejercicio se abordó con rigurosidad el determinar los factores cruciales de protección del agua, en esta etapa se requirió la participación de los actores ya que son ellos los conocedores de las problemáticas y necesidades que priman para la formulación de los escenarios e ideales de futuro que se quieren para el entorno al agua.

Fase 3. Etapa de creación del modelo. Durante el primer panel de expertos se desarrolló el ejercicio de cocreación, en donde se discutieron los elementos teóricos y operativos del modelo de planificación, se abordaron temas como la gobernanza del agua, la planeación prospectiva y adaptativa y la necesidad de fortalecer la trazabilidad en la gestión del recurso hídrico. Los pilares del desarrollo de esta etapa fueron los grupos de variables establecidos en la lista de chequeo y que evidencian las dificultades y deficiencias existentes en las áreas metropolitanas, esta decisión permitió un hilo conductor general a la vez un enfoque en los hallazgos, también en esta etapa se identificaron escenario deseado y las posibles estrategias que apoyan y facilitan su aplicación y su ejecución.

Fase 4. Análisis de la información y construcción de representaciones gráficas preliminares. Los aportes obtenidos en el primer panel fueron sistematizados y analizados mediante una matriz de categorización temática, con base en ello se construyeron los diagramas conceptuales y modelos gráficos preliminares que representaban la estructura y relaciones funcionales del modelo propuesto. Los elementos gráficos se pueden observar en el aparte de resultados.

Fase 5. Presentación y validación inicial del modelo. En el segundo panel de expertos se presentaron los modelos gráficos y conceptuales obtenidos, los cuales fueron sometidos a revisión técnica y discusión colectiva, los expertos que participaron emitieron observaciones sobre la aplicabilidad, la coherencia y la pertinencia de los elementos del modelo en el contexto metropolitano colombiano. Esta fase permitió afinar la idea general y la visión colectiva. En general los ajustes, consensos y validaciones participativas permitieron resolver divergencias conceptuales y operativas. Al final se obtuvo el modelo de planificación con aporte colectivo y ajustado a las condiciones reales de las áreas metropolitanas.

Fase 6. Validación final y consolidación del modelo. En esta etapa, propia del proceso investigativo, se realizó la validación integral del modelo mediante su contrastación con los objetivos de la investigación y los criterios teóricos y metodológicos definidos. Esta validación confirmó la coherencia interna del modelo y la pertinencia con las problemáticas expuestas y la capacidad para orientar la gestión hídrica en contextos metropolitanos.

4.5. Recursos Necesarios para la Aplicación de la Propuesta

Para la realización del modelo propuesto requirió la articulación de diversos recursos humanos, logísticos y técnicos que posibilitaron su formulación participativa y validación.

En primer lugar, el recurso humano estuvo compuesto por el grupo de trabajo base conformado por el investigador doctoral y un equipo de apoyo técnico (estudiantes de pregrado) encargados de la logística, la sistematización de la información, el procesamiento de datos y la documentación de los paneles de expertos.

Un recurso importante fue la participación en eventos relacionados con la planificación de áreas metropolitanas, es así como se logró un espacio dentro de cada uno de ellos que permitió la realización de los paneles de expertos buscando la pertinencia con entidades y la agrupación de expertos.

También se destinaron recursos económicos a suplir las necesidades logísticas asociadas a la organización de los paneles y la ejecución de cada una de las mesas de expertos y finalmente, los recursos técnicos se centraron en la recopilación, revisión y análisis de documentos normativos y planes estratégicos metropolitanos, así como en el uso de herramientas de análisis correlacional que sustentaron la formulación del modelo.

La siguiente Tabla 19 muestra los costos estimados con los paneles de expertos.

Tabla 19

Costos Relacionados a los Paneles de Expertos

Descripción	1er Panel	Costo Estimado 1er Panel	2do Panel	Costo Estimado 2do Panel
Tesista doctoral	Coordinación general, diseño de metodología,	\$3.800.000	Coordinación general, diseño de metodología,	\$3.250.000

	facilitación de panel + inscripción al evento		facilitación de panel + inscripción al evento	
Monitores (3 por panel)	Apoyo logístico, sistematización de información, documentación	\$600.000 (\$200.000 c/u)	Apoyo logístico, sistematización de información, documentación	\$600.000 (\$200.000 c/u)
Materiales de apoyo	Papelería, impresiones, proyector, señalización	\$ 500.000	Papelería, impresiones, proyector, señalización	\$ 500.000
Gastos operativos	Transporte, hospedaje y alimentación para asistentes	\$ 1.200.000	Transporte, hospedaje y alimentación para asistentes	\$ 500.000
Revisión de documentos y análisis	Acceso a bases de datos, procesamiento de información, uso de software estadístico	\$ 800.000	Acceso a bases de datos, procesamiento de información, uso de software estadístico	\$ 800.000
		\$ 6.900.000		\$ 6.350.000
				\$ 13.250.000

Nota: Desarrollo propio.

4.6. Resultados

En este aparte se mostrará el modelo de planeación metropolitana que fue construido dentro del panel de expertos el cual tiene tres tiempos como lo son: la socialización del estudio de investigación previo, el proceso de cocreación y la consolidación del modelo. Dentro de los resultados concretos del ejercicio se integraron los componentes conceptuales, metodológicos y técnicos del proceso metodológico, por lo que estos productos son el reflejo de la articulación entre la revisión teórica, el análisis de los modelos metropolitanos, la socialización del diagnóstico y la construcción participativa desarrollada a través de los paneles de expertos.

4.6.1. Resultados o Productos a Obtener

El principal resultado corresponde al modelo de planificación prospectiva-estratégica que orienta la gestión integral del recurso hídrico en las áreas metropolitanas de Colombia. Este modelo propone una ruta metodológica estructurada en tres etapas (preliminares, formulación y diseño) que conectan el conocimiento histórico del territorio, la identificación de problemáticas actuales y la proyección de escenarios futuros sostenibles. Su propósito es integrar el agua como

eje transversal en los procesos metropolitanos, desde la planificación estratégica hasta la ejecución de proyectos.

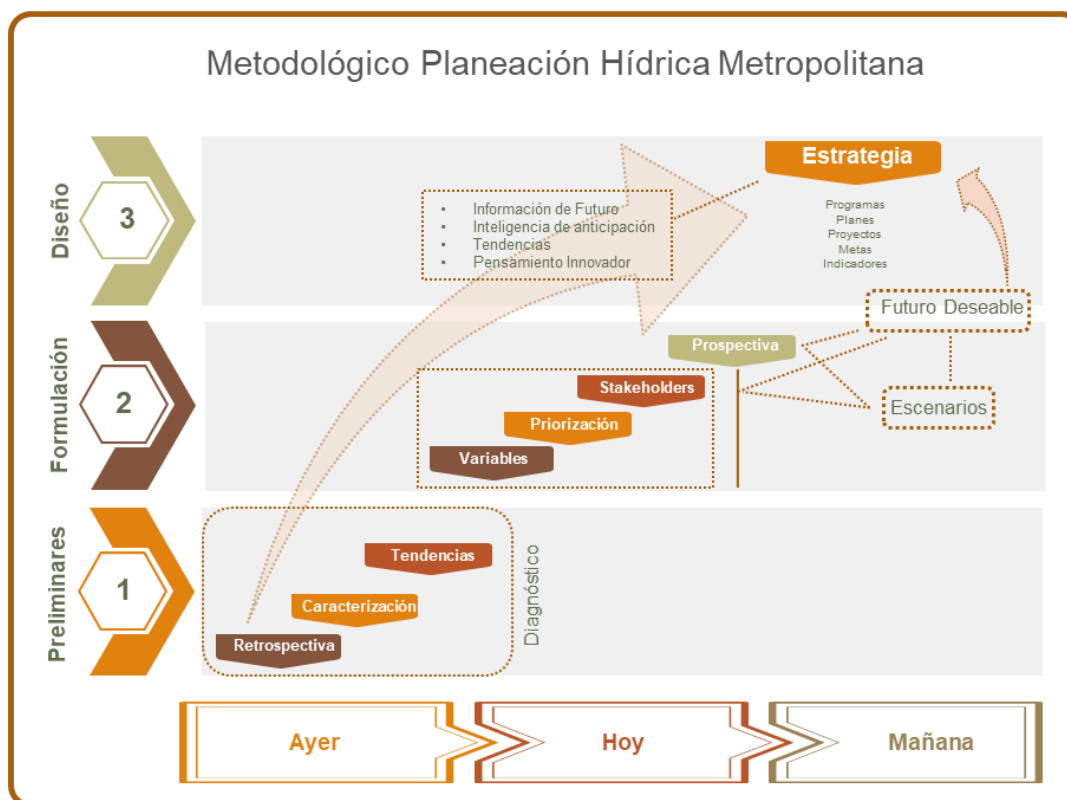
La construcción de esta propuesta prospectiva-estratégica establece posibles escenarios futuros con el objeto de transformar el devenir histórico del agua en el territorio se basa en una construcción participativa y social donde se involucran actores e intereses comunes hacia la protección del recurso hídrico, esta convergencia establecerá las bases que definirán el quehacer de los mandatarios metropolitanos. El modelo planteado desarrolla representaciones gráficas que sintetizan las relaciones entre los componentes del sistema metropolitano y la gestión hídrica, también los lineamientos estratégicos.

Cabe resaltar que aunque un modelo clásico de planificación territorial involucra elementos socioculturales, medios ambientales, actividades económicas y uso de suelos, que son particulares para cada una de las áreas metropolitanas estudiadas, el modelo propuesto establece elementos generales los cuales deben adaptarse a cada una de las regiones y darle la pertinencia dentro de su contexto, esto quiere decir que etapas como identificar características, tendencias, o evaluar la retrospectiva será exclusiva para cada una de las áreas metropolitanas pero a la vez será una etapa general dentro del modelo aplicable a cada una de las áreas estudiadas.

El modelo propuesto hace parte del resultado de la fase 5 de presentación final, correlacionando elementos teóricos, pero también las particularidades de gestión en cada una de las áreas metropolitanas, los insumos fueron la caracterización y el análisis correlacional. En la Figura 31 se plasma la metodología de futuro para las áreas metropolitanas, en ella se presentan tres etapas de construcción (preliminares, formulación y diseño) en una línea del tiempo (pasado, presente y futuro) que encaja el ruterio a seguir para establecer las estrategias que se deben desarrollarse alrededor de la protección y cuidado del agua. La propuesta trabaja factores históricos como experiencias relevantes e involucra una formulación conjunta con elementos críticos del hoy para llegar a establecer una propuesta del mañana y que esta sea la base de programas, planes y proyectos alrededor del agua.

Figura 31

Metodología de Planeación Hídrica Metropolitana

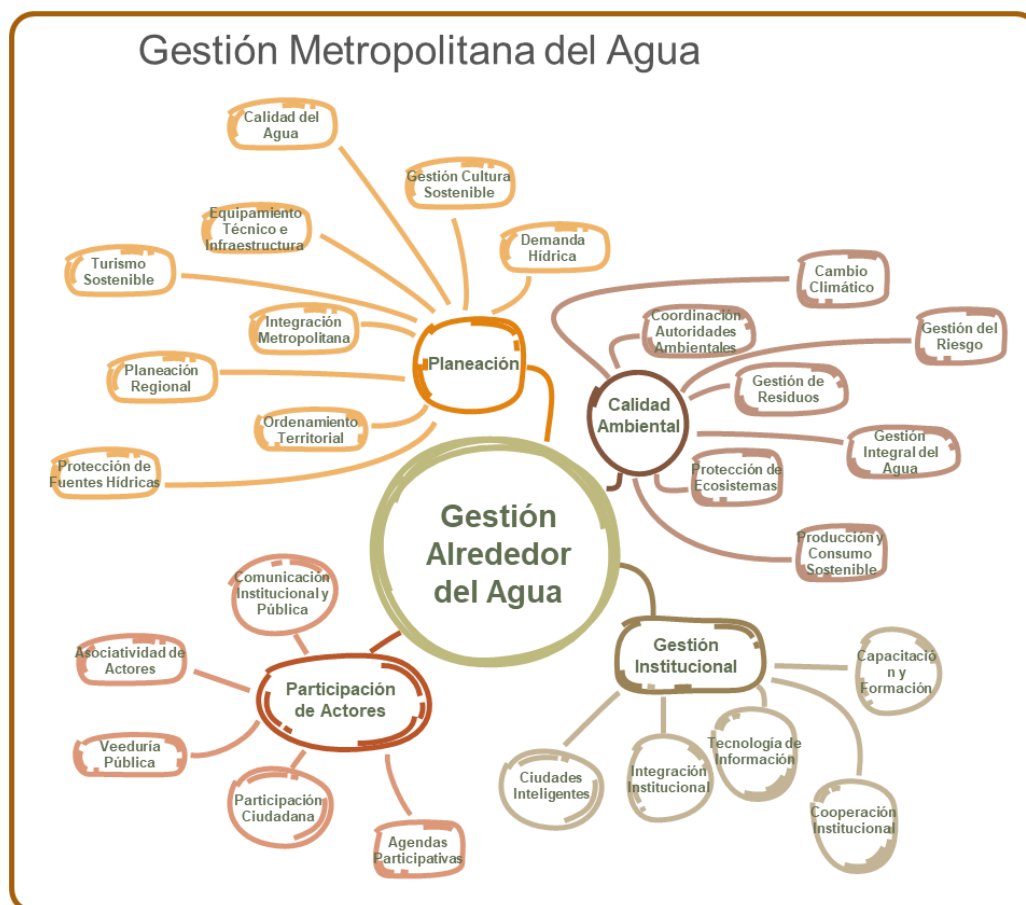


Nota: Elaboración propia a partir del ejercicio constructivo.

El modelo general prospectivo se convierte en la base para desarrollar algunos ejercicios que se requieren para establecer los diferentes roles dentro del territorio y como cada uno de ellos permite gestionar focos de acción a diferentes escalas, la Figura 32 presenta una diversificación de la gestión alrededor del agua, en ella se visualizan necesidades y problemáticas de contexto regional que implican la gestión de actores a diferente medida. Como resultado del ejercicio de cocreación de la fase 4 se pretendió entender como la participación de actores es relevante para la construcción colectiva y como el compromiso continuo de la comunidad servirá para velar por la aplicación y control de los proyectos, es de entender que el rol institucional adquiere una importancia diferenciada ya que la gestión de los entes en forma integrada potencializa las acciones realizadas afín de no caer en un círculo vicioso entre la gobernanza, los objetivos sociales y las problemáticas del territorio (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, IEU, & Unal, 2018)

Figura 32

Gestión Metropolitana del Agua



Nota: Elaboración propia a partir del ejercicio constructivo.

Uno de los elementos críticos dentro de la evaluación de las áreas metropolitanas fue la participación de los stakeholders en los procesos de planeación, sin embargo, a lo largo del ejercicio se encontró que la veeduría debe darse en cada uno de los eslabones (formulación, planeación, ejecución, control y cierre) a fin de garantizar los procesos y brindar transparencia en los mismos.

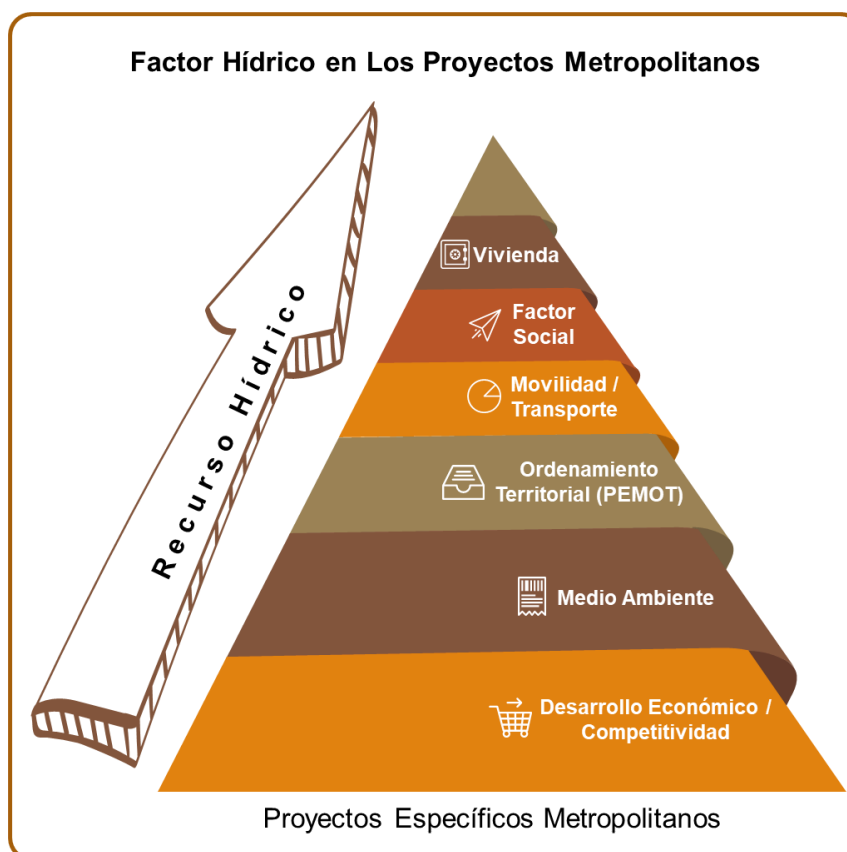
En la primera etapa de este proyecto (caracterización) se identificó el aislamiento de la planificación de agua y su baja participación en otros procesos claves del territorio, es así que se ratifica la importancia de establecer el factor hídrico como elemento transversal en cada uno de los proyectos establecidos en las áreas metropolitanas, en la Figura 33 se presenta la

transversalidad con otros focos de acción a cargo de las áreas metropolitanas de Colombia y como proyectos económicos, urbanísticos, de transporte y ambientales requieren de una pertinencia y viabilidad con este recurso natural.

Este ejercicio de pertinencia y transversalidad hídrica, realizado en la etapa representaciones gráficas preliminares, pretendió alinear los proyectos con entorno al agua y minimizar el impacto que proyectos alternos o paralelos tienen en el territorio solo por omitir o excluir la evaluación ambiental, de igual manera diferencia el factor al no estar inmerso dentro de la pirámide.

Figura 33

Factor Hídrico en los Proyectos Metropolitanos



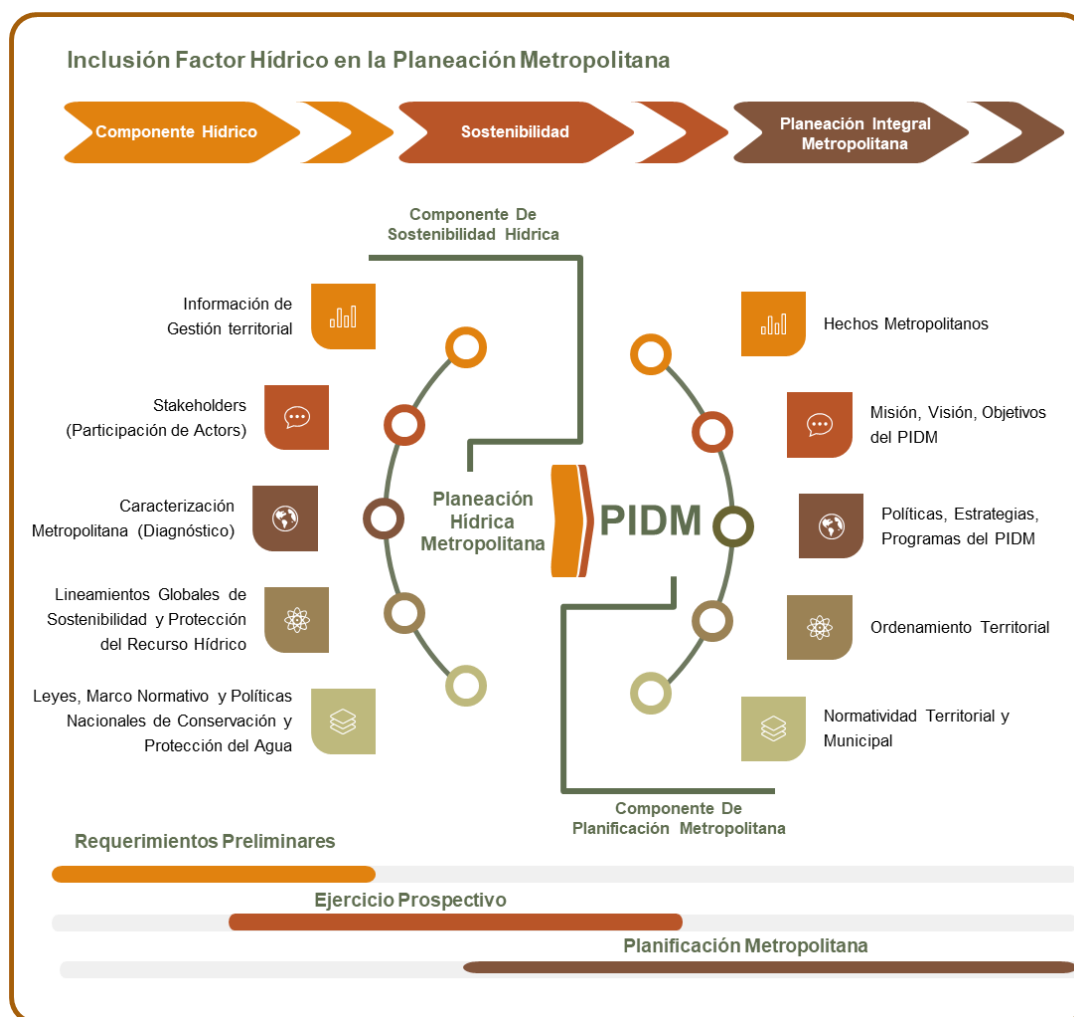
Nota: Elaboración propia a partir del ejercicio constructivo.

En el ejercicio de construcción del modelo de planeación (Fase 4. Análisis de la información y construcción de representaciones gráficas preliminares) una de las prioridades era

encontrar el mecanismo de cómo involucrar el recurso hídrico con los procesos de planeación metropolitana, en la Figura 34 se muestra cómo se resolvió entrelazar estos dos elementos. La principal preocupación existente en el panel era construir sobre lo existente y no presentar un modelo que genera una ruptura en los procesos desarrollados, es así como la inclusión de factor hídrico debía atarse a las dinámicas de los planes integrales metropolitanos.

Figura 34

Inclusión Factor Hídrico en la Planeación Metropolitana



Nota: Elaboración propia a partir del ejercicio constructivo.

Al igual que el modelo de planeación planteado se tiene un esquema por etapas (preliminares, prospectivo y planificación) donde se eslabona la planeación hídrica metropolitana

con el PIDM exigido por la ley, de igual forma se lleva el componente hídrico ambiental como elemento deseado de sostenibilidad hacia criterios técnicos de planeación, este esquema resume la vinculación de los componentes de sostenibilidad del agua con componentes técnicos de planeación.

La correlación que se da en el esquema establece variables de sostenibilidad del agua a niveles que garantizan una inclusión en bloque dentro los procesos y aterriza la aplicabilidad en las componentes de planificación metropolitana en cada uno de sus niveles piramidales desde la gerencia hasta las operaciones. Este proceso de inclusión refuerza la propuesta prospectiva y facilita la dinámica ambiental dentro de los procesos actuales de las áreas metropolitanas, en conclusión, es un vínculo entre la propuesta y la adaptabilidad a los procesos actuales.

La etapa de construcción de preliminares resolvió presentar otro esquema de vinculación del factor hídrico dentro de los objetivos metropolitanos y el desglose hacia las perspectivas, focos de acción y proyectos estratégicos metropolitanos (Figura 35), aquí se lleva el objetivo primordial de protección del agua en sus tres enfoques (territorio sostenible, gobernanza del agua y procesos institucionales) en una cascada que pasa por focos de acción y termina en elementos de proyectos. La figura manifiesta la relevancia del factor hídrico en cada uno de los subprocesos de actuación y la transversalidad que debe tener a lo largo de la gestión, sin embargo, se aclara que dicha correlación no es impuesta pero sí relevante para garantizar el recurso hacia futuro.

Figura 35

Objetivos Metropolitanos y la Correlación con la Gestión Hídrica

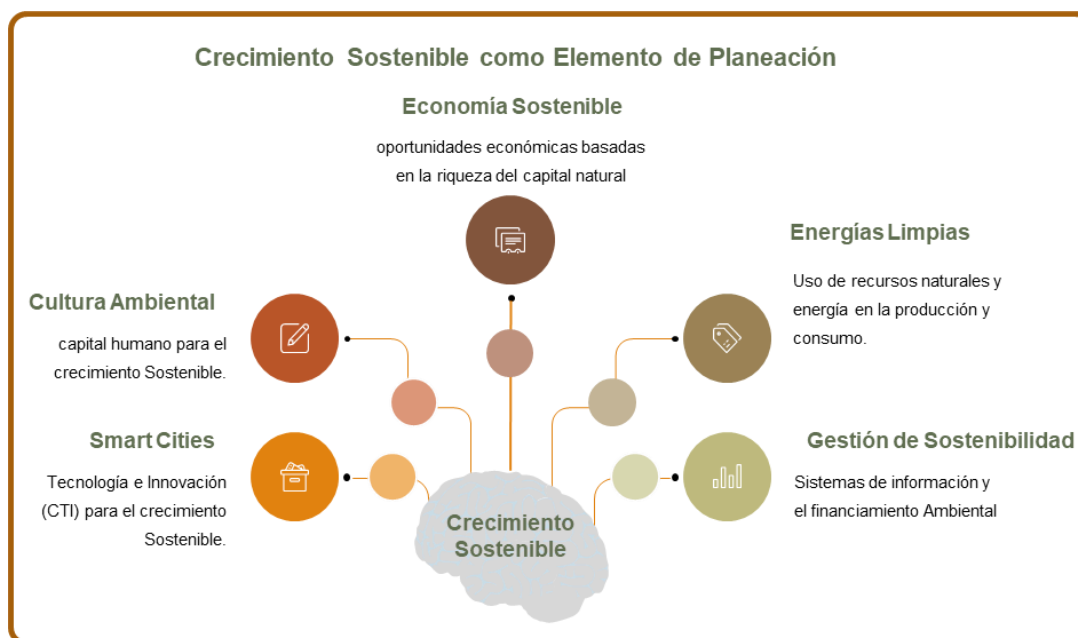


Nota: Elaboración propia a partir del ejercicio constructivo.

El modelo desarrollado no pretende ser un elemento aislado por la protección de los recursos naturales como el agua, por el contrario el ejercicio de construcción visualizó la gestión metropolitana dentro de un desarrollo sustentable que visualiza elementos como la economía, la transición energética, la cultura ambiental, la incorporación de tecnologías y la gestión en un escenario de sostenibilidad que garantice el bienestar de la comunidad y la preservación de los recursos para las futuras generaciones. Este esquema desarrollado hace parte del proceso de cocreación y muestra una transición en los escenarios de futuro (Figura 36).

Figura 36

Crecimiento Sostenible como Elemento de Planeación Metropolitana



Nota: Elaboración propia a partir del ejercicio constructivo.

Una propuesta final manifiesta la necesidad de canalizar cada uno de los problemas existentes alrededor del agua con los focos de gestión y establecer un plan de choque de corto plazo que atienda las necesidades sentidas y que manifieste una voluntad real de una administración metropolitana hacia el medio ambiente y particularmente el agua. En la Figura 36 se estructura el ejercicio propuesto seleccionando problemáticas de acuerdo con unos criterios que establecerán una prioridad de gestión limitada por su realización en tema de recursos.

Cada uno de los aportes recibidos de las mesas temáticas de expertos pretendió aportar un mecanismo que manifieste la relevancia del recurso hídrico en las áreas metropolitanas y que lleve a estas regiones descentralizadas a la integración regional basada en los recursos naturales y no en la demanda tradicional de las ciudades núcleo (demanda hídrica, competitividad, demografía, etc.). Aunque la dinámica histórica de asentamientos humanos se da alrededor del agua (elemento vital) se pretende transformar la tendencia de destrucción y cambiarla por una cultura de cuidado y conservación, se concluye que no es una tarea fácil y que requiere de la participación de cada uno de los actores, particularmente la sociedad en pleno. La etapa de creación identifica que, aunque es importante establecer una visión de futuro, también es

importante mostrar un plan de choque que revela la intención de protección ante las dificultades de las regiones (Figura 37).

Figura 37

Plan de Choque Recurso Hídrico Metropolitano



Nota: Elaboración propia a partir del ejercicio constructivo.

Con respecto a las variables determinadas y evaluadas en este proyecto se encontró que las áreas metropolitanas dentro de su formulación y planificación integran componentes globales, nacionales y departamentales como requerimientos procedimentales del PIDM, sin embargo, dichos componentes advierten una inclusión superficial al concebirse más como requerimiento técnico de un documento antes que un estilo de gestión basada en la sostenibilidad. La propuesta establece en su etapa preliminar la validación de normas, leyes y políticas como requerimiento previo del ejercicio de planeación. En cuanto a la gestión del sistema hídrico en las áreas metropolitanas se tiene una disparidad en la gestión, mientras algunas incluyen un modelo base que define el rutero de operación otras desarrollan actividades generales y aisladas que no precisamente se alinean con el interés protector del agua, el modelo presentado atiende esta

deficiencia al establecer el factor hídrico de forma transversal en los focos de gestión obligando a establecer la pertinencia de cada proyecto con la sustentabilidad hídrica.

La variable de participación y cooperación fue una de las deficiencias más sentidas en la caracterización ya que los stakeholders tenían una participación reducida y segmentada dentro del proceso, particularmente se evidenciaba procesos de socialización de planes y estrategias establecidas sin ser parte del proceso de construcción, para el caso del ejercicio constructivo se estableció dentro de la propuesta la participación en tres etapas puntuales i) preliminares. Donde se identifican las problemáticas existentes, necesidades y deseos, ii) formulación. En esta etapa los stakeholders son actores activos ya que la construcción es colectiva y iii) diseño. Donde cada uno de los actores aportan en la construcción de estrategias.

En cuanto al componente presupuestal, se estableció un nuevo escenario para la evaluación y estudio ya que por su nivel de robustez haría parte de un nuevo proyecto doctoral, lo presentado en esta tesis manifiesta algunos elementos de caracterización, pero no incluye este factor dentro del modelo de creación.

4.6.2. Indicadores, Criterios de Evaluación o de Instrumentación

La evaluación del modelo de planificación metropolitano con enfoque hídrico se sustenta en criterios que permitieron valorar su pertinencia, aplicabilidad y capacidad de integración dentro de los procesos de gestión territorial, este ejercicio se realizó dentro del panel de expertos en su etapa final (Fase 6. Validación final y consolidación del modelo).

Los criterios de evaluación se orientaron en tres dimensiones principales: técnico-operativa, institucional y de sostenibilidad hídrica, que a la vez se construyeron con los grupos de variables que fueron la columna vertebral del proyecto y que están inmersos tanto en el diagnóstico, el análisis correlacional y la propuesta en sí.

En la dimensión técnico-operativa, se consideraron la coherencia metodológica del modelo, la secuencia lógica de las fases de planificación y la articulación entre diagnóstico, formulación y diseño.

En la dimensión institucional, se evaluó la capacidad de coordinación intersectorial, la participación de los actores metropolitanos y la incorporación del modelo en los instrumentos de planificación existentes.

Finalmente, en la dimensión de sostenibilidad hídrica, se valoran la inclusión del recurso agua como eje transversal, la implementación de estrategias de uso eficiente y la conservación de ecosistemas asociados al ciclo hídrico. La siguiente tabla manifiesta la validación del modelo de expertos dentro del panel (Fase 6. Validación final y consolidación del modelo). La valoración presente en la tabla manifiesta el grado de pertinencia que tiene el modelo con el pensamiento de cada uno de los expertos, los valores del nivel de consenso es el promedio general de los participantes en el panel (Tabla 20).

Tabla 20

Validación Modelo de Planificación Metropolitana.

Aspecto evaluado	Nivel de consenso	Observaciones principales
Coherencia conceptual	90%	El modelo refleja adecuadamente las relaciones entre niveles y componentes.
Pertinencia territorial	85%	Se ajusta a los marcos normativos de la Ley 1625/2013.
Factibilidad técnica	80%	Requiere fortalecer capacidades institucionales.
Aplicabilidad operativa	75%	Se recomienda una implementación gradual.
Representación gráfica	95%	Claridad y utilidad como herramienta de gestión.
Sostenibilidad Hídrica	90%	Se identifica como eje central del modelo
Dimensión Institucional	75%	Promueve la participación colectiva de instituciones en el proceso de planificación

Nota: Desarrollo propio.

Para el seguimiento del modelo se propusieron indicadores tanto cualitativos como cuantitativos que verifican los avances y la efectividad de las estrategias planteadas, varios de ellos son parte de la estructuración de los planes estratégicos actuales que son pertinentes para esta propuesta. Cabe resaltar que estos indicadores serán el soporte siempre y cuando el modelo sea asumido por las instituciones dentro de su metodología de planificación. Entre ellos se destacan:

- Nivel de incorporación del componente hídrico en los planes estratégicos metropolitanos (Componente hídrico integrado/total de componentes existentes) x 100. Recordando que existen diferentes componentes con sus pesos e importancias.
- Grado de participación de actores en los procesos de formulación y toma de decisiones (número de actores efectivamente participantes/total de actores convocados o con competencia en el proceso) x 100.
- Porcentaje de proyectos metropolitanos con evaluación de pertinencia hídrica (número de proyectos evaluados con criterios hídricos/total de proyectos metropolitanos registrados) x 100.
- Frecuencia de actualización y seguimiento de las estrategias propuestas (número de estrategias con seguimiento o actualización registrada/total de estrategias establecidas en el plan) x 100.
- Evidencia de articulación con políticas y normativas ambientales nacionales y locales (número de documentos o estrategias articuladas con dichas políticas/total de documentos o estrategias revisadas) x 100.

La instrumentación de estos indicadores se realizará mediante mecanismos de seguimiento y trazabilidad, apoyados en la gestión de información y la retroalimentación continua de los resultados, por lo que los indicadores cuentan con unas escalas de gestión que manifiestan una baja, parcial o alta articulación. A la vez de esta manera, la propuesta no se concibe como un modelo estático, sino como un instrumento dinámico que puede adaptarse a las condiciones cambiantes del territorio y a los desafíos emergentes en materia de gestión del agua.

4.7. Valoración/ Evaluación / Validación de la Propuesta de Transformación

Luego consolidar el modelo de planificación y sus representaciones gráficas, se buscó como parte del proceso investigativo validar el desarrollo y coherencia del producto obtenido (modelo). El propósito fue garantizar la coherencia interna del instrumento frente a los objetivos generales de la investigación y su pertinencia dentro de los contextos metropolitanos de Colombia. Este proceso se realizó mediante la participación de tres expertos independientes, seleccionados por su experiencia en planificación territorial, gestión ambiental y políticas de

agua, quienes no habían participado en las fases previas de construcción del modelo, lo que permitió obtener una valoración objetiva e imparcial del mismo (Anexo 5).

El proceso de evaluación se orientó bajo los principios del método Delphi, el cual permite alcanzar consensos a partir de la consulta iterativa y el análisis cualitativo de las respuestas emitidas por un panel de expertos. Esta técnica, ampliamente utilizada en investigaciones prospectivas y de planificación (Okoli & Pawlowski, 2004; Hsu y Sandford, 2007), favorece la construcción colectiva del conocimiento mediante la comparación y ajuste progresivo de opiniones hasta lograr un grado aceptable de convergencia.

La aplicación del método se estructuró en tres fases: i) Primera ronda de consulta, donde se entregó a los expertos el modelo propuesto junto con una guía de evaluación basada en los criterios de pertinencia, coherencia interna, aplicabilidad y alineación normativa. Cada evaluador formuló observaciones y recomendaciones independientes, ii) Segunda ronda de contraste, en la que se presentaron los comentarios consolidados a los expertos para revisar divergencias y buscar consenso sobre los aspectos críticos del modelo y iii) Tercera ronda de validación final, en la que se incorporaron los ajustes derivados del consenso y se ratificó la coherencia del modelo frente a los objetivos de investigación y el contexto metropolitano.

Los parámetros de evaluación se definieron con base en tres ejes principales: i) Coherencia conceptual y metodológica: correspondencia entre los fundamentos teóricos, los objetivos propuestos y la estructura operativa del modelo, ii) Pertinencia contextual y aplicabilidad: grado de alineación del modelo con las problemáticas identificadas en el diagnóstico de las áreas metropolitanas, su factibilidad técnica y su viabilidad de implementación institucional y iii) Consistencia normativa e institucional: relación del modelo con el marco jurídico vigente (Ley 1625 de 2013, Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, entre otras) y su capacidad para articular los niveles de gobernanza metropolitana y ambiental.

Tabla 21

Matriz Resumen de Valoración del Modelo de Planificación Metropolitana con Enfoque Hidrico

Dimensión de evaluación	Criterios de valoración	Experto 1 (Gestor Metropolitano)	Experto 2 (Académico)	Experto 3 (Gobernanza y Política Pública)	Valoración global
Coherencia conceptual y metodológica	Correspondencia entre fundamentos teóricos, objetivos y estructura del modelo.	Reconoce una sólida articulación entre las etapas del modelo (preliminar, formulación y diseño) y los objetivos de la investigación. Sugiere reforzar la claridad en los vínculos entre indicadores y resultados esperados.	Destaca la coherencia interna y la consistencia en la secuencia metodológica. Recomienda incluir mayor detalle en la justificación de los factores de priorización.	Considera adecuada la correspondencia entre teoría y aplicación, subraya la pertinencia de la base prospectiva.	Alta coherencia (consenso del 90%).
Pertinencia contextual	Relación con problemáticas diagnosticadas y viabilidad técnica de implementación.	Valora positivamente la alineación del modelo con los problemas hídricos metropolitanos. Propone incluir mecanismos de financiación progresiva.	Considera que el modelo es aplicable y adaptable a distintos contextos metropolitanos. Recomienda fortalecer el componente de participación comunitaria.	Subraya su potencial de replicabilidad en otras regiones. Sugerencia: incorporar herramientas de seguimiento ciudadano.	Alta pertinencia y aplicabilidad (consenso del 85%).
Consistencia normativa e institucional	Vinculación con marcos legales (Ley 1625 de 2013, PNRH, DNP) y articulación institucional.	Señala una adecuada correspondencia normativa y una clara alineación con los instrumentos de planificación nacional.	Confirma la coherencia institucional y la correspondencia con las competencias ambientales metropolitanas.	Recomienda precisar roles de articulación interinstitucional (metropolitana–departamental–nacional).	Alta consistencia normativa (consenso del 88%).
Viabilidad y sostenibilidad del modelo	Capacidad de continuidad en el tiempo, gestión de recursos y sostenibilidad operativa.	Considera que el modelo es viable si se garantiza la continuidad administrativa.	Resalta la importancia de un sistema de indicadores de sostenibilidad hídrica.	Sugiere la creación de una instancia técnica de seguimiento permanente.	Viabilidad alta, con observaciones menores (consenso del 82%).
Relación con los objetivos del proyecto	Coherencia entre el modelo y los objetivos generales y específicos de la investigación.	Alta correspondencia entre las metas del proyecto y la estructura del modelo.	Afirma que el modelo cumple con los propósitos de planificación sostenible.	Confirma que el modelo traduce adecuadamente los objetivos de transformación territorial.	Total coherencia con los objetivos (consenso del 95%).

Pertinencia	El resultado responde a necesidades reales.	Destaca que el modelo aborda con precisión las necesidades metropolitanas en torno a la gestión hídrica.	Afirma que responde a una problemática vigente y relevante para la planificación territorial.	Reconoce su alineación con los desafíos actuales de sostenibilidad urbana.	Alta pertinencia (consenso del 90%).
Validez	El resultado cumple su función según su tipo.	Considera que el modelo cumple adecuadamente con los propósitos de planeación y gestión.	Señala coherencia entre el diseño metodológico y los resultados esperados.	Valida la correspondencia entre componentes, indicadores y resultados.	Alta validez (consenso del 88%).
Factibilidad	Es posible llevarlo a la práctica.	Considera factible su aplicación con respaldo institucional.	Afirma que los recursos técnicos y humanos son alcanzables.	Recomienda fortalecer los mecanismos de continuidad administrativa.	Alta factibilidad (consenso del 85%).
Aplicabilidad	Otras personas pueden utilizarlo.	Señala que puede ser replicado en otras áreas metropolitanas con ajustes mínimos.	Afirma que su estructura modular facilita la implementación en distintos contextos.	Destaca su utilidad como guía metodológica institucional.	Alta aplicabilidad (consenso del 87%).
Generalización	Permite ser extendido a otros contextos semejantes.	Indica que el modelo puede extrapolarse a contextos urbanos con problemáticas hídricas similares.	Sugiere su adaptación como referencia para regiones intermunicipales.	Destaca su coherencia con lineamientos de planificación regional.	Alta generalización (consenso del 84%).
Novedad y originalidad	Diferente de lo que ya existe o se conoce.	Reconoce el aporte innovador al integrar la planificación territorial con la gestión hídrica.	Señala que el modelo ofrece un enfoque interdisciplinario poco explorado en el contexto colombiano.	Subraya la originalidad de los indicadores y la estructura metodológica propuesta.	Alta originalidad (consenso del 92%).

Nota: Desarrollo propio.

El resultado del proceso Delphi permitió obtener un consenso promedio del 88% entre los tres expertos lo que, valida la coherencia estructural del modelo y su correspondencia con los objetivos de sostenibilidad y gestión integral del recurso hídrico, destacando su carácter prospectivo y su potencial de adaptación a diferentes realidades territoriales. Los expertos coincidieron en resaltar la pertinencia de integrar la planificación hídrica dentro de los instrumentos metropolitanos existentes, así como la necesidad de mantener mecanismos

continuos de seguimiento y retroalimentación que garanticen la eficacia del modelo a largo plazo. En general, la validación confirmó que el modelo propuesto responde de manera adecuada a las necesidades identificadas y mantiene coherencia con los objetivos de la investigación, constituyéndose en una herramienta viable para la planificación sostenible del recurso hídrico en contextos metropolitanos.

El modelo de planificación territorial para las áreas metropolitanas permitió constatar su pertinencia frente a las problemáticas diagnosticadas y a las dinámicas institucionales observadas. El proceso de validación desarrollado con participación de expertos evidenció la coherencia entre la estructura del modelo, los objetivos de la investigación y las necesidades territoriales asociadas a la gestión integral del recurso hídrico. En general, la propuesta es pertinente como una herramienta metodológica flexible y aplicable, capaz de adaptarse a los diferentes contextos metropolitanos, articulando la planificación prospectiva con la sostenibilidad del agua como eje transversal del desarrollo. El modelo no responde a una solución rápida a los problemas identificados, por el contrario, el modelo plantea una ruta de acción que contribuye a superar la fragmentación institucional, fortalecer la gobernanza hídrica y promover la integración del componente ambiental dentro de la planificación territorial, consolidando una visión de futuro sustentada en la resiliencia y la corresponsabilidad.

La investigación en general establece elementos relevantes para nuevas investigaciones. La caracterización general de las áreas metropolitanas facilitará análisis previos para investigaciones enfocadas en estas instituciones, de igual forma el análisis correlacional refleja grietas de investigación y profundización para futuras investigación y el modelo propuesto sienta las bases para la formulación de políticas, estrategias y proyectos metropolitanos orientados a la gestión sostenible del recurso hídrico y abre la posibilidad de ser replicado o ampliado en futuras investigaciones que profundicen su alcance y aplicación en otros territorios del país.

CONCLUSIONES

El presente estudio se centró en analizar la relación entre la sostenibilidad ambiental y la planificación territorial en las áreas metropolitanas de Colombia, enfatizando en la gestión del recurso hídrico como componente relevante del desarrollo sostenible de estas regiones. A partir de los objetivos propuestos, se evidenció la necesidad de articular los criterios de sostenibilidad, los lineamientos normativos y las problemáticas territoriales dentro de un modelo de planificación que responda a una visión ambiental de uso razonable del recurso hídrico. Los hallazgos obtenidos permitieron comprender las brechas existentes entre la productividad económica y la preservación de los ecosistemas hídricos, resaltando la importancia de fortalecer la gobernanza, la participación de los actores territoriales y la visión de futuro en los procesos de planificación metropolitana. En este marco, las siguientes conclusiones sintetizan los resultados más relevantes y su contribución al diseño de un modelo integral de gestión territorial sostenible.

El análisis desarrollado permitió establecer que la gestión del recurso hídrico en las áreas metropolitanas de Colombia está determinada por variables interdependientes como la disponibilidad, la calidad del agua, la infraestructura de saneamiento, el ordenamiento territorial, la gobernanza ambiental y la participación social. Desde el enfoque teórico, los planteamientos de la gestión integrada del recurso hídrico (GIRH) y los principios de los ODS aportaron el marco conceptual para valorar la sostenibilidad del agua en contextos urbanos. Sin embargo, la evidencia empírica muestra que, aunque los instrumentos normativos y las políticas públicas establecen lineamientos claros, su implementación es desigual entre regiones, revelando limitaciones institucionales, falta de articulación intersectorial y escasa capacidad técnica en los entes metropolitanos.

El diagnóstico de las áreas metropolitanas evidenció que el crecimiento urbano y poblacional ha intensificado la presión sobre los ecosistemas hídricos, especialmente en zonas donde los cuerpos de agua cumplen funciones diversas de uso (abastecimiento, regulación, drenaje y recreación). La información analizada en los capítulos iniciales refleja que la mayoría de los territorios metropolitanos son aglomeraciones poblacionales importantes y centros

económicos de gran aporte nacional, pero que, a la vez, son centros urbanos ligados a importantes fuentes de agua que rápidamente reflejan su degradación. Estas dinámicas se concluyen en desequilibrios entre las necesidades de crecimiento económico y la capacidad de soporte ambiental. A nivel teórico, los enfoques de sostenibilidad territorial y desarrollo endógeno sustentan la necesidad de fortalecer la planificación integrada, de manera que los planes metropolitanos trasciendan el urbanismo funcional y reconozcan el valor del recurso hídrico como eje estructurante del desarrollo regional.

La evaluación de las variables analizadas terminó deficiencias en la planificación territorial de las áreas metropolitanas pese a la existencia de instrumentos de planificación ambiental y territorial establecidos por regulación, en general la aplicación práctica resulta limitada por la falta de integración institucional y la prevalencia de intereses sectoriales sobre los intereses generales de la sociedad. Los datos revelaron que las áreas metropolitanas priorizan proyectos de infraestructura vial y expansión urbana sobre aquellos orientados a la conservación hídrica, generando un desbalance en los objetivos de sostenibilidad. Teóricamente, esta situación se explica por la débil integración de la planificación ambiental en los sistemas metropolitanos, lo cual restringe la capacidad de anticipación ante escenarios de escasez o contaminación. En consecuencia, se requiere una articulación efectiva entre la planeación sectorial y la territorial, sustentada en una gobernanza colaborativa y en mecanismos de seguimiento ambiental.

A partir de los hallazgos encontrados en la caracterización y el análisis correlacional del estudio, se estructuró una propuesta de modelo de planificación territorial que integró criterios de sostenibilidad, lineamiento normativo y prospectivo regional. Este modelo se concibe como una herramienta de articulación entre las políticas ambientales y las decisiones urbanas, promoviendo la gestión transversal del recurso hídrico en todos los niveles de la planificación. Su validación teórica demuestra la pertinencia de un enfoque integral que vincule los actores institucionales, académicos y comunitarios bajo principios de corresponsabilidad y equidad territorial. En general, la planificación metropolitana se proyecta no sólo como un proceso técnico-administrativo, sino como un instrumento de transformación social y ambiental orientado al equilibrio entre desarrollo y sostenibilidad.

Durante el desarrollo de la investigación se presentaron diversas limitaciones que condicionan el alcance de algunos resultados. En primer lugar, la disponibilidad y acceso a

información actualizada y homogénea sobre cada una de las áreas metropolitanas en Colombia resultó desactualizada, restringida y limitada, debido a la dispersión de las fuentes y la falta de datos consolidados a nivel oficial. Asimismo, la influencia política de los gobiernos locales y del contexto administrativo vigente generó variaciones en las prioridades territoriales y en la transparencia de la información pública (intereses encontrados). Otra limitación relevante se relaciona con la dificultad para reunir simultáneamente a los expertos participantes del panel de creación y validación del modelo, dadas sus agendas y la dispersión geográfica de las instituciones involucradas, lo que limitó la interacción y la profundización de algunas discusiones. Adicionalmente, el acceso a información oficial precisa y a documentos técnicos de carácter institucional fue restringido en ciertos territorios, lo que implicó recurrir a fuentes secundarias y comparativas. Finalmente, se identificaron intereses regionales divergentes entre actores territoriales, lo cual influyó en la disponibilidad de información y en la articulación de una visión unificada sobre la sostenibilidad hídrica metropolitana. Pese a estas limitaciones, el estudio logró cumplir con sus objetivos propuestos y generar aportes significativos al fortalecimiento de la planificación territorial sostenible.

La propuesta del modelo de planificación territorial orientado a mejorar el uso del recurso hídrico en las áreas metropolitanas de Colombia, vinculando criterios de sostenibilidad, normatividad, problemáticas territoriales y prospectivas de desarrollo, se manifiesta como una alternativa de planificación para estos entes territoriales. Los resultados del estudio confirman la hipótesis planteada, al evidenciar que la aplicación del modelo con enfoque hídrico y sostenible mejora significativamente la gestión y aprovechamiento del agua, al tiempo que fortalece la articulación entre la planeación ambiental, urbana y social de estas regiones. La validación teórica y empírica del modelo demuestra que la incorporación transversal de la sostenibilidad en los instrumentos de planificación territorial favorece el uso hídrico, la gobernanza y la resiliencia ambiental de las áreas metropolitanas. En consecuencia, la investigación aporta una herramienta conceptual y metodológica que contribuye a consolidar un enfoque de planificación integral, capaz de equilibrar el desarrollo económico metropolitano con la preservación de los recursos naturales, reafirmando así la pertinencia y aplicabilidad del modelo propuesto.

RECOMENDACIONES

Desde el punto de vista metodológico, se deja abierta la posibilidad para que futuras investigaciones profundicen en el manejo de la planificación territorial enfocada en el recurso hídrico, empleando metodologías alternativas o escenarios distintos que permitan replicar o adaptar el modelo propuesto, incluso en otras áreas del conocimiento, con el fin de contrastar su aplicabilidad y transferencia metodológica. Asimismo, se recomienda fortalecer los procesos de participación de actores mediante la incorporación estructurada de los stakeholders (organizaciones no gubernamentales, gremios, asociaciones, academia y sociedad civil) en todas las fases de la planificación metropolitana. Esta inclusión ampliará la visión del territorio y legitimará las decisiones relacionadas con la gestión hídrica. Del mismo modo, la experiencia investigativa evidenció que la planificación metropolitana en Colombia mantiene una orientación de corto y mediano plazo, centrada en el cumplimiento normativo. Por ello, se considera necesario incorporar enfoques prospectivos y de largo plazo, sustentados en metodologías participativas y análisis de escenarios, orientando la gestión hacia la sostenibilidad integral del recurso hídrico y del territorio.

Desde el punto de vista académico, la investigación abre una oportunidad para que las instituciones académicas, centros de investigación y entidades gubernamentales profundicen en el estudio de la planificación territorial con enfoque hídrico, reconociendo que este campo constituye un eje estratégico para la sostenibilidad urbana y la gestión ambiental del país. La tesis doctoral demuestra que la incorporación del recurso hídrico como elemento transversal en la planificación metropolitana fortalece la gobernanza y la resiliencia territorial, al tiempo que genera nuevas líneas de conocimiento interdisciplinar entre la ingeniería, la gestión ambiental, la economía territorial y las ciencias sociales. En este sentido, se sugiere avanzar en la articulación entre la planificación metropolitana y los marcos teóricos de gobernanza hídrica, sostenibilidad y prospectiva territorial, fomentando investigaciones comparativas entre distintas áreas metropolitanas que permitan validar y perfeccionar el modelo propuesto. Finalmente, se considera pertinente el desarrollo de indicadores integrados de seguimiento, que vinculan

variables ambientales, sociales y de gestión institucional, con el propósito de fortalecer la trazabilidad del modelo y su adaptación a contextos territoriales diversos.

En el ámbito práctico, se identificó la existencia de proyectos sin ejecución o con retrasos dentro de los planes estratégicos metropolitanos, debidos principalmente a compromisos políticos del gobierno de turno y a una débil articulación presupuestal. Se recomienda establecer mecanismos de control, transparencia y políticas anticorrupción que garanticen coherencia entre la planificación, la financiación y la ejecución de los proyectos metropolitanos. De igual forma, se propone incorporar instrumentos de monitoreo y análisis de riesgo utilizados por otras entidades descentralizadas, integrándose al modelo de planificación metropolitana para la priorización de proyectos estratégicos. Finalmente, se sugiere fortalecer la conexión con los modelos de ciudades inteligentes (Smart Cities), donde los ecosistemas de innovación y tecnología sirven de apoyo a la protección, conservación y gestión eficiente del recurso hídrico, promoviendo territorios más resilientes y sostenibles.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera Díaz, M. (2016). Serranía del Perijá: Geografía, capital humano, economía y medio ambiente. En Banco de la República.
- Alarcón Pérez, O. A., y González Becerra, H. (2018). El desarrollo económico local y las teorías de localización. Revisión teórica. Revista Espacios, 39(51), 4. Doi: ISSN 0798 1015
- Alarcón Pérez, O., Amaya González, L., y Bravo Niño, L. (2021). Modelos de medición de la competitividad en áreas metropolitanas de Colombia. En REDUE, Alcances y desafíos de la vinculación tecnológica para la transformación social (págs. 127-152). Ciudad de México: REDUE ISBN 978-607-8496-12-9. Obtenido de <http://redue-alcue.org/website/content/publicaciones/vtransfsocial/Cap-06.pdf>
- Alcaldía de Cali. (2024). Proyecto de recuperación de hábitat en la Comuna 20. Recuperado de <https://www.cali.gov.co/vivienda/publicaciones/182655/cali-es-ejemplo-global-en-sostenibilidad-proyecto-de-recuperacion-de-habitat-en-la-comuna-20-gano-un-reconocimiento-internacional/>
- AlQahtany, A., Dano, U., Elhadi Abdalla, E., Mohammed, W., Abubakar, I., Al-Gehlani, W., y Alshammari, M. (2022). Land Reclamation in a Coastal Metropolis of Saudi Arabia: Environmental Sustainability Implications. Water, 14. doi: <https://doi.org/10.3390/w14162546>
- Appiah Takyi, S., Amponsah, O., Darko, G., Peprah, C., Apatewen Azerigyik, R., Kofi Mawuko, G., & Awolorinke Chiga, A. (2022). Urbanization against ecologically sensitive areas: effects of land use activities on surface water bodies in the Kumasi Metropolis. International Journal of Urban Sustainable Development, 14(1), 460-479. doi:10.1080/19463138.2022.2146121
- Área Metropolitana de Barranquilla. (2020). PIDM de Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de Barranquilla 2020-2032.
- Área Metropolitana de Barranquilla. (2021). Plan Estratégico Metropolitano De Ordenamiento Territorial PEMOT. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34214>
- Área Metropolitana de Bucaramanga. (2016). Plan Integral De Desarrollo Metropolitano 2016-2026.
- Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB). (s. f.). Plan Integral de Desarrollo Metropolitano (PIDM). Recuperado de <https://www.ambq.gov.co/planeacion-territorial/plan-integral-de-desarrollo-metropolitano/>

- Área Metropolitana de Cúcuta. (2017). Plan Integral de Desarrollo Metropolitano 2017-2028 Del Área Metropolitana de Cúcuta. Acuerdo Metropolitano No. 002 del 2017.
- Área Metropolitana de Occidente. (2021). Plan Integral De Desarrollo Metropolitano PIDM “Hacia La Armonización Regional Sostenible 2021 –2032”.
- Área Metropolitana de Valledupar. (2017). Plan Integral de Desarrollo Metropolitano Del Área Metropolitana de Valledupar. Acuerdo Metropolitano No. 002 del 2017.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2024). Plan Quebradas. Recuperado de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/Paginas/Plan-Quebradas.aspx>
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2021). PIDM Plan Integral de Desarrollo Metropolitano Aburrá 2021-2032.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2010). Atlas Metropolitano del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Primera ed.).
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá, IEU, y Unal. (2018). Documento de diagnóstico del Plan Estratégico Metropolitano de Ordenamiento Territorial del Valle de Aburrá, PEMOT. Medellín.
- Área metropolitana del Valle de Aburrá, y Universidad de Antioquia. (2018). Formulación del Plan de Manejo Ambiental de Acuífero del Valle de Aburrá. Parte I: Aspectos generales. Obtenido de <http://www.udea.edu.co/>
- Asamblea Nacional Constituyente. (1991). Constitución Política de Colombia de 1991. Artículo 80. Bogotá Colombia.
- Asociación Colombiana de Ciudades Capitales, Gobernación de Cundinamarca, Alcaldía de Bogotá, y Región Metropolitana. (2023). Cartilla La Región Metropolitana Bogotá-Cundinamarca 2023. Bogotá Colombia.
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA. (2020). Reporte de Alertas de Análisis Regional Cuenca Alta del Río Lebrija, Río Zulia y Río Pamplonita. 149.
- Bakker, K. (2012). Water governance and the politics of scale: Participatory waterscape planning in northern Thailand. *Environment and Planning D: Society and Space*, 20(5), 615–639. <https://doi.org/10.1068/d44j>
- Ballesteros-Ricaurte, J. A., Avendaño-Fernández, E., González-Amarillo, A. M., & Granados-Comba, A. (2021). Mapeo científico en la búsqueda de información. Caso de estudio: enfermedades infecciosas en bovinos. *Revista científica*, (42), 265-275.
- Banco Mundial. (2023). Global Water Security and Sanitation Partnership: Annual Report 2023. Recuperado de <https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/global-water-security-and-sanitation-partnership-annual-report-2023>

- Barahona, A., Sanguña, C., Murillo, A., y Pantoja, L. (2019). Modelos Prospectivos: Análisis Teóricos, Revisión De Literatura De Estudios Desarrollados Por Godet Y Mojica. Revista electrónica TAMBARA, ISSN 2588-0977, 47(8), 655-669.
- Barlow, M. (2006). La protección del agua: diez principios. POLIS Revista Latinoamericana. Polis [En línea], 14 | 2006, Publicado el 08 agosto 2012, ISSN: 0717-6554. URL: <http://journals.openedition.org/polis/5072>.
- Barrientos, J. (2011). Modelo de gestión integrada de recursos hídricos de las cuencas de los ríos Moquegua y Tambo. . Universidad de Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1480/mas_gaa_012.pdf
- Berrone, P., & Ricart, J. (2016). La gobernanza inteligente, clave para las "smart cities". Harvard Deusto business review, ISSN 0210-900X (254, 2016), 14-21.
- Boelens, R., Crow, B., Hoogesteger, J., Swyngedouw, E., Lu, F., & Vos, J. (2017). Hydrosocial Territories and Water Equity: Theory, Governance, and Sites of Struggle. Routledge.
- Bolaños Trochez, F., & Buitrago Bermúdez, O. (2022). La Gestión del Agua Potable Como Hecho Metropolitano: El Corredor Metropolitano Cali-Yumbo (Colombia). Finisterra, LVII (119), 2022, pp. 129 156 ISSN: 0430-5027 Doi: 10.18055/Finis24705 Artigo.
- Boyer, A., Le Lay, Y., & Marty, P. (2022). Urban adaptation to water scarcity in phoenix and tucson (Arizona): A political ecology approach. CyberGeo, 2022 doi:10.4000/cybergeogeo.38002. ISSN: 12783366.
- Calderón Jiménez, J. F., & Mosquera Vera, S. (2019). Ecosistemas protegidos del Área Metropolitana de Bucaramanga: Conocimiento, Reconocimiento y Apropiación para la comunidad académica de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (Cead Bucaramanga). Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Callejas Moncaleano, D., Pérez, M., & Rodríguez, J. (2024). La gobernanza hídrica en áreas metropolitanas colombianas: desafíos y perspectivas. Revista de Gestión Ambiental, 15(2), 45-62. CAR para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. (2019). Evaluación Regional del Agua: Cuenca Alto Lebrija. 1–229.
- CAR para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. (2020). Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Alto Lebrija. 5–24.
- CARDER. (2019). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Otún. Libro técnico.
- Castro, J. E. (2007). Water governance in the twentieth-first century. Ambiente & Sociedad, 10(2), 97–118. https://doi.org/10.1590/S1414-753X200700020000_8
- Centro de Estudios para la Planificación y la Cooperación (CEPCUYO). (2024, 23 de diciembre). ¿Qué es la prospectiva y por qué es clave para el desarrollo? Recuperado de <https://cepcuyo.com/que-es-la-prospectiva-y-por-que-es-clave-para-el-desarrollo/>

- CEPAL. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Publicación de las Naciones Unidas LC/G.2681-P/Rev.3 ISBN: 978-92-1-058643-6.
- CEPAL, y Naciones Unidas. (2013). Metrópolis de Colombia: Aglomeraciones y Desarrollo. Serie Estudios y Perspectivas. ISSN: 1684-9469 ed. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2014). Integración regional: hacia una estrategia de cadenas de valor inclusivas. Naciones Unidas.
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1987). Nuestro futuro común [Informe Brundtland]. Naciones Unidas.
- Comité Español del ACNUR. (2019). Escasez de agua en el mundo: causas y consecuencias. La Agencia de la ONU para los Refugiados. Obtenido de https://eacnur.org/blog/escasez-agua-en-el-mundo-tc_alt45664n_o_pstn_o_pst/
- Congreso de Colombia. (2011). Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial Ley 1454 de 2011. Bogotá DC: Congreso de Colombia.
- Congreso de Colombia. (2013). Ley 1625 de 2013. Régimen para las Áreas Metropolitanas. Bogotá DC: Congreso de Colombia.
- Congreso de Colombia. (1973). Ley 23 de 1973.
- Congreso de Colombia. (1978). Ley 10 de 1978. Por medio de la cual se dictan normas sobre mar territorial, zona económica exclusiva, plataforma continental, y se dictan otras disposiciones. Bogotá Colombia.
- Congreso de Colombia. (1991). Ley 99 de 1991. Dicha Ley establece que las Corporaciones Autónomas Regionales – CAR. Bogotá Colombia.
- Congreso de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993 - Gestor Normativo - Función Pública. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables... Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297#:~:text=El%20Estado%20fomentar%C3%A1%20la%20incor>
- Congreso de Colombia. (1994). Ley 142 de 1994. Ley de servicio público domiciliario de agua potable. Bogotá Colombia.
- Congreso de Colombia. (1994). Ley 152 de 1994. Por la cual se establece la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo. Bogotá Colombia.
- Congreso de Colombia. (1997). Ley 373 de 1997. Las entidades públicas encargadas de otorgar licencias o permisos para adelantar cualquier clase de proyecto que consuma agua. Bogotá Colombia.

- Congreso de Colombia. (1997). Ley 388 de 1997. Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones. Bogotá Colombia.
- Congreso de Colombia. (1999). Ley 491 de 1999. Crear los seguros ecológicos como un mecanismo que permita cubrir los perjuicios económicos cuantificables. Bogotá Colombia.
- Congreso de Colombia. (2012). Decreto 1640 de 2012 - Gestor Normativo - Función Pública. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49987>
- Congreso de Colombia. (2012). Ley 1523 de 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. Bogotá Colombia.
- Congreso de Colombia. (2013). Ley 1625 de 2013 Ley de áreas Metropolitanas.
- Congreso de Colombia. (2018). Ley 1930 de 2018. Por medio de la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia. Bogotá Colombia.
- Congreso de Colombia. (2022). Ley Orgánica 2199 de febrero de 2022. Régimen especial de la región metropolitana de Bogotá. Colombia.
- Consejo General de Economistas. (2023). Productividad. Recuperado de <https://servicioestudios.economistas.es/31-productividad/>
- Consejo Privado de Competitividad. (2022). Índice de Competitividad de Ciudades - Consejo Privado de Competitividad. Consejo Privado De Competitividad. Obtenido de <https://compite.com.co/indice-de-competitividad-de-ciudades/>
- Consejo Privado de Competitividad – CPC. (2023). Informe Nacional de Competitividad 2023–2024. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://compite.com.co>
- Consorcio Huitaca. (2017). Ajuste Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca del río Bogotá.
- Consorcio Pomca Quindío. (2018). Actualización Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca del río La Vieja. Capítulo 5 Hidrogeología.
- Consorcio Pomca Quindío. (2018). Actualización Plan de Ordenación y Manejo de La Cuenca del río La Vieja. Consultoría Para Ajustar (Actualizar) El Plan De Ordenación Y Manejo De La Cuenca Hidrográfica del río La Vieja, (Código 2612).
- CORANTIOQUIA. (2013). Complejo de páramos y cerros metropolitanos. 172.
- CORANTIOQUIA, CORNARE, Área Metropolitana del valle de Aburrá, Sostenible, M. de A y D, Ingeniería, C., y Adaptación, F. (2016). Actualización POMCA río Aburrá: 2.3. Caracterización del medio físico - biótico Tomo II.
- CORPOCESAR. (2017). Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca hidrográfica del río Guatapurí.

- CORPOCESAR. (2019). Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca hidrográfica de los ríos Chirriaimo y Manaure.
- CORPONOR. (2010). Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca hidrográfica del río Pamplonita. 120. Obtenido de [http://www.corponor.gov.co/images/file/Resumen Ejecutivo POMCH Pamplonita_ajustado.pdf](http://www.corponor.gov.co/images/file/Resumen_Ejecutivo_POMCH_Pamplonita_ajustado.pdf)
- CORPONOR. (2015). PÁRAMOS: SANTURBÁN, ALMORZADERO Y DMI BERLÍN. Obtenido de <https://corponor.gov.co/dev/index.php/es/estaticos/60-estaticos/660-areas-naturales-estrategicas>
- CORPONOR. (2018). Actualización POMCA del río Zulia (Issue 1602).
- CORPONOR. (2022). Documento técnico de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de la cuenca del río Pamplonita Jurisdicción de CORPONOR.
- CRA. (2015). Revisión De La Zonificación, Mejoramiento De Escala (1:25.000) Y El Abordaje Al Tema De Susceptibilidad De Amenazas Y Vulnerabilidad, Como Avance En El Ajuste Al Plan De Ordenamiento De La Cuenca Hidrográfica Ciénaga De Mallorquín Y Los Arroyos Grande y L. Obtenido de [https://www.crautonomia.gov.co/documentos/pomcas/Informe Ajuste POMCA MallorquinVersiónFinal.pdf](https://www.crautonomia.gov.co/documentos/pomcas/Informe_Ajuste_POMCA_MallorquinVersiónFinal.pdf)
- Da Silva, L. C., & Teixeira, C. S. (2019). Urban water crisis in São Paulo causes and responses. *Journal of Urban Water Management*, 14(3), 145–160.
- DANE. (2019). Cuentas nacionales departamentales: PIB por departamento. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>
- DANE. (2021). Geoportal del DANE - Valor Agregado por Municipio. DANE - Departamento Administrativo Nacional De Estadística. Obtenido de <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/economia/valor-agregado-por-municipio/>
- De León Ardón, R. V., & de las Nieves Sánchez Guerrero, G. (2017). Characterization of public planning scenarios: The case of Mexican water sector. *Gestión y Política Pública*, 26(1), 53-103. Obtenido de www.scopus.com
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. (2015). Glosario. Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://www.dane.gov.co>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. (2022). Glosario de términos de la organización territorial y urbana en Colombia. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://www.dane.gov.co>
- Departamento Nacional de Planeación. (2014). Misión Sistema de Ciudades, Bogotá D.C. DNP.

- Departamento Nacional de Planeación. (2019). Índice de Ciudades Modernas 2016, Bogotá DC: Departamento Nacional de Planeación.
- Departamento Nacional de Planeación, Dirección de Desarrollo Urbano, y Observatorio de Sistema de Ciudades. (2018). 01 Atlas de la Aglomeración de Bucaramanga, Bogotá DC: DNP.
- Departamento Nacional de Planeación, Dirección de Desarrollo Urbano, y Observatorio de Sistema de Ciudades. (2018). 02 Atlas de la Aglomeración de Bogotá, Bogotá DC: DNP.
- Departamento Nacional de Planeación, Dirección de Desarrollo Urbano, y Observatorio de Sistema de Ciudades. (2018). 03 Atlas Aglomeraciones y Ciudades Uninodales del Eje del Caribe, Bogotá DC: DNP.
- ExpoAgua, (2024). Pacto Global Red Chile. 4ta versión 10 de octubre metropolitano Santiago.
- Flores, M. C., & Gómez, D. O. (2008). Algunos modelos de planeación. *Revista Ciencia Administrativa*, 34.
- Friedmann, J. (1966). A general theory of polarized development. In N. Hansen (Ed.), *Growth Centers in Regional Economic Development* (pp. 82-107). Free Press.
- Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible. (2024). Infraestructura verde para el cambio climático. Recuperado de <https://fcds.org.co/infraestructura-verde-para-el-cambio-climatico/>
- Galvis, F. (2021). Área metropolitana Bogotá-Cundinamarca: potencialidades, obstáculos y retos. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2462-91032020000300051
- Gil-García, L., Montilla-López, N. M., Gutiérrez-Martín, C., Sánchez-Daniel, Á., Saiz-Santiago, P., Polanco-Martínez, J. M., Pindado, J., & Pérez-Blanco, C. D. (2024). Actionable human–water system modelling under uncertainty. *Hydrology and Earth System Sciences*, 28, 4501-4520.
- Gizaw, E., & Hayal, D. (2022). Review of urban agriculture as a strategy for building a water resilient city. *City and Environment Interactions*, 14, 2022(100081). Doi: ISSN 2590-2520
- Gleick, P. H., & Garduño, H. (2017). Water scarcity and management challenges in Mexico City. *Water Resources Research*, 53(9), 7216–7227.
- Gobernación del Atlántico. (2024). Infraestructura verde y azul en Barranquilla. Recuperado de <https://barranquilla.gov.co>
- Greenpeace Chile. (2025). Sustentabilidad. Recuperado de <https://www.greenpeace.org/chile/campanas/sustentabilidad/>

- Gutiérrez-Moreno, M., Sánchez-Atondo, A., Mungaray-Moctezuma, A., & Salazar-Briones, C. (2020). Sustainability prospective for water resources in northwestern Mexico: Use of recycled concrete for agricultural purpose water supply. *Interciencia*, 45(8), 370-377. Obtenido de www.scopus.com
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2022). *Metodología de la Investigación Sexta Edición*. Doi: ISBN: 978-1-4562-2396-0
- Hidrogea. (2025). CARTADi: Cartagena Agua Digital. Recuperado de <https://www.hidrogea.es/en/perte-cartadi>
- Hsu, C.-C., & Sandford, B. A. (2007). The Delphi technique: Making sense of consensus. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 12(10), 1–8.
- IDEAM. (2022). *Estudio Nacional del Agua 2022*. Bogotá Colombia. Doi: ISBN: 978-958-5489-12-7
- IDEAM. (s. f.). Cuenca hidrográfica. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Recuperado de <https://www.ideam.gov.co/atencion-y-servicios-a-la-ciudadania/glosario/cuenca>
- IGAC, Área Metropolitana de Barranquilla, y POMCA Mallorquín y Magdalena. (2017). Zonas hidrográficas AMB [Mapa]. Obtenido de <http://www.ambq.gov.co/wp-content/uploads/2017/07/05-ZONAS-HIDROGRAFICAS-AMB.pdf>
- Instituto de Estudios Urbanos. (2016). *Debates Gobierno Urbano. Dinámicas de las Áreas Metropolitanas en Colombia (Vol. Issue 9)*. (Instituto de Estudios Urbanos de la UN, Ed.)
- Kumar, A., Button, C., Gupta, S., & Amezaga, J. (2023). Water Sensitive Planning for the Cities in the Global South. *Water*, 15(2), 235.
- Le Goff, L., Blot, F., Peltier, A., Laffont, L., Becerra, S., Henríquez Ruiz, C., & Schreck, E. (2022). From uncertainty to environmental impacts: Reflection on the threats to water in Chacabuco province (Chile): A combined approach in social sciences and geochemistry. *Sustainability Science*. 17(5), 2113-2131. Doi: 10.1007/s11625-022-01127-w
- López, J., & Cardozo, D. (2023). Trazabilidad y blockchain en la gestión agroalimentaria. *Revista Colombiana de Tecnologías Aplicadas*, 21(1), 83–95.
- López Serrano, O. F., & Delgado Martínez, S. A. (2019). Caracterización de los niveles del agua subterránea del Área Metropolitana de Bucaramanga - Fase 1. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Marino, J., Sánchez, P., & Gómez, R. (2024). Soluciones basadas en la naturaleza en la planificación urbana colombiana. *Revista de Urbanismo y Sostenibilidad*, 10(1), 23-39.

- Marino, E., Masseroni, D., Masi, F., & Gandolfi, C. (2024). Assessment of public space potential for climate change mitigation: Green infrastructure planning in Bogotá, Colombia. *Water Practice and Technology*, 19(5), 1696–1711. <https://doi.org/10.2166/wpt.2024.083>
- Meza Estrada, C., Ruiz, I., Garcia, S., Vargas, Y., & Cepeda, L. (2016). Indicadores. Fichas e índice de indicadores y variables del Área Metropolitana de Barranquilla. Obtenido de <http://www.ambq.gov.co/wp-content/uploads/2017/07/Observatorio-metropolitano-2017.pdf>
- Miller, B., & Möusner, S. (2020). Urban sustainability and counter-sustainability: Spatial contradictions and conflicts in policy and governance in the Freiburg and Calgary metropolitan regions. *Urban Studies* 2020, 57(11), 2241–2262. Doi: 10.1177/00420
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2025). Colombia recibe reconocimiento mundial por su Plan de Acción de Biodiversidad al 2030. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co/colombia-recibe-reconocimiento-mundial-por-su-plan-de-accion-de-biodiversidad-al-2030>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). Resolución 509 de 2013. Por la cual se definen los lineamientos para la conformación de los consejos de cuencas y su participación en las fases del plan de ordenamiento de cuencas y se dictan otras disposiciones. Bogotá Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). Resolución-1907-de-2013. Por la cual se expide la guía técnica para la formulación de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/politica-nacional-para-la-gestion.hidrico/>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorio. (2004). Resolución 1433 de 2004. Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones. Bogotá Colombia.
- Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, V. y. (2007). Resolución 2115 de 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá Colombia.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Minvivienda). (s. f.). Plan de ordenamiento territorial (POT). Recuperado de <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-vivienda/espacio-urbano-y-territorial/plan-ordenamiento-territorial/pot>
- Municipio de Dosquebradas y secretaria de planeación. (2019). Plan de ordenamiento territorial. Municipio de Dosquebradas.

- Naciones Unidas. (1977). Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua. WHA30.33. 13ª sesión plenaria, 18 de mayo de 1977. Man. Res., Vol. II (2ª ed.) , 1.11.2.1; 8.1.3.
- Naciones Unidas. (1980). Proclamación del Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental (1981-1990). 55ª sesión plenaria.
- Naciones Unidas. (1992). Conferencia de Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo. Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo.
- Naciones Unidas. (1992). Conferencia internacional sobre el agua y el medio ambiente.
- Naciones Unidas. (2000). Declaración del Milenio. Resolución aprobada por la Asamblea General Quincuagésimo quinto período de sesiones.
- Naciones Unidas. (2003). Cuestiones Sustantivas que se Plantean en la Aplicación del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales Consejo Económico y Social. Ginebra, 11 a 29 de noviembre de 2002.
- Naciones Unidas. (2005). Decenio Internacional de Acción 'Agua para la Vida' 2005-2015. Resolución aprobada por la asamblea general [sobre la base del informe de la segunda comisión (a/58/485)] 58/217. Decenio internacional para la acción, “el agua, fuentes de vida, 2005-2015.
- Naciones Unidas. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Septuagésimo período de sesiones Seguimiento de los resultados de la Cumbre del Milenio.
- Naciones Unidas. (2020). Paz, Dignidad e Igualdad en un Plano Humano. Obtenido de <https://www.un.org/es/global-issues/water>
- Naciones Unidas. (2022). Cuadro de progreso de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2022. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Estadísticas. https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/progress-chart-2022_Spanish.pdf
- Observatorio de Ciudades, y Asocapitales. (2021). Índice de ciudades modernas y Observatorio de ciudades - Asocapitales. (2021, April 14). Asocapitales. Obtenido de <https://www.asocapitales.co/nueva/indice-de-ciudades-modernas-y-observatorio-de-ciudades/>
- Okoli, C., & Pawlowski, S. D. (2004). The Delphi method as a research tool: An example, design considerations and applications. *Information & Management*, 42(1), 15–29.
- One Water. (2024). One Water for All: Global strategies for urban water resilience. One Water Initiative. <https://www.uswateralliance.org/one-water>
- ONU. (2023) sobre la necesidad de alianzas y cooperación para avanzar en la gestión sostenible del agua.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2023). Recursos hídricos. Recuperado de <https://www.fao.org/aquastat/es/overview/methodology/water-resources/>
- Pahl-Wostl, C. (2015). Water governance in the face of global change: From understanding to transformation. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-21855-7>
- Petrella, P. (2002). EL MANIFIESTO DEL AGUA PARA EL SIGLO XXI. Obtenido de https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/cajaAzul/palabras/Petrella_ES.pdf
- Portafolio. (2022). Bogotá, Medellín y Tunja lideran el índice de competitividad. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/bogota-medellin-y-tunja-lideran-el-indice-de-competitividad-572508>
- Presidencia de Colombia. (1974). Decreto 2811 de 1974. El gobierno procurará evitar o prohibir la utilización de elementos ambientales y recursos naturales renovables que puedan producir deterioro ambiental en países no vecinos. Bogotá Colombia.
- Presidencia de Colombia. (1977). Decreto 622 de 1977. Reglamentar en forma técnica el manejo y el uso de las áreas que integran el sistema. 2 - Reservar áreas sobresalientes y representativas del patrimonio natural que permitan la conservación y protección de la fauna, flora y gea, conte. Bogotá Colombia.
- Presidencia de Colombia. (1978). Decreto 1541 de 1978. "De las aguas no marítimas". Bogotá Colombia.
- Presidencia de Colombia. (1998). Decreto 475 de 1998. Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable. Bogotá Colombia.
- Presidencia de Colombia. (2002). Decreto 1729 de 2002. El carácter de especial protección de las zonas de páramos, subpáramos, nacimientos de aguas y zonas de recarga de acuíferos, por ser consideradas áreas de especial importancia ecológica para la conservación, prevención y recuperación. Bogotá Colombia.
- Presidencia de Colombia. (2007). Decreto 1575 de 2007. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Bogotá Colombia.
- Presidencia de Colombia. (2010). Decreto 2820 de 2010. Licencia Ambiental Global. Para el desarrollo de obras y actividades relacionadas con los proyectos de explotación minera y de hidrocarburos. Bogotá Colombia.
- Presidencia de Colombia. (2010). Decreto 3930 de 2010. Usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá Colombia.
- Presidencia de Colombia. (2012). Decreto 1640 de 2012. Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. Bogotá Colombia.

- Presidencia de Colombia. (2013). Decreto 1946 de 2013. Por medio del cual se reglamentan los artículos 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6° y 9° de la Ley 10 de 1978, y 2° y 3° de la Ley 47 de 1993 en lo concerniente al mar territorial. Bogotá Colombia.
- Presidencia de Colombia. (2015). Decreto 1076 de 2015. Declaratoria de ordenamiento, diagnóstico, identificación de usos potenciales del recurso hídrico y la elaboración del PORH. Bogotá Colombia.
- Presidencia de Colombia. (2018). Decreto 50 de 2018. Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá Colombia.
- Rad, M. H., Sarkheil, H., & Khojastehpour, R. (2019). Analysing water use efficiency and productivity in Iran's metropolises. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Water Management*, 172(2), 102-108. doi:10.1680/jwama.17.00025.
- Red de Monitoreo Ambiental C hidrográfica del V A. (2018). Unidades hidrogeológicas del valle de Aburrá [Mapa]. 1:200000. Plan de Manejo Ambiental Del Acuífero.
- Resilient Cities Network. (2024). Urban water resilience: Governance pathways for metropolitan regions. Resilient Cities Network. <https://resilientcitiesnetwork.org>
- Restrepo, J., & Valderrama, M. (2020). Governance and participatory water management in Medellín: a case of integrated urban water provision. *International Journal of Sustainable Cities and Society*, 9(2), 114–125.
- Reynosa Carrero, A. (2021). Análisis del área metropolitana en relación con el modelo de gobernanza para la Bogotá región. Universidad Externado de Colombia.
- Rodríguez, R. D. (2017). Cartagena deberá pagar \$6.269 millones por incumplir clausura de relleno sanitario. *El Heraldo*. Obtenido de <https://www.elheraldo.co/bolivar/cartagena-debera-pagar-6269-millones-por-incumplir-clausura-de-relleno-sanitario-397093>
- Saleem, A., Máhmood, I., Sarjoughian, H., Arshad Nasir, H., & Waqar Malik, A. (2021). A Water Evaluation and Planning-based framework for the long-term prediction of urban water demand and supply. *Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International*. 97(5), 323–345. Doi: 10.1177/0037549720984250
- Sanchez-Munguia, J., Torres, R., & Pérez, L. (2021). Rainwater harvesting initiatives and urban resilience in Guadalajara, Mexico. *Latin American Water Review*, 5(1), 90–104.
- Saravanan, V. (2021). Integrated approaches for sustainable water resources management: Challenges and future directions. *Sustainable Water Resources Management*, 7(4), 85–102. <https://doi.org/10.1007/s40899-021-00537-5>

- Secretaría de Ambiente de Bogotá. (2024). Gestión integral del agua en Bogotá. Recuperado de <https://ambientebogota.gov.co>
- Servicio Geológico Colombiano SGC. (s.f.). Resumen de zonas potencialmente acuíferas en Cúcuta.
- Sohail, M., Ehsan, M., Riaz, S., Elkaeed, E., Awwad, N., & Ibrahim, H. (2022). Investigation of drinking water quality and associated health risks in metropolitan Pakistan. *Fronteras en Materiales*. doi:10.3389/fmats.2022.86425
- Solano López, E., Castellanos Quintero, S. J., López Rodríguez del Rey, M. M., & Hernández Fernández, J. I. (2009). La bibliometría: una herramienta eficaz para evaluar la actividad científica postgraduada. *Bibliometric, an efficient way to assess the postgraduate scientific activity*. *Revista Electrónica de las Ciencias Médicas en Cienfuegos* ISSN: 1727-897X.
- Statista. (2023). Colombia: población en 2022, por departamento. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/1191612/numero-de-personas-en-colombia-por-departamento/>
- Suresh, S., Neetha, S. N., & Kollarath, R. M. (2019). Sustainable urban design in Singapore. *International Journal of Recent Technology and Engineering*. ISSN: 2277-3878, 8(2 Special Issue 3), 944-952. doi:10.35940/ijrte. B1178.0782S319
- Tebes, G., Peppino, D., Becker, P., & Olsina, L. (2020). Proceso para revisión sistemática de literatura y mapeo sistemático. *Revista Electrónica de Sistemas de Información*, 19(2), 94-118.
- Uchenna, U. P., Lancia, M., Viaroli, S., Ugbaja, A. N., Galluzzi, M., & Zheng, C. (2023). Groundwater sustainability in African metropolises: Case study from Calabar, Nigeria. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 45. doi: 10.1016/j.ejrh.2023.101314
- UN Derechos Humanos, ONU Habitat, & OMS. (2011). El derecho al agua. Folleto Informativo No. 35. ISSN 1014-5613. Ginebra Suiza.
- UN-Water. (2024) sobre el papel del agua como base para la prosperidad y la paz.
- UNESCO. (2020). *World Water Development Report 2020: Water and Climate Change*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372985>
- UNESCO. (2021). El desafío del agua en las megaciudades de América Latina y el Caribe. Obtenido de <https://es.unesco.org/news/desafio-del-agua-mega-ciudades-america-latina-y-caribe>
- UNESCO. (2022). *The United Nations World Water Development Report 2022: Groundwater – Making the Invisible Visible*. Paris: UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380721>

- Van den Brandeler, F., Gupta, J., & Hordijk, M. (2019). Megacities and rivers: Scalar mismatches between urban water management and river basin management. *Journal of Hydrology*, 573, 1067-1074. doi: 10.1016/j.jhydrol.2018.01.001
- Van der Hoek, J. P., Struiker, A., & de Danschutter, J. E. (2017). Amsterdam as a sustainable European metropolis: Integration of water, energy and material flows. *Urban Water Journal*, 14(1), 61-68. doi:10.1080/1573062X.2015.1076858
- Wessel, G. M., Martinez, N., & Herrera, P. (2016). Water stress and urban planning in Lima: inequalities and institutional challenges. *Journal of Latin American Geography*, 15(4), 47-68.
- World Bank, (2020). Notas sectoriales de política. Agua.
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/099120108182234156/pdf/P17786900054c805008ac10447db5b080ab.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Metodología de Análisis Bibliométrico

El estudio aplicó el método bibliométrico, con el propósito de analizar la producción científica relacionada con la planificación territorial y la gestión del recurso hídrico en contextos metropolitanos. Este método permitió identificar tendencias, autores, países y universidades con mayor impacto en el campo de estudio, así como la evolución teórica y metodológica del tema.

Objetivo del Análisis

Identificar las tendencias, enfoques teóricos y metodológicos más relevantes sobre la planificación territorial y la gestión del recurso hídrico en contextos metropolitanos, con el fin de establecer las bases conceptuales y referenciales que orienten el diseño del modelo de planificación propuesto en esta investigación doctoral.

Marco Teórico del Análisis Bibliográfico

La revisión bibliográfica es una estrategia metodológica que permite sistematizar el conocimiento existente sobre un tema, analizando de manera crítica la evolución conceptual, las metodologías aplicadas y las brechas de investigación (Okoli & Schabram, 2010; Snyder, 2019). En el ámbito de la investigación doctoral, este proceso no se limita a recopilar información, sino que busca reconstruir el estado del arte, organizando las fuentes según su relevancia y su aporte a la comprensión del objeto de estudio.

El análisis bibliométrico complementa esta revisión mediante el uso de técnicas cuantitativas que permiten medir la producción científica, establecer redes de colaboración y reconocer patrones de coocurrencia entre conceptos, autores o instituciones (Donthu et al., 2021). Su aplicación favorece la identificación de las principales tendencias y campos emergentes del conocimiento, sirviendo como base empírica para sustentar los marcos teóricos y metodológicos de la investigación.

Etapas del Proceso

El análisis bibliométrico se desarrolló siguiendo cuatro etapas secuenciales, orientadas a garantizar rigor, trazabilidad y coherencia con los objetivos de la tesis doctoral.

1. **Definición de Parámetros de Búsqueda:** Se construyó una ecuación de búsqueda con los términos water, sustainability, metropolis, planning, development, local development, agglomeration y prospective.
 - Base de datos: Web of Science (WoS)
 - Periodo de análisis: 2020–2024
 - Tipo de documento: Artículos de investigación
 - Resultados obtenidos: 262 documentos
2. **Procesamiento de Datos:** Los registros bibliográficos fueron exportados desde WoS y cargados en los softwares VOSviewer y Tree of Science (ToS).
 - VOSviewer permitió el mapeo científico, la creación de redes de coautoría, coocurrencia de palabras clave y análisis de citas.

- Tree of Science clasificó los documentos en tres niveles:
 - Raíces: textos clásicos y fundacionales.
 - Tronco: investigaciones estructurales que consolidan teorías.
 - Hojas: estudios recientes que definen tendencias actuales y futuras.
3. **Análisis Interpretativo:** Se interpretaron los resultados del mapeo para identificar los países, autores y universidades más productivos, así como los temas emergentes en sostenibilidad hídrica y planificación urbana.
4. **Revisión Complementaria:** A partir de los artículos identificados como “hoja” en ToS, se realizó una revisión bibliográfica convencional para identificar nuevos enfoques aplicables al modelo propuesto, como la gestión inteligente del agua y la gestión eficiente de aguas residuales industriales.

Resultados Esperados

Los resultados obtenidos a partir del análisis bibliométrico se presentan mediante tablas y gráficos que sintetizan las relaciones, frecuencias y tendencias identificadas en la producción científica. Estas representaciones permiten visualizar de manera estructurada los principales autores, países, instituciones y áreas temáticas vinculadas con la planificación territorial, la sostenibilidad y la gestión del recurso hídrico. Asimismo, los mapas de coocurrencia generados con el software VOSviewer y las clasificaciones del Tree of Science facilitan la interpretación de los núcleos conceptuales y su evolución en el tiempo, constituyéndose en una base empírica que sustenta los marcos teóricos y metodológicos del modelo propuesto. En conjunto, estas herramientas gráficas y analíticas ofrecen una visión integral de la dinámica investigativa y orientan la pertinencia científica de la propuesta de planificación metropolitana hídrica.

- Identificación de tendencias globales y regionales en la gestión del recurso hídrico.
- Determinación de líneas de investigación emergentes aplicables a la planificación territorial metropolitana.
- Construcción de una base teórica y referencial para sustentar la propuesta metodológica del modelo de planificación hídrica.
- Visibilización de actores académicos y geográficos más relevantes en la producción científica del tema.

Referencias

- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296.
- Okoli, C., & Schabram, K. (2010). A guide to conducting a systematic literature review of information systems research. *Sprouts: Working Papers on Information Systems*, 10(26).
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339.

Anexo 2. Ficha de Caracterización Hídrica Áreas Metropolitanas

Descripción	ÁREA METROPOLITANA		
	AM del Valle de Aburrá (AMVA)	AM de Barranquilla (AMBQ)	AM de Bucaramanga (AMB)
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	Cordillera central de los Andes, en el departamento de Antioquia	Vértice nororiental del departamento de atlántico, delimitando al norte con el mar caribe al oriente con el río Magdalena	Occidente de la cordillera oriental de los Andes, en el departamento de Santander
MUNICIPIOS QUE LA COMPONEN	Barbosa, Bello, Caldas, Copacabana, Envigado, Girardota, Itagüí, La estrella, Medellín y Sabaneta	Barranquilla, Soledad, Malambo, Puerto Colombia, Galapa	Bucaramanga, Floridablanca, Girón, Piedecuesta
CUENCAS Y SUBCUENCAS PRINCIPALES	Cuenca del río Aburrá, que se subdivide en 68 subcuencas y 239 microcuencas, de las cuales 218 están bajo la jurisdicción del AMVA.	La cuenca Magdalena, la cuenca mallorquín y la cuenca del Mar Caribe	Cuenca del río alto Lebrija, la cual se compone de 5 subcuencas: Lebrija alto, río Oro, río Suratá, Ríonegro y río Salamaga
CAUCES PRINCIPALES	Río Aburrá o río Medellín	Río Magdalena. Arroyos Caracolí, León y Hondo.	Ríos Tona, Suratá, Frío y Oro. Y el río Sogamoso que bordea el costado sur de Girón.
ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS	Complejo de Páramos de los cerros metropolitanos: páramo Las Baldías, Padre Amaya, y Alto de San Miguel.	Sistema de Ciénagas, siendo las principales las de mallorquín, Los Manatíes, La Virgen, El Salado, Malambo, La Bahía y La Islita. Otros ecosistemas estratégicos son los manglares, las playas y el bosque seco.	Sistema de humedales del DMI Humedal El Pantano Angula Alta. Y el Páramo de Berlín, aunque ubicado en Norte de Santander, es en donde nacen muchas de las corrientes que abastecen esta área.
HIDROGEOLOGÍA	Un acuífero libre y uno semiconfinado. Están inventariados 172 puntos de captación, aunque los caudales pequeños no permiten que el agua subterránea sea una fuente alterna para el abastecimiento de los habitantes del área metropolitana.	En las tres cuencas existen fuentes de agua subterránea cuyo uso principal es el doméstico, abrevadero de ganado e irrigación de cultivos. Las fuentes del norte de Barranquilla son las más vulnerables a la contaminación.	Se han identificado sistemas de acuíferos entre los que resalta el Acuífero Superior de la Meseta de Bucaramanga. El uso principal de estas aguas es para lavado de autos y la industria.
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO	El abastecimiento hídrico del AMVA depende de cuencas aledañas por la alta presión antrópica que hay en su red hídrica. La mayor demanda de agua es por parte del sector energético, seguido de la industria, sector pecuario, doméstico, agrícola, minero, servicios y recreación.	Las cabeceras municipales se abastecen principalmente del río Magdalena. En el Departamento hay un déficit hidrológico por el régimen climático, que empeora con el desarrollo de actividades como el desecamiento de ciénagas o la desconexión de corrientes.	En los ríos Tona, Suratá, Frío y Oro hay una alta presión en cuanto a disponibilidad, por lo que el índice de vulnerabilidad muestra un nivel medio para satisfacer la demanda con la oferta existente.
CALIDAD HÍDRICA	Las principales causas de degradación de la calidad hídrica son: los vertimientos directos de aguas residuales de origen doméstico, agropecuario, industrial y minero. Malas prácticas de manejo y disposición de residuos sólidos. El funcionamiento inadecuado de los pozos sépticos. Y los lodos	Las principales causas de degradación de la calidad hídrica son: vertimientos líquidos y sólidos desde zonas rurales y descarga de aguas residuales crudas.	El índice de calidad muestra niveles regulares, inadecuados y pésimos. Las principales causas de degradación de la calidad hídrica son los vertimientos pecuarios y domésticos.

	generados por los sistemas de tratamiento de aguas residuales.		
--	--	--	--

Descripción	ÁREA METROPOLITANA	
	AM de Cúcuta (AMC)	AM de Centro occidente (AMCO)
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	Oriente de la cordillera oriental de los Andes, en el departamento de Norte de Santander	Occidente de la cordillera central de los Andes, en el departamento de Risaralda
MUNICIPIOS QUE LA COMPONEN	Cúcuta, Los patios, Pamplona, Villa del Rosario, San Cayetano, El Zulia	Pereira, Dosquebradas, La Virginia
CUENCAS Y SUBCUENCAS PRINCIPALES	Cuenca del río Zulia y Cuenca del río Pamplonita. Ambas pertenecientes a la cuenca Gran Zulia de II nivel y a la gran cuenca del Catatumbo	Cuenca del río La Vieja y cuenca del río Otún
CAUCES PRINCIPALES	Ríos Zulia, Pamplonita, Peralonso, Arboledas y Salazar.	Los ríos Otún, Barbo y Azul, y las quebradas Dosquebradas y San José
ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS	El Páramo de Berlín, así como otros del complejo Santurbán, contribuye directamente a la formación de la red hídrica que abastece el área metropolitana de Cúcuta.	Los páramos del PNN de Los Nevados y del PNR Ucumarí que no están localizados en el área metropolitana, pero es el lugar del nacimiento del río Otún.
HIDROGEOLOGÍA	En estas cuencas se hallan acuíferos semiconfinados y confinados, y sus aguas presentan altos grados de dureza y turbiedad. El uso principal que se les da a estas aguas es el doméstico y agropecuario.	En Dosquebradas hay acuíferos de productividad media, utilizados como fuente alterna para uso múltiple en el municipio. En la cuenca La Vieja las aguas subterráneas son para uso doméstico, agropecuario, industrial y recreativo.
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO	En la cuenca del río Zulia, la mayor demanda es por parte del sector industrial, luego el agrícola, doméstico, pecuario y de servicios. Mientras que en la cuenca del río Pamplonita, el sector agrícola representa la mayor demanda, seguido del doméstico, pecuario e industrial.	La demanda hídrica se da en primer lugar para uso industrial, seguido del consumo humano, la acuicultura, uso agropecuario, estético y recreativo. El AMCO ejerce una alta presión sobre la disponibilidad del recurso hídrico.
CALIDAD HÍDRICA	La principal fuente de contaminación de la red hídrica es por aguas residuales del área metropolitana de Cúcuta y otros municipios, a través de vertimientos directos de las aguas domésticas y sistemas de alcantarillado deficientes.	En la cuenca del río La Vieja, las corrientes presentan deterioro por vertimientos directos de aguas residuales domésticas, agropecuarias y aguas mieles. En la cuenca del Otún, hay alta vulnerabilidad a la contaminación por el aporte del sistema de alcantarillado municipal, las actividades industriales de beneficio de café y las plantas de sacrificio.

Descripción	ÁREA METROPOLITANA	
	AM de Valledupar (AMV)	AM de Bogotá-Cundinamarca
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	Zona norte del departamento del Cesar, en la región Caribe de Colombia.	Centro del país en el altiplano Cundiboyacense, en el departamento de Cundinamarca.
MUNICIPIOS QUE LA COMPONEN	Valledupar, La Paz, San Diego, Manaure, Agustín Codazzi	Bogotá, Bojacá, Cajicá, Chía, Cogua, Cota, El Rosal, Facatativá, Funza, Gachancipá, La Calera, Madrid, Mosquera, Nemocón, Sibaté, Soacha, Sopó, Subachoque, Tabio, Tenjo, Tocancipá, Zipacón, Zipaquirá.

CUENCAS Y SUBCUENCAS PRINCIPALES	Cuenca del río Guatapurí, cuenca del río Chiriamo y el río Manaure, cuenca del río medio Cesar y la cuenca del río Magiriamo	Cuenca del río Bogotá
CAUCES PRINCIPALES	Ríos Cesar, Guatapurí, Chiriamo y Manaure	Río Bogotá, que tiene 13 tributarios principales y destacan los ríos Tunjuelo, Neusa, Frío, Balsilla, Apulo, Soacha, Negro y Chicú
ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS	Ecosistemas del PNR Serranía del Perijá y la Reserva Natural de la Sociedad Civil RNSC Los Tananeos, y el Cordón Páramo de Perijá.	Sistema de humedales en varios municipios y a nivel de distrito, en donde destacan los humedales Córdoba, Juan Amarillo, La Conejera, Chicú y Jaboque. También posee ecosistemas páramo como los de Guacheneque, Chingaza, y Rabanal.
HIDROGEOLOGÍA	El sistema acuífero Cesar es el que tiene jurisdicción sobre los municipios del área metropolitana de Valledupar. Los usos que pueden darse a estas aguas son agrícola, doméstico, de recreación y preservación de fauna y flora, y deben ser tratadas antes de usarse para consumo humano.	El sistema de acuíferos Sabana de Bogotá tiene algunos altamente productivos, por lo que varios acueductos municipales los utilizan para abastecer a la población de la sabana – centro occidente.
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO	La presión sobre la disponibilidad hídrica en Valledupar, Manaure y Agustín Codazzi es muy baja, mientras que en las microcuencas que abastecen a la Paz y San Diego, hay una presión alta.	La mayor demanda hídrica corresponde al uso doméstico, seguido del agrícola, industrial y pecuario. Hay una presión muy alta sobre la disponibilidad hídrica, por lo que se ha optado por el trasvase desde subcuencas con más embalses hacia las subcuencas con mayor demanda.
CALIDAD HÍDRICA	La calidad de estas corrientes se ve deteriorada por el vertimiento de aguas residuales domésticas y no domésticas, deficiencia en los servicios de alcantarillado y saneamiento, escorrentía de agroquímicos, y aguas utilizadas en extracción minera y en actividades turísticas.	La mayor contaminación se presenta en las subcuencas de Soacha, Tunjuelito y el sector Tibitoc-Soacha, y es producto de vertimientos domésticos e industriales, en especial de este último sector por la amplia actividad económica que se desarrolla en esta área.

Anexo 3. Check List y Análisis de Correlación en Áreas Metropolitanas de Colombia



UNIVERSIDAD DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN DE MÉXICO
DOCTORADO EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS

Lista de Verificación Información Secundaria

Porcentaje completado **0%**

	Documentos: PEMOT y PIDM	Descripción: Plan Estratégico Metropolitano de Ordenamiento Territorial (PEMOT) Plan Integral de Desarrollo Metropolitano	
#	Área Metropolitana:	Metropol (Área Metropolitana del Valle de Aburrá)	Estado

1	BASE DE FORMULACIÓN Y PLANIFICACIÓN	DETALLE	<input checked="" type="checkbox"/>
1.1	Pertinencia en las agendas globales de sostenibilidad	Se incluyen lineamientos de la agenda 2030 (ODS), (COP21), Convenio sobre diversidad biológica, Marco de Sendai...	<input checked="" type="checkbox"/>
1.2	Pertinencia Nacional de Sostenibilidad	Grado de alineación con el componente ambiental del PND y con la Política Nacional de Gestión del Recurso Hídrico	<input checked="" type="checkbox"/>
1.3	Pertinencia Departamental de Sostenibilidad	Grado de alineación con el componente ambiental del PDD, el plan departamental de aguas, y demás programas departamentales para la sostenibilidad, protección del medio ambiente, y GIRH.	<input checked="" type="checkbox"/>
1.4	Pertinencia Territorial de Sostenibilidad	Grado de alineación con los planes y programas formulados por las corporaciones autónomas regionales, tales como PORH, POMCA, PGAR, PSMV...	<input checked="" type="checkbox"/>
1.5	Pertinencia Local de Sostenibilidad	Grado de alineación con el componente ambiental de los PMD de los municipios que componen el área metropolitana, así como los lineamientos de los planes de gestión ambiental o municipal, de educación ambiental...	<input checked="" type="checkbox"/>
1.6	Diagnóstico del componente medioambiental	Se establece una línea base del sistema hídrico (superficial y subterráneo) y ambiental existente en las áreas metropolitanas, incluyendo información sobre el estado actual de las fuentes, el uso destinado, consumo promedio, zonas de protección, riesgos asociados y principales impactos ambientales	<input checked="" type="checkbox"/>
1.7	Planificación y ordenamiento territorial	Existe una integración de la gestión del agua en la planificación urbana y territorial	<input checked="" type="checkbox"/>
1.8	Evaluación de impacto social y ambiental	Se realiza un análisis de los efectos en la sociedad y el entorno natural	<input checked="" type="checkbox"/>

2	GESTIÓN DEL SISTEMA HÍDRICO	DETALLE	<input checked="" type="checkbox"/>
2.1	Gestión de ecosistemas estratégicos	Se definen estrategias para la protección de páramos, nacimientos, zonas de recarga, rondas hidráulicas y demás áreas hídricas de importancia ecosistémica.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.2	Gestión integral del recurso hídrico	Se plantean acciones para conservar la integridad del recurso en las fases de captación, almacenamiento y tratamiento, garantizando la disponibilidad y calidad a la población	<input checked="" type="checkbox"/>
2.3	Correlación con las necesidades hídricas regionales y territoriales	Los planes responden a las necesidades identificadas en el Estudio Nacional de Agua ENA	<input checked="" type="checkbox"/>

2.4	Gestión del cambio climático y calidad ambiental	Se plantean estrategias para la identificación de escenarios de riesgo (ej.: inundación) y planes para la mitigación y adaptabilidad	<input checked="" type="checkbox"/>
2.5	Gobernanza del agua	Se incluyen programas de sensibilización que promuevan la cultura del agua y la participación de las comunidades en los procesos de GIRH, así como la resolución de los conflictos relacionados	<input checked="" type="checkbox"/>
2.6	Seguimiento y evaluación	Se definen instrumentos de seguimiento y evaluación para medir el cumplimiento de los objetivos de la GIRH y realizar monitoreo de proyectos de gestión del agua	<input checked="" type="checkbox"/>
2.7	Cumplimiento de regulaciones ambientales	Grado de conformidad con regulaciones relacionadas con el agua	<input checked="" type="checkbox"/>

3	PARTICIPACIÓN Y COOPERACIÓN	DETALLE	<input checked="" type="checkbox"/>
3.1	Actores públicos	Gobiernos, concejos municipales, asambleas departamentales, E.S.E., entes de control, policía ambiental, federaciones, Asoáreas, juntas de acción local y comunal, mesas metropolitanas, CAR...	<input checked="" type="checkbox"/>
3.2	Actores privados	Gremios y corporaciones empresariales, cámaras de comercio, La Lonja, empresas privadas, partidos políticos, medios de comunicación, sindicatos, clínicas...	<input checked="" type="checkbox"/>
3.3	Actores de la sociedad civil	Mesas ambientales, cajas de compensación, ONG y fundaciones, colectivos ciudadanos, grupos étnicos, veedurías ciudadanas...	<input checked="" type="checkbox"/>
3.4	Actores internacionales	Entidades de cooperación internacional, organismos multilaterales, redes internacionales	<input checked="" type="checkbox"/>
3.5	Participación de la comunidad	Grado de participación de las comunidades del área metropolitana en la planificación de los procesos de GIRH	<input checked="" type="checkbox"/>
3.6	Mecanismos de resolución de conflictos entre partes interesadas	Existen procesos para resolver conflictos y desacuerdos entre partes interesadas	<input checked="" type="checkbox"/>
3.7	Estructura de gestión del agua	Se realiza evaluación de la estructura y organización de las entidades encargadas	<input checked="" type="checkbox"/>

4	COMPONENTE PRESUPUESTAL		<input checked="" type="checkbox"/>
4.1	Plan de inversión metropolitano	Existe un plan de inversión y presupuesto propio del área metropolitano	<input checked="" type="checkbox"/>
4.2	Política fiscal y financiera	Los planes se alinean con la política fiscal y financiera de los municipios y departamentos de influencia del área metropolitana	<input checked="" type="checkbox"/>
4.3	Partidas presupuestales para la GIRH	En los municipios que componen el área metropolitana existen partidas presupuestales destinadas a los proyectos de GIRH, así como para la adaptabilidad al cambio climático y gestión de riesgos	<input checked="" type="checkbox"/>
4.4	Partidas presupuestales para proyectos de gran alcance	Dentro del plan de inversión y presupuesto metropolitano se contemplan partidas para la ejecución de proyectos de alto costo, tales como infraestructura para distribución o tratamiento hídrico.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.5	Ejecución de inversiones	Existe un porcentaje significativo del presupuesto en proyectos hídricos	<input checked="" type="checkbox"/>
4.6	Priorización de proyectos de inversión	Se realiza una selección y clasificación de proyectos en función de su impacto y urgencia	<input checked="" type="checkbox"/>
4.7	Fuentes de financiamiento	Se obtienen fuentes de financiamiento, tanto nacionales como internacionales	<input checked="" type="checkbox"/>

Anexo 4. Panel de Expertos y Creación de Modelo

Proyecto Doctoral: “Modelo de Planificación Territorial para Mejorar el Uso del Recurso Hídrico en las Áreas Metropolitanas de Colombia Constituidas y Reconocidas por la Ley 1625 de 2013 Durante el Periodo 2020–2025”

Etapa: Creación del modelo de planificación en áreas metropolitanas de Colombia

Instrumento: Panel de expertos

Creación y Validación del Instrumento de Recolección de Información

1.1. Propósito del Instrumento

El instrumento fue diseñado para orientar la aplicación de la técnica de panel de expertos / focus group dentro de la etapa de creación y validación del modelo de planificación territorial.

Este tipo de instrumento se fundamenta en metodologías cualitativas orientadas a la construcción colectiva del conocimiento (Flick, 2015) y resulta útil para integrar saberes técnicos, científicos e institucionales.

El propósito central fue obtener insumos cualitativos y prospectivos que permitieran identificar percepciones, criterios técnicos y consensos expertos sobre los factores críticos para integrar la gestión del recurso hídrico en la planificación territorial de las áreas metropolitanas colombianas.

1.2. Objetivos del Instrumento

Objetivo General: Recoger información cualitativa y prospectiva de expertos y actores estratégicos sobre los desafíos, oportunidades y mecanismos de articulación entre la gestión hídrica y la planificación territorial metropolitana, para generar insumos que fortalezcan el modelo propuesto.

Objetivos Específicos:

- Socializar los resultados de la caracterización y principales problemáticas del recurso hídrico en las áreas metropolitanas reconocidas por la Ley 1625 de 2013.
- Identificar factores institucionales, técnicos y territoriales que influyen en la implementación de un modelo de planificación metropolitana sostenible.
- Analizar percepciones sobre la pertinencia y aplicabilidad del modelo propuesto.
- Recoger aportes prospectivos para fortalecer los componentes estratégicos, normativos y operativos del modelo.
- Validar, mediante consenso experto, los elementos conceptuales, técnicos y gráficos del modelo de planificación.

1.3. Población Participante

El panel estuvo conformado por ocho expertos nacionales, seleccionados mediante un muestreo intencional (Patton, 2015), con base en su experiencia profesional y académica en temas de planificación territorial, gestión del agua, gobernanza y sostenibilidad.

Criterios de selección:

- Experiencia comprobada (mínimo 5 años) en el campo de planificación o gestión hídrica.
- Participación en proyectos o políticas metropolitanas.
- Reconocimiento profesional y disponibilidad para participar en sesiones deliberativas.

1.4. Características del Instrumento

Aspecto	Descripción
Técnica aplicada	Panel de expertos / Focus Group semiestructurado.
Tipo de preguntas	Abiertas y semiestructuradas.
Duración estimada	90–120 minutos por sesión.
Número de participantes	Entre 6 y 12 expertos por panel.
Medios de registro	Relatorías, grabaciones (previo consentimiento) y matrices de sistematización.
Criterio de análisis	Agrupación temática, triangulación y análisis de contenido.
Método de validación	Técnica Delphi (Linstone & Turoff, 2002).

Este enfoque metodológico combina la discusión colectiva controlada propia del focus group (Krueger & Casey, 2015) con la validación estructurada y orientada al consenso del método Delphi, garantizando así fiabilidad, trazabilidad y pertinencia científica en los resultados obtenidos.

1.5. Guía de Preguntas Semiestructuradas

Dimensión Contextual

- ¿Cuáles son los principales desafíos actuales en la gestión del recurso hídrico en las áreas metropolitanas de Colombia?
- ¿Qué relación observa entre la expansión urbana y la disponibilidad de agua?
- ¿De qué manera el agua debería incorporarse en los instrumentos de planificación territorial?

Dimensión Institucional

- ¿Qué barreras o vacíos institucionales limitan la integración entre planificación territorial y gestión hídrica?
- ¿Qué mecanismos de gobernanza o coordinación deberían existir a escala metropolitana?
- ¿Qué papel considera que deben tener las autoridades ambientales y metropolitanas?

Dimensión Técnica y Metodológica

- ¿Qué herramientas o indicadores son fundamentales para la gestión sostenible del agua en contextos metropolitanos?
- ¿Qué innovaciones tecnológicas o analíticas podrían fortalecer el modelo?

Dimensión Prospectiva

- ¿Qué tendencias futuras (cambio climático, urbanización, políticas) deberían considerarse en la planificación territorial del agua?
- ¿Qué escenarios de riesgo o conflicto podrían presentarse si no se incorporan criterios hídricos en la planificación metropolitana?

Dimensión de Validación del Modelo

- ¿Qué tan pertinente y aplicable considera el modelo de planificación propuesto?
- ¿Qué ajustes o recomendaciones serían necesarios para su implementación efectiva?
- ¿Qué actores o alianzas estratégicas considera claves para garantizar su sostenibilidad?

1.6. Matriz de Sistematización de Aportes

Se empleó una matriz categorial con campos de categoría, subcategoría, fuente, idea central, cita textual y su implicación para el modelo.

Categoría	Subcategoría	Fuente (participante o grupo)	Idea central	Evidencia o cita textual	Implicación para el modelo
Contextual	Problemáticas hídricas	Experto 1	Falta de integración entre planeación y gestión del agua.	“El agua se aborda como recurso, no como determinante del territorio.”	El modelo debe situar el agua como variable estructurante.
Institucional	Gobernanza	Experto 2	Escasa coordinación entre autoridades metropolitanas y ambientales.	“Cada entidad tiene su propio plan, sin mecanismos de articulación.”	Crear un sistema de gobernanza hídrica metropolitana.
Técnica	Indicadores y herramientas	Grupo 1	Incorporar SIG e indicadores de eficiencia hídrica.	“Necesitamos información integrada para decisiones territoriales.”	Incluir módulo técnico con herramientas geoespaciales.
Prospectiva	Riesgos y tendencias	Experto 3	Escenarios de escasez hídrica por el cambio climático.	“El conflicto por el agua será urbano antes que rural.”	Integrar componentes prospectivos y de anticipación.
Validación	Pertinencia / factibilidad	Todos	Alta valoración del modelo con ajustes propuestos.	“Es aplicable, pero requiere mayor soporte institucional.”	Refinar modelo con validación Delphi.

1.7. Productos Esperados

- Guía de preguntas semiestructuradas.
- Relatorías y transcripciones de los paneles.
- Matriz de sistematización de aportes.
- Diagramas conceptuales y gráficos del modelo.
- Informe analítico y validación Delphi.
- Versión ajustada y validada del modelo de planificación territorial.

2. Desarrollo de los Paneles, Consolidación, Análisis y Resultados

2.1. Aplicación del Instrumento

Se realizaron dos paneles de expertos en el marco de los Encuentros Nacionales de Planificación y CUEE.

El primero centrado en la cocreación conceptual y el segundo en la validación mediante Delphi (Dalkey & Helmer, 1963), también se socializaron los resultados de la caracterización hídrica y las problemáticas territoriales, generando un punto de partida común para el debate colectivo.

2.2. Construcción Gráfica del Modelo

Como resultado del primer panel, se construyó la representación gráfica del modelo de planificación territorial para el uso sostenible del recurso hídrico, integrando subsistemas ambiental, institucional y técnico.

Este diagrama fue revisado y validado en el segundo panel, donde los expertos propusieron ajustes a los flujos de interacción y gobernanza.

2.3. Validación Mediante Método Delphi

El método Delphi permitió realizar un proceso de validación iterativo y estructurado, garantizando que las diferencias entre expertos se abordaran hasta alcanzar niveles de consenso superiores al 80% (Hasson, Keeney & McKenna, 2000).

Aspecto evaluado	Nivel de consenso	Observaciones principales
Coherencia conceptual	90%	El modelo refleja adecuadamente las relaciones entre niveles y componentes.
Pertinencia territorial	85%	Se ajusta a los marcos normativos de la Ley 1625/2013.
Factibilidad técnica	80%	Requiere fortalecer capacidades institucionales.
Aplicabilidad operativa	75%	Se recomienda una implementación gradual.
Representación gráfica	95%	Claridad y utilidad como herramienta de gestión.
Sostenibilidad Hídrica	90%	Se identifica como eje central del modelo

Dimensión Institucional	75%	Promueve la participación colectiva de instituciones en el proceso de planificación
-------------------------	-----	---

2.4. Resultados Generales

- El agua fue reconocida como variable estructurante de la planificación territorial.
- Se propuso un sistema de gobernanza hídrica metropolitana.
- Se incorporó un módulo técnico de indicadores y SIG.
- El componente prospectivo fortaleció la capacidad de anticipación territorial.
- La aplicación del método Delphi consolidó la validez y pertinencia del modelo

2.5. Conclusiones

El proceso metodológico, sustentado en la combinación del panel de expertos y el método Delphi, permitió avanzar de la cocreación conceptual a la validación estructural del modelo.

La aplicación de estos instrumentos aseguró rigurosidad metodológica, participación experta y validez interna, generando un modelo integral, contextualizado y aplicable a las áreas metropolitanas colombianas bajo principios de sostenibilidad, gobernanza y gestión basada en evidencia.

Anexo 5. Registro Fotográfico Panel de Expertos

Primer Panel de Expertos



Segundo Panel de Expertos





Validación de Resultados

