



Evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico superficial, en el marco de los instrumentos de comando y control ambiental en la jurisdicción de la Oficina Territorial Citará de Corantioquia.

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Ambiental

Maribel Jaramillo Rendón

Asesor

Andrés Felipe Noreña Henao

Ingeniero Ambiental, Magíster en Derecho del Estado con énfasis en Derecho de los Recursos Naturales

Corporación Universitaria Lasallista

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Ambiental

Caldas, Antioquia

2026

Agradecimiento

Doy gratitud infinita a Dios por guiarme en el camino y acercarme a las personas y a las oportunidades correctas que hicieron posible culminar esta etapa. Este trabajo de grado representa la finalización de un ciclo construido con disciplina, esfuerzo y profunda dedicación. Queda grabado en mi memoria como un momento lleno de sentimientos encontrados: alegría por lo alcanzado y nostalgia por los años de aprendizaje, retos y crecimiento personal.

Agradezco cada uno de los consejos de vida y cada lección aprendida, pues fueron piezas fundamentales que moldearon mi carácter y fortalecieron mis convicciones, guiándome día tras día hacia una versión más consciente, más firme y auténtica de mí misma.

Mi más sincero agradecimiento a mis padres y hermanos, porque este logro también les pertenece. Ellos siempre vieron en mí la esperanza de construir un camino digno, confiaron en mis decisiones y en mi voluntad de avanzar. Su apoyo incondicional, su fe en mi futuro y su presencia constante fue lo que me sostuvo incluso en los momentos más desafiantes.

A mis abuelos y tíos, gracias por esperar siempre lo mejor para mi vida. En especial a mi abuela Luz, por orientarme con su sabiduría, enseñarme a tomar decisiones correctas y por regalarme palabras que siempre serán refugio de calma y seguridad.

A mis profesores de colegio, gracias por sembrar en mí la curiosidad, el entusiasmo, los valores y la ética que hoy sostienen mi camino profesional y personal. Y a mis profesores de la universidad, gracias por acercarme a la academia desde la pasión por enseñar, por abrir las puertas a un mundo de conocimientos y por ayudarme a descubrir intereses y afinidades que hoy delinearán mis proyecciones futuras.

A mis colegas y amigos de la universidad, gracias por acompañar este camino con sinceridad, complicidad y apoyo genuino. Con ustedes aprendí que la vida académica no solo se construye con estudio y disciplina, sino también con conversaciones que alivian y momentos compartidos que le dan sentido a todo el esfuerzo. Su presencia hizo que este recorrido fuera más humano, más amable y, sobre todo, más significativo.

Mi profundo agradecimiento a las fundaciones Fraternidad Medellín y Aurelio Llano Posada, por su compromiso con la educación y por brindar a jóvenes de la ruralidad colombiana la oportunidad de acceder a la educación superior. Este respaldo no solo abre puertas académicas, sino caminos de transformación personal y social.

A la Oficina Territorial Citará de Corantioquia y a cada uno de sus integrantes, gracias por ser mi puerta de entrada al mundo laboral. Su calidez humana, la confianza depositada en mí y los criterios técnicos aprendidos durante estos seis meses de práctica empresarial marcaron un punto de inflexión en mi formación profesional. Cada experiencia allí vivida dejó una huella que trascenderá en mi manera de ejercer. Haber hecho parte de este equipo no solo enriqueció mis habilidades, sino que también reafirmó mi vocación profesional.

Terminar este trabajo de grado representa la culminación de una etapa profundamente significativa, pero también el inicio de otra. Como diría mi querida Mercedes Arrubla: “en el horizonte no termina el mar”. Hoy avanzo con gratitud, esperanza y la certeza de que cada paso me acerca a nuevos caminos.

Resumen

El presente trabajo de grado tiene como propósito formular una metodología para evaluar la disponibilidad hídrica superficial en cinco cuencas de Nivel Subsiguiente 2 (NSS2) pertenecientes a la jurisdicción de la Oficina Territorial Citará de Corantioquia, en respuesta a los crecientes conflictos por el uso del agua en el territorio. Para ello, se desarrolló un proceso metodológico basado en la revisión normativa y técnica de la gestión del recurso hídrico en Colombia, la identificación de criterios de priorización de cuencas y la construcción de un modelo de evaluación sustentado en indicadores hidroclimáticos representativos. La priorización permitió seleccionar las cinco subcuencas con mayores presiones y riesgos, sobre las cuales se aplicó el Índice de Uso del Agua (IUA) modificado que integra la oferta hídrica reportada en los POMCA vigentes y la demanda asociada a los caudales facturados en la Tasa por Uso del Agua para el año 2024. Los resultados evidencian diferencias significativas en el nivel de presión sobre el recurso, destacándose la subcuenca Quebrada Fotuta con un IUA alto y las restantes con valores bajos o muy bajos, lo cual sugiere que, aunque existen presiones puntuales, en general la disponibilidad hídrica aún puede sostener la demanda actual. No obstante, se identifican riesgos asociados a la gobernanza, la distribución espacial de los usos y la ausencia de ecosistemas estratégicos en algunas cuencas. En consecuencia, la metodología propuesta constituye una herramienta útil para orientar decisiones de planificación, seguimiento y administración del recurso hídrico en el territorio.

Palabras clave: disponibilidad hídrica, priorización de cuencas, indicadores hidrológicos, gestión del recurso hídrico, Corantioquia.

Abstract

This undergraduate thesis aims to formulate a methodology for evaluating surface water availability in five Level 2 Subsequent Watersheds (LSS2) within the jurisdiction of the Citará Territorial Office of Corantioquia, in response to the growing challenges arising from human activity, climate variability, and the limited integration of technical information. To this end, a methodological process was developed based on a review of the regulations and technical aspects of water resource management in Colombia, the identification of basin prioritization criteria, and the construction of an evaluation model based on representative hydroclimatic indicators. The prioritization process allowed for the selection of the five sub-basins with the greatest pressures and risks. A modified Water Use Index (WUI) was then applied to these sub-basins, integrating the water supply reported in the current Water Management Plans (POMCA) and the demand associated with the flows billed under the Water Use Fee for 2024. The results show significant differences in the level of pressure on the resource, with the Quebrada Fotuta sub-basin standing out with a high WUI and the remaining sub-basins with low or very low values. This suggests that, although there are localized pressures, in general, water availability can still sustain current demand. However, risks associated with governance, the spatial distribution of uses, and the absence of strategic ecosystems in some basins were identified. Consequently, the proposed methodology constitutes a useful tool for guiding decisions regarding the planning, monitoring, and management of water resources in the territory.

Keywords: water availability, basin prioritization, hydrological indicators, water resource management, Corantioquia.

Tabla de contenido

Glosario	12
Siglas y acrónimos	14
Introducción	15
Planteamiento del problema.....	17
Justificación.....	20
Objetivos	27
Objetivo general	27
Objetivos específicos.....	27
Alcance y limitaciones	28
Marco teórico	31
Capítulo I. Gestión hídrica: Fundamento técnicos, normativos y metodológicos.....	31
1.1 Elementos técnicos y jurídicos de la administración del recurso hídrico.....	31
<i>1.1.1 Aspectos de la gestión del recurso hídrico.....</i>	<i>31</i>
<i>1.1.2 Marco jurídico.....</i>	<i>36</i>
<i>1.1.3 Instrumentos de planificación del recurso hídrico.....</i>	<i>41</i>
<i>1.1.4. Estudios ambientales del recurso hídrico</i>	<i>47</i>
1.2 Metodologías e indicadores de evaluación de disponibilidad hídrica.....	48
<i>1.2.1 Metodologías de disponibilidad hídrica</i>	<i>48</i>
<i>1.2.2 Indicadores de disponibilidad hídrica.....</i>	<i>51</i>
Capítulo II. Criterios técnicos de priorización de cuencas	53
2.1. Identificación de criterios definidos en la priorización para la formulación de instrumentos de planificación ambiental.....	54
2.2. Criterios de priorización de cuencas definidos.....	57
<i>2.2.1 Selección de parámetros existentes aplicables.....</i>	<i>57</i>
<i>2.2.2. Planteamiento de criterios adicionales.....</i>	<i>61</i>
2.3. Valoración de los criterios de priorización de cuencas.....	65
Matriz de ponderación.....	68
Metodología	69

Capítulo III. Ruta metodológica.....	70
3.2. Elementos de un proceso metodológico.....	70
3.3. Planteamiento de la ruta metodológica	70
3.3. <i>Flujograma de actividades de la ruta metodológica</i>	72
Resultados	74
Capítulo IV. Implementación de la ruta metodológica.....	74
4.1 Actividad 1. Contexto hidrográfico e identificación de cuencas NSS2	74
4.1.1 <i>Identificación cartográfica de las subcuencas</i>	74
4.1.1.1 <i>Justificación de análisis a nivel de cuenca NSS2</i>	76
4.1.2 <i>Verificación de la información hidrometeorológica disponible</i>	76
4.1.3 <i>Consulta y sistematización de criterios de priorización definidos en el</i> <i>capítulo II</i>	77
4.2 Actividad 2: Aplicación de criterios de priorización y selección de cuencas.....	78
4.2.1 <i>Calificación de criterios</i>	79
4.2.2 <i>Ponderación individual y puntaje por subcuenca</i>	79
4.2.3 <i>Clasificación de los resultados en la matriz de valoración</i>	81
4.2.4 <i>Selección de las cinco subcuencas priorizadas</i>	81
4.3 Actividad 3: Diseño de la ruta metodológica de evaluación de disponibilidad hídrica.	82
4.3.1 <i>Formulación de la ecuación para evaluar la disponibilidad hídrica</i>	82
4.3.2 <i>Recolección de la información de demanda y oferta</i>	83
4.4 Actividad 4: Aplicación de la ruta metodológica	84
4.4.1 <i>Aplicación de Índice de Uso del Agua Modificado</i>	85
4.4.2 <i>Interpretación de Índice de Uso del Agua</i>	87
Conclusiones	89
Recomendaciones.....	92
Referencias	93

Índice de tablas

Tabla 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con el ODS 6	21
Tabla 2. Marco Normativo de la administración del agua en Colombia.....	23
Tabla 3. Marco Normativo de la gestión integral del recurso hídrico en Colombia	37
Tabla 4. Instrumentos de planificación del recurso hídrico.....	41
Tabla 5. Estudios ambientales del recurso hídrico.	47
Tabla 6. Indicadores de disponibilidad hídrica	51
Tabla 7. Subcuencas con un área menor a 1,5 km ² en la territorial.....	53
Tabla 8. Criterios técnicos de priorización de cuencas	54
Tabla 9. Ecosistemas Estratégicos en la Territorial Citará	58
Tabla 10. Presencia de ecosistemas estratégicos en las subcuencas de la Territorial Citará	59
Tabla 11. Indicadores en el diagnóstico del POMCA del Río San Juan y el POMCA del Río San Juan Ituango.	61
Tabla 12. Microcuencas abastecedoras en las subcuencas de la Oficina Territorial Citará.....	62
Tabla 13. Densidad de usuarios por área.....	63
Tabla 14. Densidad de usuarios por caudal concesionado.....	64
Tabla 15. Densidad de caudal concesionado por área.....	65
Tabla 16. Calificación de los criterios de priorización.	66

Índice de figuras

Ilustración 1. Demanda hídrica multisectorial por departamento.	22
Ilustración 2. Porcentajes de caudales (demanda) en la OT Citará.....	25
Ilustración 3. Matriz de Asociación IVH	52
Ilustración 4. Rango de prioridades de las microcuencas.....	57
Ilustración 5. Flujograma de actividades.....	73
Ilustración 6. Interpretación del índice de Uso del Agua	87

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Balance Hídrico (Ordoñez, 2011).	34
Ecuación 2: Método de Turc	50
Ecuación 4. Índice de Aridez	51
Ecuación 5. Índice de Regulación Hídrica.....	52
Ecuación 6. Índice de Uso del Agua	52
Ecuación 6. Operación condicional de priorización de cuencas	56
Ecuación 7. Sumatoria priorización de cuencas.....	56
Ecuación 8. Sumatoria de resultados, priorización de cuencas.....	56
Ecuación 9. Densidad por uso.....	63
Ecuación 10. Densidad por caudal concesionado.	64
Ecuación 11. Densidad por caudal concesionado.....	65
Ecuación 12. Ponderación de criterios	67
Ecuación 13. Ponderación de criterios	80
Ecuación 14. Índice de Uso del Agua Modificado.....	83

Índice de Mapas

Mapa 1. Zonificación del POMCA del río San Juan.....	42
MAPA 2. Zonificación del POMCA del Río San Juan Ituango.	43
Mapa 3. PORH del río San Juan.....	44
Mapa 4. PORH de la Quebrada Magallo.....	45
Mapa 5. PORH de la quebrada San Mateo.....	45
Mapa 6. Cuencas de NSS2 en la jurisdicción de la OT Citará.....	75

Glosario

Área hidrográfica: División territorial basada en unidades de drenaje natural, utilizada como referencia para la planificación y gestión del recurso hídrico.

Balance hídrico: Relación cuantitativa entre las entradas, salidas y variaciones en el almacenamiento de agua en una cuenca durante un período determinado.

Caudal concesionado: Volumen de agua superficial o subterránea autorizado por la de para un usuario o actividad específica.

Concesión de aguas: Instrumento administrativo mediante el cual se otorga el derecho al uso del agua, bajo condiciones técnicas y ambientales.

Cuenca hidrográfica: Unidad geográfica delimitada por divisorias de aguas, donde toda la escorrentía converge hacia un punto común, generalmente un río principal.

Demanda hídrica: Volumen de agua requerido por los diferentes usuarios y sectores productivos en un territorio.

Disponibilidad hídrica: Cantidad de agua con la que cuenta un territorio para satisfacer la demanda, garantizando sostenibilidad ecológica y operativa.

Ecosistema estratégico: Área natural que cumple funciones esenciales para la regulación hídrica, conservación de biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos.

Evapotranspiración: Proceso combinado por el cual el agua se transfiere desde el suelo y la vegetación hacia la atmósfera.

Índice de Aridez (IA): Indicador que mide el grado de déficit o excedente hídrico en un territorio, basado en la relación entre evapotranspiración potencial y real.

Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH): Indicador que evalúa la capacidad de una cuenca para mantener un régimen estable de caudales a lo largo del tiempo.

Índice de Uso del Agua (IUA): Relación entre la demanda hídrica multisectorial y la oferta hídrica disponible, expresada como un porcentaje de presión sobre la cuenca.

Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH): Indicador que estima el riesgo de desabastecimiento hídrico considerando presión de uso y capacidad de regulación natural.

Microcuenca abastecedora: Unidad hidrográfica de pequeño tamaño (generalmente <500 km²) que proporciona agua para consumo humano o actividades productivas.

Oferta hídrica: Volumen de agua disponible en una cuenca, derivado de aportes naturales como precipitación, escorrentía e infiltración.

POMCA (Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas): Instrumento de planificación ambiental que orienta el uso sostenible y la protección del agua y ecosistemas asociados en una cuenca.

PORH (Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico): Instrumento técnico que establece objetivos de calidad, usos permitidos y lineamientos de manejo sobre cuerpos de agua específicos.

Presión antrópica: Conjunto de impactos generados por las actividades humanas que pueden afectar la disponibilidad, calidad o regulación del recurso hídrico.

Reglamentación de corrientes: Procedimiento mediante el cual se define la distribución equitativa del uso del agua de una fuente entre los usuarios que dependen de ella.

Subcuenca: División interna de una cuenca mayor, delimitada por divisorias secundarias, utilizada para análisis y gestión más detallados.

Tasa por Uso del Agua (TUA): Pago económico que deben realizar los usuarios del recurso hídrico en función del volumen de agua utilizado, regulado por la autoridad ambiental.

Siglas y acrónimos

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible	OT: Oficina Territorial
CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe	POF: Plan de Ordenación Forestal
IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	POT: Plan de Ordenamiento Territorial
CARs: Corporaciones Autónomas Regionales	PSMV: Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos
ONU: Organización de Naciones Unidas	IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi
IUA: Índice de Uso del Agua	IPC: Índice de Precio al Consumidor
TUA: Tasa por Uso del Agua	SINA: Sistema Nacional Ambiental
POMCA: Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas	RNR: Recursos Naturales Renovables
PORH: Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico	IA: Índice de Aridez
IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	IRH: Índice de Retención y Regulación Hídrica
PGAR: Plan de Gestión Ambiental Regional	IUA: Índice de Uso del Agua
PM: Plan de Manejo	IVH: Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento
PNGIRH: Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico	PEE: Presencia de ecosistemas estratégicos
ERA: Estudio Regional del Agua	MA: Microcuencas abastecedoras
ENA: Estudio Nacional del Agua	Nº U/A: Densidad de Usuarios por Área
NSS1: Nivel Subsiguiente 1	NºU/Q: Densidad de Usuarios por Caudal concesionado
NSS2: Nivel Subsiguiente 2	Q/A: Densidad de Caudal concesionada por Área

Introducción

El acceso y la gestión del agua se han convertido en un tema crítico dentro de los debates ambientales contemporáneos, no solo por el aumento de la demanda y la variabilidad climática, sino también por la necesidad de garantizar un uso equilibrado del recurso en territorios complejos. En regiones como el Suroeste Antioqueño, donde la diversidad de actividades productivas coincide con una oferta hídrica condicionada por procesos naturales y antrópicos, la administración del recurso exige herramientas precisas que permitan comprender su disponibilidad real. La Oficina Territorial Citará (OT) de Corantioquia, responsable de la gestión ambiental en este territorio, enfrenta el desafío de administrar el recurso hídrico en un contexto donde las presiones sobre las cuencas son cada vez más visibles, y donde la toma de decisiones requiere información integrada, actualizada y técnicamente fundamentada.

A pesar de contar con instrumentos como los POMCA1 y los PORH2, la información sobre disponibilidad superficial suele encontrarse dispersa entre diferentes fuentes y metodologías, lo cual dificulta establecer diagnósticos comparables entre unidades hidrográficas. Esta fragmentación limita la capacidad de priorizar cuencas, anticipar riesgos y orientar intervenciones que permitan proteger servicios esenciales como el abastecimiento humano, la producción agropecuaria y el sostenimiento de ecosistemas estratégicos. Frente a este vacío, surge la necesidad de una metodología que unifique criterios hidrológicos, ambientales y administrativos en un proceso coherente y replicable para el análisis en subcuencas.

El propósito de este trabajo es desarrollar una metodología que evalúe la disponibilidad hídrica superficial en cinco cuencas de Nivel Subsiguiente Dos (NSS2) de la jurisdicción de la OT Citará, integrando indicadores de oferta, demanda, regulación y vulnerabilidad. Esta propuesta busca facilitar la comprensión del estado actual del recurso en cada subcuenca, evidenciar presiones críticas y aportar un insumo técnico que fortalezca la gestión institucional. Asimismo, pretende convertirse en una herramienta práctica para apoyar la planificación del territorio, optimizar la administración del recurso y promover decisiones más consistentes y sostenibles.

El documento se estructura en cuatro capítulos: el primero presenta los fundamentos técnicos y normativos que orientan la gestión hídrica en Colombia; el segundo define los criterios de priorización utilizados para seleccionar las cuencas de estudio; el tercero formula la ruta metodológica que orienta el análisis de disponibilidad hídrica; y el cuarto implementa dicha metodología, analizando los resultados de las subcuencas priorizadas. En conjunto, esta investigación busca contribuir al fortalecimiento de la gestión hídrica regional a través de una metodología clara, aplicable y alineada con las necesidades del territorio.

Planteamiento del problema

La gestión del recurso hídrico se ha convertido en uno de los desafíos ambientales más relevantes para los territorios que dependen ampliamente de fuentes superficiales, especialmente en regiones donde convergen múltiples actividades productivas y condiciones climáticas variables. En el Suroeste antioqueño, la complejidad del paisaje, la presión creciente sobre las fuentes de agua y la necesidad de garantizar un abastecimiento suficiente y con calidad hacen evidente la importancia de contar con diagnósticos precisos sobre la disponibilidad hídrica. La Oficina Territorial Citará de Corantioquia administra un territorio en el que la agricultura, la ganadería, la acuicultura, la generación de energía y el uso doméstico ejercen presiones diferenciales sobre el patrimonio hídrico que es, por naturaleza, vulnerable a las alteraciones del clima y a la intervención humana. Esta situación se agrava debido a que la información disponible para comprender la dinámica hídrica del territorio suele encontrarse fragmentada entre diferentes estudios, metodologías y escalas de análisis.

Si bien Colombia cuenta con instrumentos técnicos y normativos como los POMCA y los PORH, la Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) y estudios como el Estudio Nacional del Agua (ENA) y la Evaluación Regional del Agua (ERA), dicha información no se articula adecuadamente cuando se requiere evaluar la disponibilidad hídrica en unidades territoriales operativas, como las cuencas de Nivel Subsiguiente Dos (NSS2). Estas subcuencas representan un nivel de análisis clave para la toma de decisiones institucionales, dado que concentran procesos locales de presión por usos y riesgos asociados al desabastecimiento. Sin embargo, la información existente no permite integrar de manera coherente indicadores como la oferta, la demanda, la regulación hídrica o la vulnerabilidad, lo cual limita la posibilidad de establecer comparaciones consistentes entre unidades hidrográficas.

A lo anterior se suma que la Tasa por Uso del Agua (TUA), aunque constituye una fuente oficial para estimar la demanda efectiva, no representa por sí sola la totalidad de los consumos, dado que en la jurisdicción de la OT Citará existe un número significativo de usuarios no legalizados que no se encuentran registrados en este sistema. Esto incrementa la incertidumbre sobre los volúmenes reales de extracción y dificulta la elaboración de diagnósticos precisos. Además, las variaciones climáticas anuales y estacionales afectan los niveles de caudales, la

capacidad de regulación natural y los índices de presión sobre el recurso, lo que exige un enfoque metodológico que pueda integrar estas variaciones y ofrecer una lectura más real del estado de las subcuencas.

La revisión de la literatura técnica y los instrumentos de planificación ambiental evidencia que, aunque existen metodologías para caracterizar variables aisladas como el Índice de Aridez, el Índice de Retención y Regulación Hídrica, el Índice de Uso del Agua o la vulnerabilidad por desabastecimiento, no se dispone de un modelo metodológico que permita integrarlas de manera sistemática para evaluar la disponibilidad hídrica superficial en subcuencas NSS2 de la OT Citará. La ausencia de un enfoque unificado representa una brecha significativa, ya que dificulta establecer prioridades, reconocer escenarios de riesgo y orientar de manera estratégica las acciones de planificación, control y seguimiento por parte de la autoridad ambiental.

En consecuencia, surge la necesidad de formular una metodología que permita evaluar la disponibilidad hídrica superficial de manera integral, objetiva y replicable, considerando simultáneamente la oferta proveniente de los POMCA, la demanda efectiva reflejada en la TUA, la capacidad de regulación hídrica, la presión por uso y las condiciones de vulnerabilidad de las subcuencas. Esta integración permitiría superar la fragmentación actual de la información y ofrecería un insumo sólido para la toma de decisiones sobre concesiones, protección de ecosistemas estratégicos, identificación de áreas críticas y enfoque territorial de la gestión del recurso.

El problema central que orienta este trabajo puede sintetizarse en la siguiente pregunta: ¿cómo evaluar de manera integral la disponibilidad hídrica superficial en las subcuencas de Nivel Subsiguiente 2 de la OT Citará, integrando información dispersa sobre oferta, demanda, regulación y vulnerabilidad, con el fin de establecer prioridades y orientar las decisiones institucionales para la gestión del recurso hídrico? Esta pregunta refleja tanto la complejidad del territorio como la necesidad de contar con información actualizada, comparable y técnicamente fundamentada.

El alcance de este estudio se delimita a cinco subcuencas seleccionadas mediante un proceso de priorización basado en criterios técnicos y ambientales. Dichas unidades hidrográficas pertenecen a la zona Río San Juan y presentan presiones diferenciadas asociadas a sus condiciones biofísicas y la naturaleza de su demanda registrada. La investigación se centra en el análisis de información secundaria procedente de los instrumentos de planificación ambiental vigentes, complementada con los datos de la Tasa por Uso del Agua del año 2024. La población de referencia

corresponde a los usuarios del recurso hídrico en la jurisdicción de la OT Citará, como comunidades abastecidas, productores, instituciones y sectores económicos que dependen de las fuentes superficiales. El ámbito geográfico comprende los municipios vinculados a las subcuencas priorizadas, que presentan en conjunto diversos grados de vulnerabilidad y de presión sobre el recurso.

En síntesis, el planteamiento del problema reconoce la falta de un método integrado y operativo para evaluar la disponibilidad hídrica superficial en las subcuencas NSS2 de la OT Citará, a pesar de la amplia información existente en instrumentos nacionales y regionales. Esta brecha metodológica afecta la capacidad de priorizar acciones, anticipar riesgos y administrar de manera sostenible este recurso vital en un territorio con múltiples demandas y alta vulnerabilidad ambiental. Por ello, el presente trabajo propone una metodología que combina indicadores clave y datos actualizados para ofrecer una lectura precisa del estado del recurso hídrico, contribuyendo al fortalecimiento de la gestión ambiental en la región.

Justificación

La gestión sostenible del recurso hídrico es uno de los desafíos ambientales más apremiantes del siglo XXI, debido al incremento sostenido en la demanda de agua, asociado al crecimiento poblacional, el desarrollo económico y el cambio en los patrones de consumo. En este contexto la Organización de Naciones Unidas (ONU) advierte sobre los riesgos de subvalorar el bien natural, dada su función ecológica, sanitaria, social y cultural; toda vez que, alrededor de la mitad de la población mundial presenta condición de escasez. Oceanía y África son los continentes que tienen el mayor déficit hidrológico a nivel mundial, alrededor del 73% de la población de África no utiliza servicios de potabilización. Por otra parte, hay regiones de América Latina con niveles de estrés hídrico superiores al 80%, por periodos de 3 a 12 meses (UNESCO, 2021). De manera general, la disponibilidad de agua se ve afectada por los efectos de la Triple Crisis Planetaria, relacionada con el cambio climático, la contaminación y la pérdida de biodiversidad. Esta situación acelera la degradación de la reserva hídrica en términos de cantidad y calidad, comprometiendo el bienestar social (PNUMA, 2021).

En el ámbito internacional, las Naciones Unidas reconocen el agua como un derecho humano fundamental, orientado a garantizar un acceso seguro y continuo para todas las personas (CNDH, 2002). Este derecho se integra en la Agenda 2030³ desde el ODS⁴ 6, el cual reafirma la necesidad de brindar agua limpia y saneamiento para la población. Este objetivo se considera un factor habilitante, en la medida que se articula con otros ODS, tales como la reducción de la pobreza, la salud, la seguridad alimentaria, la igualdad de género, la energía, el crecimiento económico y la protección ambiental (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2015). En la Tabla 1 se especifica la relación entre los 16 objetivos de desarrollo sostenible y el ODS 6.

³ Agenda 2030: Un plan global que establece 17 objetivos y 169 metas para promover el desarrollo económico, social y ambiental.

⁴ Objetivo de Desarrollo Sostenible - ODS

Tabla 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con el ODS 6

ODS		CONEXIÓN ESTRATEGICA	ODS	CONEXIÓN ESTRATEGICA	
1	Fin de la pobreza	El agua limpia y el saneamiento disminuyen la vulnerabilidad y mejoran los ingresos familiares.	10	Reducción de las desigualdades	El agua y saneamiento son claves para la inclusión social y económica de los más pobres.
2	Hambre cero	El agua es clave para la productividad agrícola y el procesado de alimentos	11	Ciudades y comunidades sostenibles	Muertes y pérdidas económicas por desastres relacionados con el agua.
3	Salud y bienestar	El saneamiento previene las enfermedades transmitidas por el agua, al igual que las muertes producidas por la contaminación del agua.	12	Producción y consumo responsable	Contaminación del agua por productos químicos y residuos.
4	Educación de calidad	El agua y el saneamiento mejoran el rendimiento escolar, y en escuelas disminuye el ausentismo.	13	Acción por el clima	Agua clave en la adaptación al cambio climático y resiliencia de personas, actividades económicas y ecosistemas.
5	Igualdad de género	Hay derechos al agua y el saneamiento vulnerados especialmente en mujeres y niñas.	14	Vida submarina	Reducción de la contaminación marina y costera requiere mejoras en la calidad del agua.
7	Energía asequible y no contaminante	La producción de energía es altamente dependiente del agua.	15	Vida de ecosistemas terrestres	Ecosistemas interiores de agua dulce y humedales, efecto de especies invasoras en ecosistemas acuáticos.
8	Trabajo decente y crecimiento económico	El agua y saneamiento aumentan productividad laboral y crecimiento económico.	16	Paz, Justicia e instituciones sólidas	Importancia de la colaboración entre regiones y países que comparten recursos hídricos para evitar conflictos.
9	Industria, innovación e infraestructura	El agua y el saneamiento propician espacios para la innovación y son claves para la industria y la infraestructura	17	Alianza para lograr los objetivos	La relación del agua con todos los objetivos la hacen un ámbito clave para fomentar alianzas y cooperación.

Fuente: ONGAWA (2020). Elaboración propia.

El alcance de las metas del ODS 6 se dificulta en la medida que se presentan cuencas con una oferta hídrica vulnerable; como la del Amazonas, la cual ha experimentado sequías por el aumento de la temperatura y el déficit de precipitación (Organización Meteorológica Mundial, 2025). Dicha intensificación y frecuencia de los fenómenos meteorológicos se han considerado dentro de los riesgos ambientales, definidos como la principal fuente de preocupación a largo plazo, con realidades a corto plazo, contemplando escasez de los recursos naturales, entre ellos el agua (Foro Económico Mundial, 2025). La anterior situación constituye una de las principales consecuencias de la forma en la que se administra el recurso, que a su vez deriva problemáticas asociadas con el uso del suelo, alteración de las condiciones naturales de la cuenca, así como cauces intermitentes, captaciones ilegales y reparto inequitativo del agua. En el marco de la gestión hídrica la CEPAL⁵ considera que esta se enfoca en: “*Garantizar disponibilidad en cantidad y*

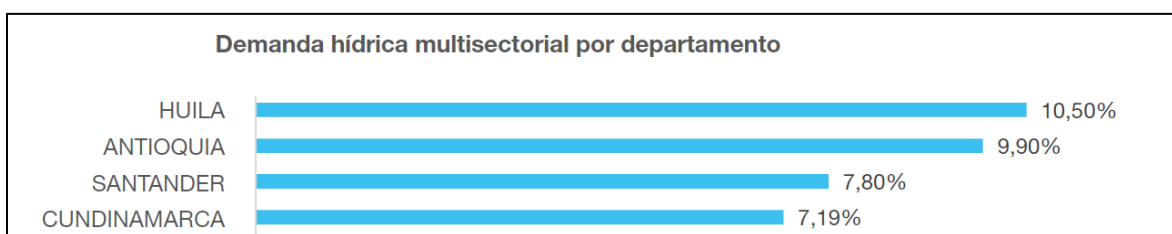
⁵Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL

calidad para el abastecimiento humano, los usos de subsistencia, la protección de los ecosistemas y la producción” (CEPAL, 2016).

En Colombia, la Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico advierte que la cuenca Magdalena–Cauca presenta rendimientos hídricos bajos y una relación oferta demanda desfavorable. Esto afecta al 80% de los municipios del país que se abastecen de fuentes pequeñas y altamente vulnerables como quebradas y arroyos. En el Departamento de Antioquia, esta situación se replica en el río Cauca, donde la calidad del agua decrece especialmente en temporadas de lluvia debido al aporte de sólidos y materia orgánica de origen agroindustrial, lo que deteriora el recurso y reduce su disponibilidad para diversos usos. En consecuencia, el índice de calidad del agua para la preservación de la fauna y la flora ha disminuido, mostrando valores más desfavorables durante la época de lluvias (MAVDT, 2010).

El Estudio Nacional del Agua (ENA) es un insumo clave para la toma de decisiones, ya que cuantifica la oferta, la demanda y los riesgos asociados al recurso hídrico. Puntualmente en Antioquia, el 12% del territorio se localiza en la cuenca Caribe y el 88% en la cuenca Magdalena Cauca; si bien ambas cuentan con oferta de agua, estas se clasifican como zonas con escasez debido a la alta presión ejercida por la segunda mayor demanda multisectorial del país (IDEAM, 2022). La Figura 1 muestra los departamentos del país con las mayores presiones por la demanda multisectorial.

Ilustración 1. *Demanda hídrica multisectorial por departamento.*



Fuente: (IDEAM, 2022).

En Antioquia, los sectores que más agua consumen son la minería (49,1%), el doméstico (13,5%) y el pecuario (11,7%). Esta alta demanda se refleja en el Índice de Uso del Agua (IUA), que muestra una creciente presión sobre el recurso. Durante años secos, la proporción de Subzonas

Hidrográficas clasificadas con niveles de uso alto, muy alto o crítico aumenta del 17% al 30%. En la cuenca Magdalena–Cauca, específicamente, ocho de las veintiocho Subzonas Hidrográficas requieren moderar su consumo para evitar un mayor deterioro de la disponibilidad hídrica.

Por su parte, Colombia ha avanzado en la reglamentación de instrumentos técnicos y jurídicos con el propósito de administrar y proteger el patrimonio hídrico, en respuesta a la problemática mundial por la presión del uso y la contaminación. En la Tabla 2 se consolida el Marco Normativo de la administración del recurso Hídrico en Colombia.

Tabla 2. Marco Normativo de la administración del agua en Colombia.

Normatividad	Año	Aporte Clave
Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto Ley 2811)	1974	Primer cuerpo normativo que establece la regulación del uso y manejo de los recursos naturales. Define el agua como un recurso de dominio público y establece los principios de la Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (OMCH) , siendo el precursor de los POMCA.
Constitución Política de Colombia	1991	Eleva la protección del ambiente a un derecho colectivo y un deber del Estado. Si bien no menciona explícitamente el "derecho humano al agua" (DHA), establece que el Estado debe garantizar la calidad de vida y el saneamiento ambiental , sentando las bases para el posterior reconocimiento del DHA por la Corte Constitucional.
Ley del Sistema Nacional Ambiental (SINA) - Ley 99	1993	Crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) , como CORANTIOQUIA. Otorga a las CARs la potestad de administrar el recurso hídrico, otorgar concesiones, y establecer las tasas por utilización (Tasa de Uso) y por vertimientos (Tasa Retributiva).
Ley del Plan Nacional de Desarrollo (Ley 1450)	2011	Art. 215: Dispone que la formulación de los POMCA (Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas) es competencia de las CARs y establece criterios para su elaboración, fortaleciendo el instrumento de planificación en las subzonas hidrográficas.
Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible (Decreto 1076)	2015	Compila y racionaliza la normatividad ambiental dispersa. Específicamente, establece el régimen de concesiones de aguas y reglamenta de forma detallada las fases de formulación, ejecución y seguimiento de los POMCA , alineando su planeación con la zonificación hidrográfica del IDEAM ⁶ .

Elaboración propia.

La administración de los recursos naturales en el territorio, entre ellos el agua, se otorgó como una de las funciones de las CARs⁷. Puntualmente el Artículo 23 de la Ley 99 de 1993 definió la naturaleza jurídica de las Corporaciones Autónomas Regionales:

⁶ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM

⁷ Corporaciones Autónomas Regionales - CARs

“Son entes corporativos de carácter público, creados por la ley, integrados por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargados por la ley de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables (entre ellos el agua) y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente.” (Congreso de Colombia, 1993).

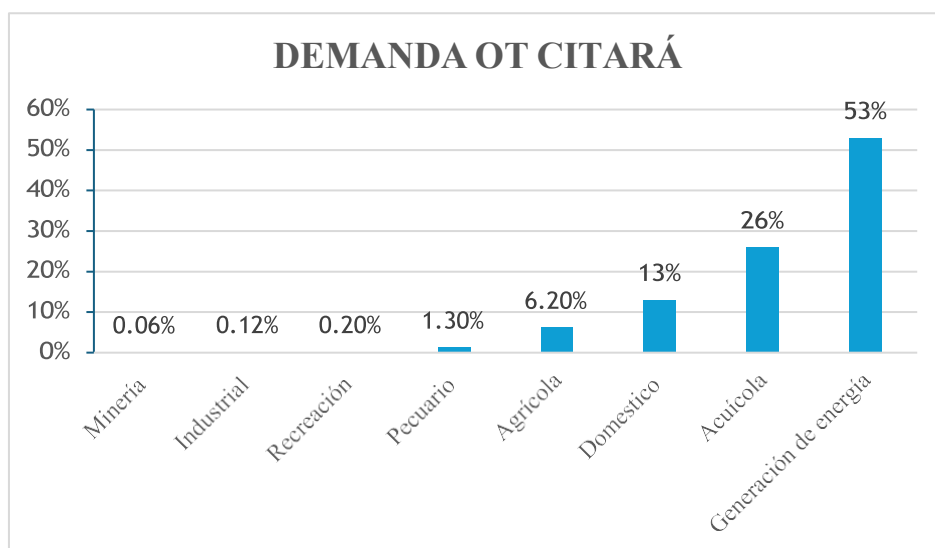
Por su parte, el artículo 33 de la Ley 99 de 1993 crea la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia), entidad encargada de la administración de los recursos naturales en 80 municipios del departamento de Antioquia. Como parte de sus funciones, Corantioquia formula el Estudio Regional del Agua (ERA), instrumento técnico que permite establecer cuál es el estado actual, dinámica y tendencias de los recursos hídricos, respecto a su oferta, demanda, calidad y vulnerabilidad. Este estudio es una herramienta que permite orientar el desarrollo de políticas públicas, a través del conocimiento del estado del agua, con el fin de maximizar el bienestar social y económico, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales.

En el ERA 2023, el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) evidenció que varias Zonas Hidrográficas de Nivel Subsiguiente 1 (NSS1) comienzan a mostrar una menor capacidad para satisfacer las necesidades de agua. Esta reducción está asociada a la variabilidad climática, la disminución en la calidad del agua y la creciente presión por la demanda. En relación con este marco, los resultados del ERA 2023 advierten que, de mantenerse esta tendencia, podrían presentarse déficits locales del recurso hídrico en los próximos años, afectando la disponibilidad, sostenibilidad y gobernanza del agua en el territorio (Corantioquia, 2023)

En el marco de la administración del agua, Corantioquia como autoridad ambiental organiza su gestión a través de Oficinas Territoriales (OT). El desarrollo del presente trabajo se centra en la OT Citará, la cual tiene jurisdicción en ocho municipios del Suroeste antioqueño: Betulia, Concordia, Salgar, Ciudad Bolívar, Hispania, Betania, Andes y Jardín. Según el reporte de Tasa por Uso del Agua (TUA), una base de datos que agrupa los usuarios del recurso hídrico,

para el 2024 la OT Citará tuvo el **3%** de los caudales concesionados en toda la jurisdicción, de este porcentaje el **53%** se asocia a la generación de energía, el **26%** a uso acuícolas y el **13%** a uso doméstico. Bajo el anterior contexto, la OT enfrenta retos significativos en la administración del agua, por la complejidad de los usos, la variabilidad climática y la intervención antrópica. A esta situación se suma la presencia de numerosos usuarios no legalizados, cuyos volúmenes de captación, usos y cargas contaminantes no han sido determinados por la autoridad ambiental. En la Figura 2 se consolidan la distribución de caudales otorgados por cada uno de los usos en la jurisdicción de la Oficina Territorial Citará.

Ilustración 2. Porcentajes de caudales (demanda) en la OT Citará.



Fuente: Corantioquia (2024). Elaboración propia.

En este sentido, el presente trabajo de grado tiene como propósito formular una metodología de análisis para la administración integral del recurso hídrico desde la autoridad ambiental, como una propuesta ante las limitaciones que enfrenta Corantioquia en la disponibilidad y articulación de datos. La metodología se plantea como un sistema de información que permita evaluar la presión por el uso del recurso hídrico y orientar decisiones de manejo, fundamentadas en criterios técnicos, entorno a las capacidades naturales del medio ambiente y las realidades actuales del uso del agua. Con esto se busca responder a la necesidad que tiene la Corporación de administrar de forma sostenible el recurso hídrico, sin comprometer el bienestar social, económico y ambiental. La metodología propuesta será de carácter técnica y analítica, basada en la consulta,

agrupación y estudio crítico de información recopilada en normas, políticas públicas, instrumentos de ordenamiento ambiental, guías técnicas y demás documentos disponibles en la Corporación. A partir de este análisis, se identificarán aspectos favorables y las áreas susceptibles de mejora en los métodos actuales de gestión del recurso. Este ejercicio permitirá estructurar una propuesta metodológica integral y coherente que pueda implementarse de manera práctica con los instrumentos de comando y control ambiental y así mismo contribuya al cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad y administración ambiental definidos por la autoridad.

Objetivos

Objetivo general

Formular una metodología de evaluación de la disponibilidad hídrica superficial, aplicada en cinco cuencas de Nivel Subsiguiente 2 (NSS2) en la jurisdicción de la Oficina Territorial Citará de Corantioquia.

Objetivos específicos

- Desarrollar un documento técnico de soporte de la metodología.
- Definir criterios técnicos de priorización para la evaluación de la disponibilidad hídrica superficial a nivel de cuenca de NSS2.
- Elaborar una ruta metodológica de evaluación orientada a la administración integral del recurso hídrico superficial.
- Aplicar la metodología de evaluación en 5 cuencas de NSS2 de la Oficina Territorial Citará.

Alcance y limitaciones

El presente trabajo de grado se centra en la formulación y aplicación de una metodología para evaluar la disponibilidad hídrica superficial en cinco subcuencas de Nivel Subsiguiente 2 (NSS2) pertenecientes a la jurisdicción de la Oficina Territorial Citará de Corantioquia. El alcance del estudio se delimita a partir de la integración de información secundaria proveniente de los instrumentos de planificación ambiental vigentes, entre ellos los POMCA, los PORH, la Evaluación Regional del Agua (ERA) y el Estudio Nacional del Agua (ENA) así como de los datos de la implementación del instrumento económico de la Tasa por Uso del Agua (TUA) correspondientes al año 2024.

El análisis se circunscribe al territorio de influencia de las subcuencas priorizadas, abarcando componentes hidrológicos, ambientales y administrativos que permiten comprender el comportamiento actual del recurso hídrico. Para ello, el trabajo desarrolla un modelo metodológico basado en indicadores representativos como el Índice de Aridez (IA), el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH), el Índice de Uso del Agua (IUA), el Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH), así como criterios adicionales relacionados con la densidad de usuarios, la demanda hídrica concesionada y captada por área y la localización de microcuencas abastecedoras.

El alcance también incluye el diseño de una ruta metodológica estructurada en cuatro actividades principales: la identificación hidrográfica de las subcuencas, la aplicación de criterios de priorización, la formulación de un modelo de evaluación de disponibilidad hídrica y la aplicación del método en campo analítico sobre las cinco cuencas seleccionadas. La evaluación considera condiciones promedio reportadas en los instrumentos de planificación ambiental, centrandose su análisis en la disponibilidad hídrica superficial.

Asimismo, el estudio se orienta hacia la elaboración de un insumo técnico aplicable dentro de las funciones de administración del recurso hídrico ejercidas por la autoridad ambiental, de manera particular, en el marco de los instrumentos de comando y control como las concesiones de agua, la tasa por utilización del recurso hídrico y los procesos de priorización de cuencas. Los resultados proporcionan una lectura comparativa entre subcuencas que permiten identificar

presiones, vulnerabilidades y oportunidades de mejora en la gobernanza del agua, contribuyendo al ordenamiento y a la planificación ambiental territorial.

El desarrollo de la metodología y su aplicación estuvieron sujetas a diversas limitaciones inherentes a la disponibilidad y calidad de la información secundaria. La primera de ellas corresponde a la dependencia de datos provenientes de los instrumentos de planificación ambiental, los cuales presentan diferentes años de actualización y metodologías de medición, lo que puede generar disparidades entre indicadores o rezagos temporales frente a las condiciones actuales de las subcuencas.

Otra limitación relevante se relaciona con la información reportada en la Tasa por Uso del Agua (TUA). Este instrumento económico constituye la mejor información disponible para determinar el consumo del recurso hídrico anual, de acuerdo con el caudal concesionado o captado según los instrumentos de comando y control ambiental, el control y seguimiento al territorio realizado por la autoridad ambiental y las autodeclaraciones reportadas por los usuarios respecto al consumo de agua. No obstante, la demanda real puede ser mayor a la determinada por la autoridad ambiental, teniendo en cuenta los usuarios no identificados que hacen uso del recurso hídrico.

En cuanto a la oferta hídrica, la investigación se apoya en valores consolidados por los POMCA y PORH, los cuales reflejan la mejor información disponible de las variaciones del régimen hidrológico asociado a la variabilidad climática y a eventos extremos. No obstante, no se realizaron aforos directos ni mediciones en campo, por lo que los resultados dependen de la precisión y vigencia de las bases de datos corporativas.

Adicionalmente, el estudio no incorpora modelaciones hidrológicas avanzadas, análisis de escenarios prospectivos ni simulaciones de oferta y demanda bajo condiciones climáticas futuras. La evaluación se limita a un análisis descriptivo y comparativo que integra indicadores existentes, sin abordar la incertidumbre natural del ciclo hidrológico ni procesos de modelación multianual. Finalmente, las limitaciones también incluyen aspectos relacionados con la cartografía disponible. Algunas subcuencas presentan escalas de representación reducidas que dificultan su visualización en modelos espaciales, especialmente aquellas con áreas menores a 1,5 km², por lo que fueron excluidas del análisis. La calidad espacial de algunas capas también depende de la resolución empleada en los instrumentos de planificación, lo que puede incidir en la precisión de cálculos como la densidad de usuarios o caudal por área.

A pesar de estas limitaciones, la metodología propuesta constituye una herramienta robusta y aplicable dentro de la gobernanza del recurso hídrico, ofreciendo una aproximación integral basada en información disponible y criterios técnicos comparables entre subcuencas.

Marco teórico

El marco teórico se desarrolla inicialmente en el Capítulo I, donde se integran los fundamentos técnicos, normativos y metodológicos relacionados con la gestión integral del recurso hídrico. Este capítulo reúne las normas específicas que orientan la administración del agua en Colombia, los componentes y alcances de los principales instrumentos de planificación ambiental, como el POMCA, el PORH y demás instrumentos regulatorios, así como los estudios técnicos de referencia a nivel nacional y regional que permiten caracterizar la oferta, demanda y vulnerabilidad. Además, se consolidan las metodologías e indicadores utilizados para evaluar la disponibilidad del agua, los cuales constituyen la base conceptual y operativa del presente trabajo.

Posteriormente, en el Capítulo II se relacionan los fundamentos teóricos de la priorización de cuencas, una actividad que orienta la selección de las unidades hidrográficas objeto de análisis. En este capítulo se recopila la metodología de la Guía de Priorización de Cuencas propuesta por el IDEAM, la cual establece criterios y parámetros basados en la oferta, demanda, calidad, riesgo y gobernabilidad. Asimismo, se argumenta la incorporación de criterios adicionales ajustados a la disponibilidad de información en la Oficina Territorial Citará, fortaleciendo así el proceso de selección de las cuencas de interés para la evaluación de la disponibilidad hídrica.

Capítulo I. Gestión hídrica: Fundamento técnicos, normativos y metodológicos

1.1 Elementos técnicos y jurídicos de la administración del recurso hídrico

1.1.1 Aspectos de la gestión del recurso hídrico

El manejo de las aguas en Colombia se ha estructurado desde la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) con una perspectiva ambiental e integral que comprende las interrelaciones del ciclo hidrológico con factores naturales y antrópicos y define

componentes básicos, como la planeación, la administración, el seguimiento y el manejo de conflictos. A continuación, se relacionan los elementos más importantes de cada componente (MAVDT, 2010).

Gestión hídrica desde la planificación

Desde la planeación se establece la obligación de las autoridades ambientales y los municipios de formular e implementar en el territorio diferentes instrumentos de planificación (PGAR⁸, POMCA, PORH, PM⁹, POF¹⁰, POT¹¹, PSMV¹², entre otros) con el objetivo de ordenar el territorio de manera coordinada y orientar el uso sostenible de los recursos naturales. En la gestión del agua, el POMCA es considerado un instrumento transversal a los demás elementos de planificación, catalogándose como una determinante ambiental de superior jerarquía (MAVDT, 2010).

El POMCA se sustenta en la cuenca hidrográfica como unidad fundamental de planificación ambiental del territorio, considerando que presenta límites fisiográficos definidos, dónde interactúan, en un proceso permanente y dinámico, el agua con los demás recursos naturales renovables, elementos ambientales y/o ecosistemas estratégicos que la integran, así como los factores antrópicos que influyen positiva o negativamente en la misma (MINAMBIENTE, 2014). En este sentido, se le ha asignado a la cuenca hidrográfica una importancia especial en el territorio, como la base de análisis y de gestión, sujeta a una dinámica de ordenación y manejo que se define como:

(...) “el proceso de planificación, permanente, sistemático, previsorio e integral adelantado por el conjunto de actores que interactúan en y con el territorio de una cuenca, conducente al uso y manejo de los recursos naturales de ésta, de manera que se mantenga o restablezca un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento social y económico de tales recursos y la conservación de la estructura y la función físico biótica de la cuenca” (MINAMBIENTE, 2014).

⁸ Plan de Gestión Ambiental Regional - PGAR

⁹ Plan de Manejo Ambiental - PM

¹⁰ Plan de Ordenación Forestal - POF

¹¹ Plan de Ordenamiento Forestal - POF

¹² Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV

En consecuencia, para realizar acciones enfocadas en la planificación y ordenación del territorio, el IDEAM y el IGAC¹³ desarrollaron la zonificación hidrográfica de Colombia, la cual permite conocer la delimitación, distribución y jerarquización de las cuencas del territorio, donde se definieron:

5 áreas hidrográficas o macrocuencas (Magdalena-Cauca, Caribe, Orinoco, Amazonas y Pacífico) que son objeto de planes estratégicos¹⁴, 41 zonas hidrográficas las cuales se planifican a través del programa nacional de monitoreo recurso hídrico¹⁵, y 311 subzonas hidrográficas o niveles subsiguientes en las cuales se implementan los POMCA, estas subzonas hidrográficas a su vez se subdividen en I, II y III niveles, los cuales se definen como subcuencas o unidades de drenaje más pequeñas que conducen sus aguas a una cuenca más grande (IDEAM, 2013).

El proceso de ordenación de una cuenca requiere un diagnóstico de diferentes componentes para abordar de forma integral potencialidades, conflictos, limitantes y posibles restricciones ambientales. Dentro del componente físico biótico, se considera la temática de hidrología en la cual se destacan estimaciones de oferta, demanda, índice de uso del agua y balance hídrico. Este último permite evaluar los aportes y descargas de agua de un acuífero o una cuenca hidrográfica en un período de tiempo determinado, a partir de la estimación de las entradas, las salidas y los cambios en el almacenamiento. De esta forma el resultado de dicho balance es un insumo en la planificación del recurso hídrico en base a la oferta y demanda. Para su cálculo se emplea el siguiente balance:

Del agua que cae en un determinado sitio (precipitación = P), parte vuelve a la atmósfera ya sea por evaporación directa o por transpiración de la vegetación (evapotranspiración = ET); otra parte escurre por la superficie de la cuenca (escorrentía superficial = Esc). Este escurrimiento, fluye a través de la red de drenaje hasta alcanzar los cauces principales y finalmente el mar, y el resto se infiltra en el terreno y se incorpora al sistema de aguas subterráneas o acuífero (infiltración = I). De esta forma el balance hídrico está dado por la siguiente expresión:

¹³ Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC

¹⁴ Instrumentos de planificación ambiental de largo plazo con visión nacional y constituyen el marco de formulación, ajuste, y/o ejecución de los diferentes instrumentos de política, planeación, gestión y seguimiento existentes en cada una de ellas.

¹⁵ Forma parte del Sistema de Información de Colombia (SIAC) y es una estrategia nacional, especialmente en Colombia, para conocer sistemáticamente el estado (calidad, cantidad, dinámica) del agua, apoyar la gestión integral, y tomar decisiones basadas en datos para mejorar la protección y uso sostenible del recurso.

$$P=ETR+ES+I$$

Ecuación 1. Balance Hídrico (Ordoñez, 2011).

Donde:

- P = Precipitación
- ETR = Evapotranspiración
- ES = Escorrentía Superficial
- I = Infiltración

La ecuación utilizada en el balance hídrico es muy simple, sin embargo, la cuantificación de sus términos es compleja, debido a la falta de mediciones directas en campo y a la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas en acuíferos y de las variaciones del agua almacenada en la cuenca.

Gestión hídrica desde la administración

Por otra parte, la administración corresponde al segundo componente de la gestión hídrica, la cual se vincula directamente con la concesión, como el instrumento de comando y control que considera la legislación colombiana, para asignar el derecho al uso del agua y el principal mecanismo de gestión que tienen las autoridades ambientales para garantizar la equidad en el acceso, el uso eficiente y la distribución adecuada entre sectores productivos y domésticos. La concesión se define como la autorización que se otorga a solicitud del interesado sujeta a disponibilidad del recurso y al cumplimiento por parte del concesionario de los requisitos y obligaciones que en ella se establezcan o que determine la ley.

Los principales componentes del trámite comprenden: la solicitud a través del formulario único nacional de concesiones de aguas superficiales o subterráneas, elaborado por el Ministerio de Ambiente, con sus respectivos anexos, la visita ocular ejecutada por un profesional de la autoridad ambiental con el fin de determinar la viabilidad de la solicitud, considerando entre otros elementos las condiciones ambientales de la fuente, la compatibilidad de las actividades a desarrollar con las determinantes ambientales y la compatibilidad de la actividad dentro de los usos del suelo del municipio. De acuerdo con la información recolectada en campo se elabora un informe técnico en el cual se relaciona la evaluación de los documentos presentados en la solicitud

con lo evidenciado en campo, lo cual es insumo para la resolución en la que se otorga o niega la concesión. La concesión se otorga en un término no mayor a 10 años; sin embargo, cuando se destina a la prestación de servicios públicos o a la construcción de obras de interés público o social puede establecerse por períodos hasta de cincuenta años (De La Ossa, 2023).

Una vez se otorga, la concesión es sujeta al control y seguimiento, con el fin de verificar el cumplimiento de las obligaciones derivadas del permiso ambiental. En este ejercicio, se inspeccionan posibles impactos negativos de las actividades desarrolladas y de materializarse alguna afectación ambiental o incumplimiento a la normatividad, se deben requerir las acciones que ayuden a mitigar, corregir o compensar los impactos. Dentro de estas se consideran requerimientos, medidas preventivas y sanciones (Corantioquia, 2021).

La utilización del agua es sujeta al cobro del instrumento económico de la Tasa por Utilización del Agua – TUA, que liquidan las autoridades ambientales y cuyos recursos se deben destinar a las actividades de protección, recuperación y monitoreo del recurso hídrico o en la elaboración del POMCA. El cobro de la tasa se realiza año vencido y comprende la tarifa mínima de la tasa (actualizada anualmente según el IPC¹⁶), multiplicada por el volumen consumido de agua (Méndez & Méndez, 2010).

Otro modo de adquirir el derecho al uso de las aguas es la licencia ambiental, la cual da viabilidad a proyectos, obras o actividades susceptibles de generar alto impacto ambiental en los recursos naturales renovables, o alteraciones notorias al paisaje. Esta tiene por propósito prevenir, mitigar, manejar, corregir y compensar los efectos ambientales que produzcan tales actividades, es de carácter obligatorio y previo, por lo que debe ser obtenida antes de la ejecución o realización de dichas obras. En este instrumento se tramitan implícitamente la concesión de aguas para los usos requeridos del recurso hídrico, según la normatividad vigente (Álvarez, 2018).

Gestión hídrica desde el control y seguimiento

El tercer componente de la gestión hídrica es el control y seguimiento a la cantidad y calidad de agua. Consiste en un proceso sistémico nacional y regional, entre el IDEAM y las autoridades ambientales que comprende el estudio de la disponibilidad hídrica en el país, a través de las redes de medición de variables atmosféricas, cuantificación de agua en ríos y monitoreo de

¹⁶ Índice de Precio al Consumidor – IPC

calidad. En 2021, el IDEAM expidió un protocolo que establece los lineamientos para el monitoreo y seguimiento del agua. En este se destaca la importancia de la información en la planificación para la ordenación ambiental del territorio y del recurso hídrico, así como la relevancia de información confiable para la formulación de políticas o programas. El procedimiento tiene una estructura conformada por cuatro partes: i) sistema de monitoreo, ii) recolección de datos, iii) administración de datos, y iv) uso de la información (IDEAM & INVEMAR, 2021).

Gestión hídrica desde el manejo de conflictos

Finalmente, el cuarto componente corresponde al manejo de conflictos, el cual abarca situaciones derivadas del incumplimiento de normas y determinantes ambientales; la afectación de la calidad del agua asociada al desarrollo de actividades económicas; los procesos erosivos ocasionados, tanto por condiciones naturales como por intervenciones antrópicas; y las problemáticas resultantes de una planificación inadecuada del uso del suelo. A ello, se suman crisis relacionadas con la disponibilidad del recurso hídrico y otros conflictos vinculados al uso ineficiente del agua por parte del sector doméstico y agroindustrial, las condiciones ambientales inherentes a las cuencas, la presencia de captaciones ilegales y la distribución inequitativa del recurso (MAVDT, 2010).

1.1.2 Marco jurídico

El marco jurídico que orienta la administración ambiental y, en particular, la gestión del recurso hídrico en Colombia está conformado por disposiciones nacionales y regionales que establecen los principios, competencias e instrumentos necesarios para garantizar el aprovechamiento sostenible del agua y de los ecosistemas asociados. Estos lineamientos normativos definen las reglas que guían la planificación ambiental, el ordenamiento territorial, la regulación del uso del recurso hídrico, el control y seguimiento de las actividades que lo afectan, así como la responsabilidad institucional en los distintos niveles de gobierno.

A nivel nacional, normas como el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993 y el Decreto 1076 de 2015 constituyen las bases de la política ambiental del país. Estas establecen los principios fundamentales de la conservación, regulan los instrumentos de gestión del agua, organizan el Sistema Nacional Ambiental (SINA), y compilan las disposiciones reglamentarias que orientan la actuación de las autoridades ambientales.

Complementariamente, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) define los objetivos, lineamientos estratégicos y metas para asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico a largo plazo. Esta política reconoce la importancia de la oferta, la demanda, la calidad y los riesgos asociados al agua, integrando la gestión del recurso con la planificación territorial y la conservación de ecosistemas estratégicos.

En el ámbito regional, el PGAR constituye el instrumento que orienta las decisiones estratégicas de las autoridades ambientales para un horizonte de largo plazo, articulando la información del territorio con prioridades ambientales, indicadores de presión y estado del recurso hídrico, y líneas de acción para su manejo sostenible. En el caso de Corantioquia, el PGAR incorpora análisis clave como el índice de uso del agua, la priorización de ecosistemas reguladores y la identificación de cuencas estratégicas para la seguridad hídrica regional.

Finalmente, en el nivel institucional, Corantioquia mediante la Resolución 040-RES2012-7723 del 2020 adopta el Modelo de Administración de los Recursos Naturales, que fortalece la gestión operativa del recurso hídrico al estructurar líneas estratégicas, como la atención integral al ciudadano, los permisos ambientales integrados, el control y seguimiento participativo y la interoperabilidad de los sistemas de información. Este modelo complementa el marco nacional y regional, permitiendo que la normativa se materialice de manera efectiva en la práctica y en beneficio de los usuarios del recurso (Corantioquia, 2020).

Estas normas y lineamientos conforman la estructura regulatoria que sustenta la gestión integral del recurso hídrico en la jurisdicción de la Oficina Territorial Citará. A continuación, se presenta en la Tabla 3 una síntesis de las principales disposiciones que integran este marco jurídico.

Tabla 3. Marco Normativo de la gestión integral del recurso hídrico en Colombia.

NORMA	RESEÑA
<p>Decreto Ley 2811 de 1974 - “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.”</p>	<p>Es un instrumento jurídico que da inicio de manera específica a las regulaciones en materia de gestión ambiental, abordando la preservación y restauración de los recursos naturales desde la denominación de utilidad pública e interés social y planteando el objetivo de conservación y utilización racional de los RNR¹⁷, según criterios de equidad que permita el desarrollo económico.</p> <p>En este código se destaca la regulación de: la atmósfera y el espacio aéreo Nacional; Las aguas en cualquiera de sus estados; La tierra, el suelo y el subsuelo; La flora; La fauna; Las fuentes primarias de energía no agotables; Las pendientes topográficas con potencial energético; Los recursos geotérmicos; Los recursos biológicos de las aguas y del suelo y el subsuelo del mar territorial y de la zona económica de dominio continental e insular de la República; Los recursos</p>

¹⁷ Recurso Naturales Renovables

NORMA	RESEÑA
	<p>del paisaje; Los residuos, basuras, desechos y desperdicios; El ruido; Las condiciones de vida resultantes de asentamiento humano urbano o rural; Los bienes producidos por el hombre, o cuya producción sea inducida o cultivada por él, en cuanto incidan o puedan incidir sensiblemente en el deterioro ambiental.</p> <p>Art relevantes: <u>Art 80:</u> “las aguas son de dominio público” <u>Art 88:</u> “solo puede hacerse uso de las aguas en virtud de concesión.” <u>Art 89:</u> “la concesión de un aprovechamiento de aguas estará sujeta a las disponibilidades del recurso”</p>
<p>Ley 99 de 1993 – “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, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.”</p>	<p>En esta ley se destaca la creación del Ministerio del Medio Ambiente como autoridad nacional y organismo rector de la gestión ambiental, encargado de formular políticas, regulaciones y directrices en materia de recursos naturales y protección ambiental. Reconfiguró el SINA¹⁸, asignando roles a instituciones como las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), institutos de investigación, entidades territoriales y organismos de control.</p> <p>Definió la estructura, naturaleza jurídica y funciones de las CAR, convirtiéndolas en autoridades ambientales regionales con un amplio espectro de competencias.</p> <p>Estableció el régimen de licencias ambientales, incluyendo principios, procedimientos y competencias para su evaluación, otorgamiento y seguimiento.</p> <p>Art relevantes: <u>Art 1:</u> “<i>principios Generales Ambientales:</i> 5: <i>en la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso.</i>” <u>Art 31:</u>” <i>funciones. De las Corporaciones Autónomas Regionales:</i> 9. <i>Otorgar concesiones, permisos, autorizaciones y licencias ambientales</i> 12. <i>Ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua.</i> 18. <i>Ordenar y establecer las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas ubicadas dentro del área de su jurisdicción.</i>” <u>Art 43:</u> “<i>tasas por Utilización de Aguas. La utilización de aguas por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, dará lugar al cobro de tasas</i>”(Congreso de Colombia, 1SS3)</p>
<p>Decreto 1076 del 2015 Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.</p>	<p>Constituye una de las herramientas normativas más importantes para la gestión ambiental en Colombia. Su finalidad principal es compilar, racionalizar y unificar en un solo cuerpo jurídico todas las normas reglamentarias ambientales vigentes hasta su expedición (Disposiciones del Decreto Ley 2811 de 1974 y de la ley 99 de 1993), con el fin de fortalecer la seguridad jurídica, simplificar la consulta normativa y facilitar su aplicación por parte de ciudadanos y autoridades. Integra y organiza las regulaciones ya existentes, sobre licencias ambientales, ordenamiento ambiental del territorio, biodiversidad, recursos naturales, contaminación, sanciones, entre otros temas.</p> <p>Art relevantes: <u>Art 2.2.3.2.5.1. Disposiciones generales.</u> <i>El derecho al uso de las aguas y de los cauces se adquiere por:</i> a) <i>Por ministerio de la ley;</i> b) <i>Por concesión;</i> c) <i>Por permiso, y</i> d) <i>Por asociación.</i></p> <p><u>Art 2.2.3.2.13.13. Fines de las reservas.</u> <i>Las reservas podrán ser decretadas para cualquiera de los siguientes fines:</i> d. <i>Mantener una disponibilidad de aguas públicas acorde con las necesidades del país.</i></p> <p><u>Art 2.2.3.1.5.1. PARÁGRAFO 1.</u> <i>Es función de las A.A. la elaboración de los Planes de Ordenación y Manejo de las Cuencas Hidrográficas de su jurisdicción, así como la coordinación de la ejecución, seguimiento y evaluación de estos.</i> <u>ARTÍCULO 2.2.3.4.1.1</u> <i>Componentes del Registro. La autoridad ambiental competente organizará y llevará al día un registro en el cual se inscribirá:</i></p>

¹⁸ Sistema Nacional Ambiental

NORMA	RESEÑA
<p>Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) del 2010</p>	<p><i>h) La información relacionada con el uso de agua para consumo humano y doméstico en viviendas rurales dispersas.</i></p> <p>La política incluye un diagnóstico general del estado del recurso, en el cual se argumenta que, aunque Colombia tiene riqueza hídrica, la población y las actividades socioeconómicas se ubican en regiones con baja oferta. Según el balance hídrico el volumen de agua en las áreas hidrográficas del Magdalena – Cauca corresponde al 11% del total del país. Siendo esta una de las regiones con mayor presión por el uso del recurso.</p> <p>La abundancia hídrica en Colombia es calculada mediante valores de escurrimiento y rendimientos, los cuales evidencian una distribución heterogénea en el país, algunas regiones tienen abundancia, mientras que otras presentan escasez. Para el caso puntual de la región del Magdalena – Cauca presenta escurrimiento medio de 1000 mm y los rendimientos hídricos en la cuenca varían entre 10 y 92 lt/seg/km², comparativamente bajos frente a los estimados en las demás regiones del país.</p> <p>De manera general en el país la disponibilidad para diferentes usos se ve afectada por la disminución en la calidad del recurso, principalmente por niveles mínimos de oxígeno disuelto y elevadas concentraciones de sólidos suspendidos totales, coliformes, hidrocarburos, ortofosfatos y metales pesados, entre otros contaminantes. Algunos diagnósticos evidencian que, en la mayoría de los municipios de la zona Andina, se vierte directamente las aguas residuales a los cuerpos de agua ubicados dentro del perímetro urbano.</p> <p>Por su parte el IDEAM estima una demanda para el desarrollo de las actividades socioeconómicas distribuida de la siguiente forma: agrícola 54%, doméstico 29% y industrial 13%, pecuario 3% y servicios 1%. De acuerdo con estos porcentajes se considera a Medellín dentro de las ciudades con mayor demanda de agua para el uso doméstico e industrial.</p> <p>La política ha establecido que la Gestión Integral del recurso hídrico se debe de enfocar en la planificación, la administración, el seguimiento y monitoreo y el manejo de conflictos relacionados con el agua.</p> <p>A su vez la política establece objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción para el manejo del recurso hídrico en el país.</p> <p><u>Objetivos de la política</u></p> <p>Objetivo general: garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>Objetivo 1. OFERTA: conservar los ecosistemas y los procesos hidrológicos de los que depende la oferta de agua para el país.</p> <p>Objetivo 2. DEMANDA: caracterizar, cuantificar y optimizar la demanda de agua en el país.</p> <p>Objetivo 3. CALIDAD: mejorar la calidad y minimizar la contaminación del recurso hídrico.</p> <p>Objetivo 4. RIESGO: desarrollar la gestión integral de los riesgos asociados a la oferta y disponibilidad del agua.</p> <p>Objetivo 5. FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL: generar las condiciones para el fortalecimiento institucional en la GIRH.</p> <p>Objetivo 6. GOBERNABILIDAD: consolidar y fortalecer la gobernabilidad para la GIRH</p>
<p>Plan de Gestión Ambiental Regional – PGAR 2020 - 2031</p>	<p>Es un instrumento de planificación de largo plazo diseñado por la autoridad ambiental, que permite orientar su gestión e integrar las acciones de todos los actores regionales. En el desarrollo del PGAR 2020-2031 dentro del componente de diagnóstico ambiental se relaciona la cuenca con las diferentes actividades que se realizan en el suelo y se vinculan las seis (6) cuencas que integran la jurisdicción de la corporación (C. Río Cauca, C. Río Nechí, C. Río Porce, C. Río San Juan, C. Río Grande y C. Río Aburra), las cuales a su vez se subdividen en 34 cuencas de subzonas hidrográficas de nivel subsiguiente NSS1. En esta identificación se les da prioridad a</p>

NORMA	RESEÑA
	<p>las cuencas abastecedoras y se delimitan las zonas de nacimiento para que estas áreas sean determinantes ambientales del ordenamiento territorial de los municipios.</p> <p>En este componente también se incluye como un prerrequisito para todos los aspectos de la planificación, el análisis del Índice de Uso del Agua (IUA), con un resultado muy alto en gran parte del territorio. Específicamente el análisis concluye que la jurisdicción de Citará es uno de los territorios con mayor presión por el uso del recurso hídrico superficial.</p> <p>Dentro del PGAR se realizó la priorización de las coberturas naturales boscosas para garantizar la regulación del ciclo hídrico, escenario ligado al uso del recurso para consumo humano, actividades agropecuarias, generación de electricidad y disfrute comunitario. Puntualmente se priorizan áreas de los orobiomas¹⁹ medio y alto de los Andes, que son ecosistemas con prelación por sus servicios ambientales, en especial la oferta hídrica para consumo y por su biota endémica. Adicional, el PGAR 2020-2031 contempla dentro de la línea de acción denominada: “Planificación ambiental territorial y protección de áreas que proveen servicios ecosistémico”, como reto 2 “proteger el agua como derecho y medio de vida, en el marco de la planeación integral de las cuencas hidrográficas”, esta protección incluye la planificación de las aguas superficiales y subterráneas, la armonización con los demás instrumentos de planificación territorial, la conservación, preservación y restauración de los Ecosistemas Estratégicos (EE) y las Áreas de Importancia Ambiental (AIA) bajo un modelo de desarrollo sostenible.</p>
<p>Resolución 040-RES2012-7723 “Por medio de la cual se adopta el modelo de Administración de los Recursos Naturales en Corantioquia” del 2020</p>	<p>Tiene como objetivo facilitar la planificación, ejecución y control efectivo, eficiente, integral y participativo de la administración de los recursos naturales en la jurisdicción de la corporación, en base a una línea de gestión que establece atención integral al ciudadano; permisos ambientales integrados; control y seguimiento participativo y sistema de incentivos y reconocimientos.</p> <p>A las líneas estratégicas de gestión, se establecen aspectos transversales, tales como la gobernanza, materialización del principio de corresponsabilidad, educación ambiental, interoperabilidad de Sirena²⁰ con la Ventanilla Única de Licencias Ambientales y la integración en general de los sistemas de información de los que dispone la Corporación.</p> <p>El modelo no solo regula trámites, sino que busca generar cultura ambiental, fortalecer la institucionalidad y mejorar la respuesta ante los retos socioambientales de la jurisdicción de la corporación.</p>

Elaboración propia.

En conjunto, el marco jurídico presentado no solo delimita las funciones y responsabilidades institucionales, sino que también establece las condiciones técnicas para la gestión del recurso hídrico en el territorio. Este soporte normativo proporciona coherencia para orientar la toma de decisiones, asegurando que la administración del agua se realice de manera articulada, continua y conforme a los principios de sostenibilidad y gobernanza ambiental.

¹⁹ Es un bioma montañoso que se caracteriza por sus franjas de vegetación que cambian con la altitud, debido a la alteración de la temperatura y la alteración del régimen hídrico – Prevalece la declaratoria de DMI como el Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño, Divisoria Valle de Aburrá Río Cauca, Cuchilla Jardín Támesis o la RFPR Farallones del Citará.

²⁰ Sistema de Información y Registro Ambiental. Es una plataforma tecnológica integral para trámites, consultas y pagos ambientales.

1.1.3 Instrumentos de planificación del recurso hídrico

La gestión del recurso hídrico en Colombia se sustenta en una serie de instrumentos de planificación ambiental que orienta la ordenación, uso, protección y recuperación de las fuentes hídricas en diferentes escalas territoriales. Estos instrumentos permiten articular la información biofísica, socioeconómica y normativa del territorio con las decisiones de manejo ambiental, garantizando que el uso del agua sea sostenible, equitativo y compatible con la conservación de los ecosistemas.

En este marco, el POMCA constituye el instrumento principal de planificación a nivel de cuenca, pues integra los componentes ambientales, sociales y productivos, define las medidas necesarias para mantener la oferta hídrica y mitigar los riesgos asociados. Por otra parte, el PORH establece los objetivos de calidad y las condiciones de uso del agua en cuerpos hídricos específicos, regulando la destinación, el aprovechamiento y el seguimiento del recurso. A su vez, la reglamentación de corrientes permite distribuir de manera equitativa las aguas de una fuente hídrica según su oferta y la demanda de los usuarios, siendo un instrumento operativo fundamental para la administración del recurso en territorios con presión creciente por su uso.

Estos instrumentos, adoptados y ejecutados por la autoridad ambiental, constituyen la base para la planificación integral del agua en la jurisdicción y permiten que la gestión hídrica se oriente bajo criterios técnicos, normativos y de sostenibilidad. A continuación, en la Tabla 4 se compilan los instrumentos vigentes en la jurisdicción de la Oficina Territorial Citará, en el marco de la administración hídrica.

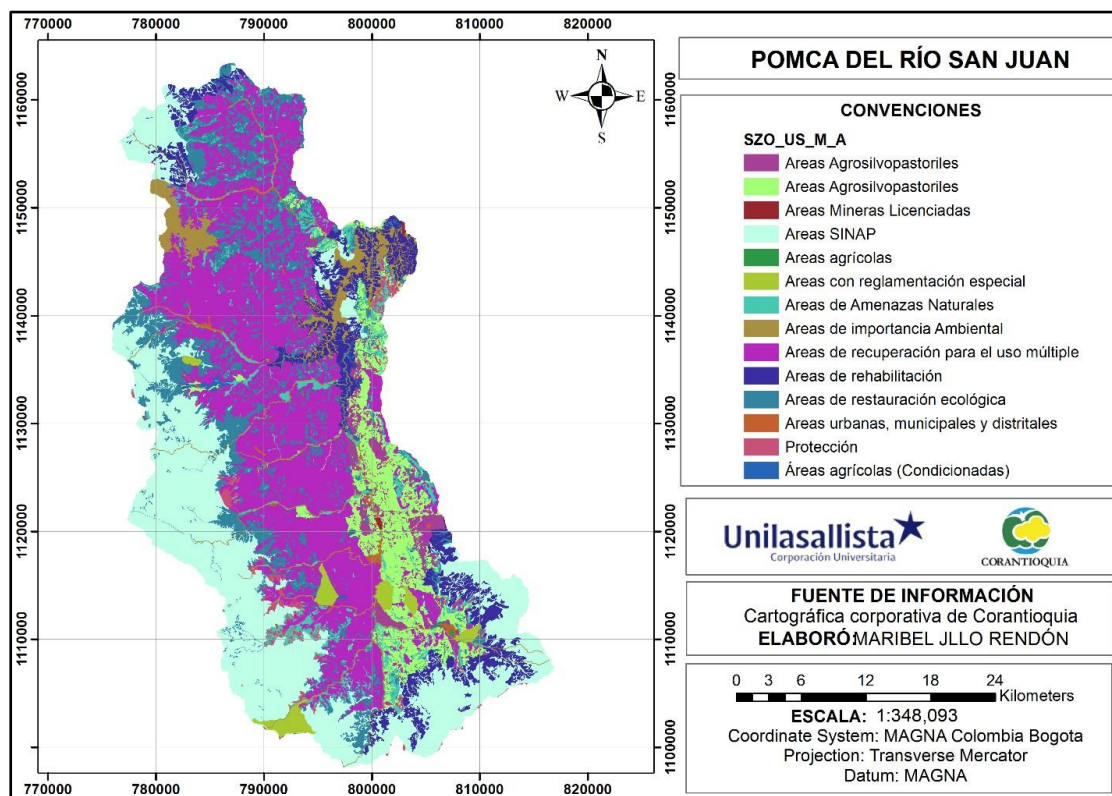
Tabla 4. Instrumentos de planificación del recurso hídrico.

INSTRUMENTO	RESEÑA
<p>Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas - POMCA</p>	<p>Es una norma de superior jerarquía, que define la cuenca como una unidad espacial de análisis y de gestión, en donde el agua interactúa con los demás recursos naturales renovables, elementos ambientales y/o ecosistemas estratégicos que la integran, así como los elementos antrópicos que influyen positiva o negativamente en la misma y los actores clave para la gestión integrada del recurso hídrico (autoridades ambientales, usuarios, entes territoriales y demás entidades tanto públicas como privadas que actúan en la cuenca). Por ello se deberán considerar en su ordenación y manejo, las medidas de acción necesarias para planificar el uso sostenible de la misma y de los elementos ambientales presentes en ella (medidas de ordenamiento del recurso hídrico, manejo de páramos, de humedales y otros ecosistemas de importancia estratégica, de ordenación forestal, de manejo de reservas forestales, entre otras).</p> <p>Este plan como articulador de los demás instrumentos de planificación, parte del diagnóstico y terminan en la planificación del uso y manejo de los recursos de la</p>

INSTRUMENTO	RESEÑA
	<p>unidad hidrográfica, con el objetivo de garantizarla cantidad y calidad de la oferta ambiental, requisito indispensable para el desarrollo de las actividades antrópicas y de servicios.</p> <p>Se estructura en base a los siguientes lineamientos: aprestamiento, diagnóstico, prospectiva y zonificación, formulación, ejecución y, seguimiento y evaluación. En la jurisdicción de la Oficina Territorial Citará se han aprobado los siguientes POMCA:</p>

- **POMCA del río San Juan** aprobado mediante Resolución 040 Res2106-3217-2021, este instrumento tiene influencia en los municipios de Jardín, Andes, Betania, Hispania, Ciudad Bolívar, Pueblorrico, Salgar y Tarso (6 de ellos pertenecientes a la OT Citará)

Mapa 1. Zonificación del POMCA del río San Juan.

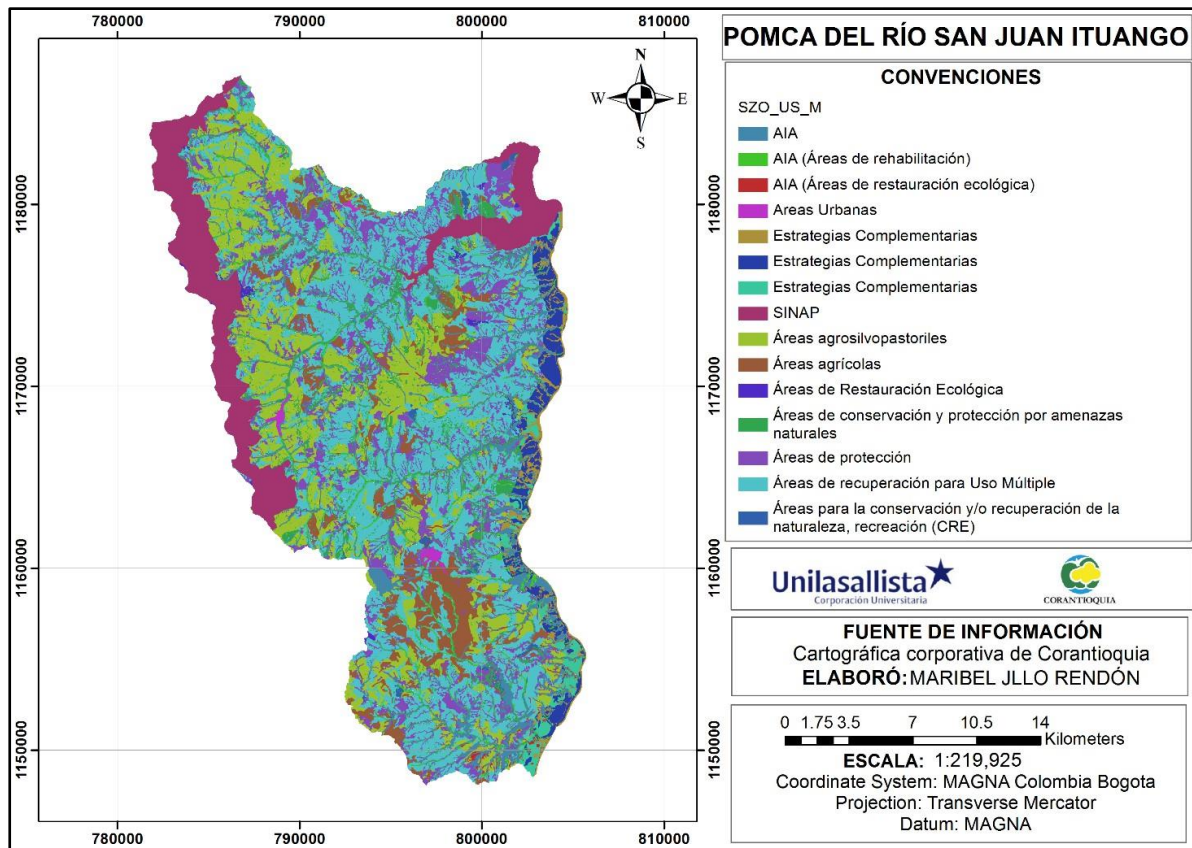


Fuente. Corantioquia (2025). Elaboración propia.

- **POMCA del río San Juan Ituango** aprobado mediante Resolución 040-RES2305-2037. El municipio de Concordia está dentro del área de influencia de este instrumento y hace parte de la jurisdicción de la OT Citará. Este documento fue elaborado mediante comisión conjunta con la CORPOURABA.

INSTRUMENTO **RESEÑA**

MAPA 2. Zonificación del POMCA del Río San Juan Ituango.



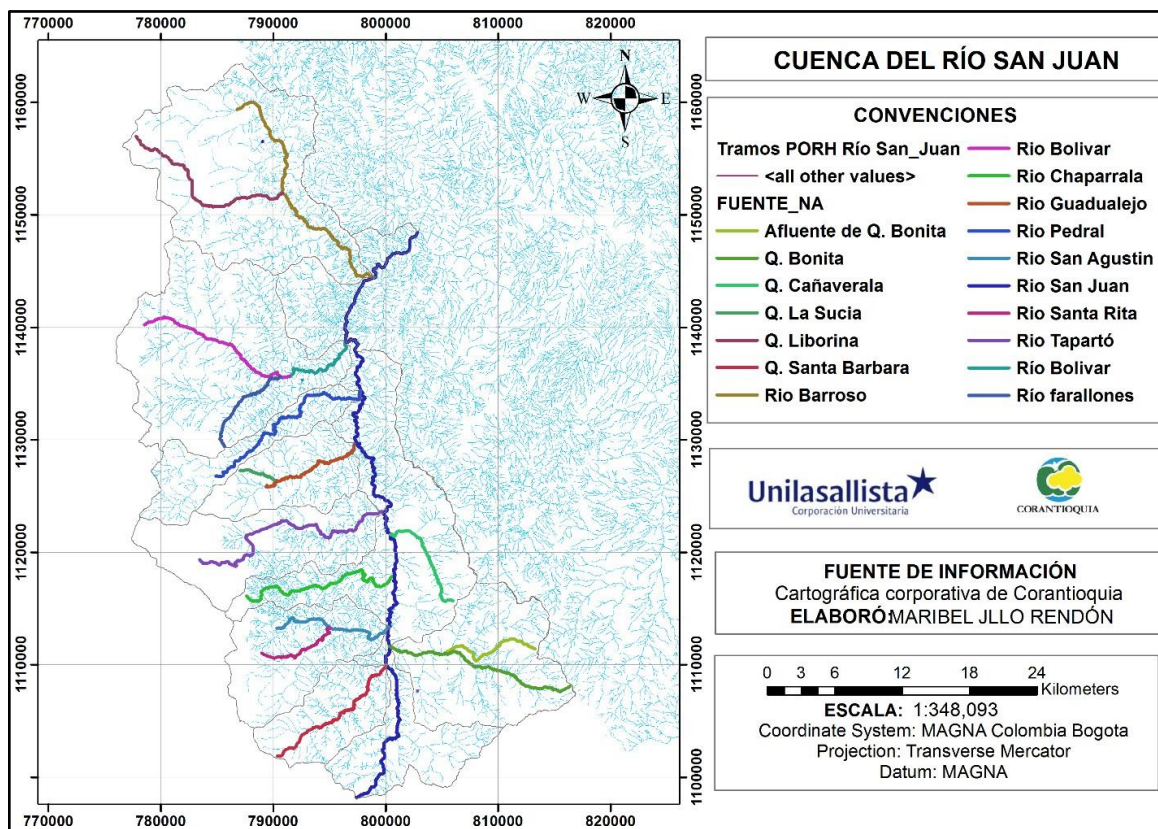
Fuente. Corantioquia (2025). Elaboración propia.

Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH

El PORH se reglamenta mediante la norma, se formula por parte de las autoridades ambientales e identifica objetivos de calidad y usos del agua un proceso de planificación mediante el cual se fija la destinación y usos de los cuerpos de agua, se establecen las normas, las condiciones y el programa de seguimiento para alcanzar y mantener los usos actuales y potenciales y conservar los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies.
En la jurisdicción de la Oficina Territorial Citará se han adoptado los siguientes PORH:

- **PORH Río San Juan y sus principales tributarios** con influencia en los municipios de Jardín, Andes, Betania, Hispania, Ciudad Bolívar, Pueblorrico, Salgar y Tarso. Adoptado mediante la Resolución 040-RES1806-3326 del 2018.

Mapa 3. PORH del río San Juan.

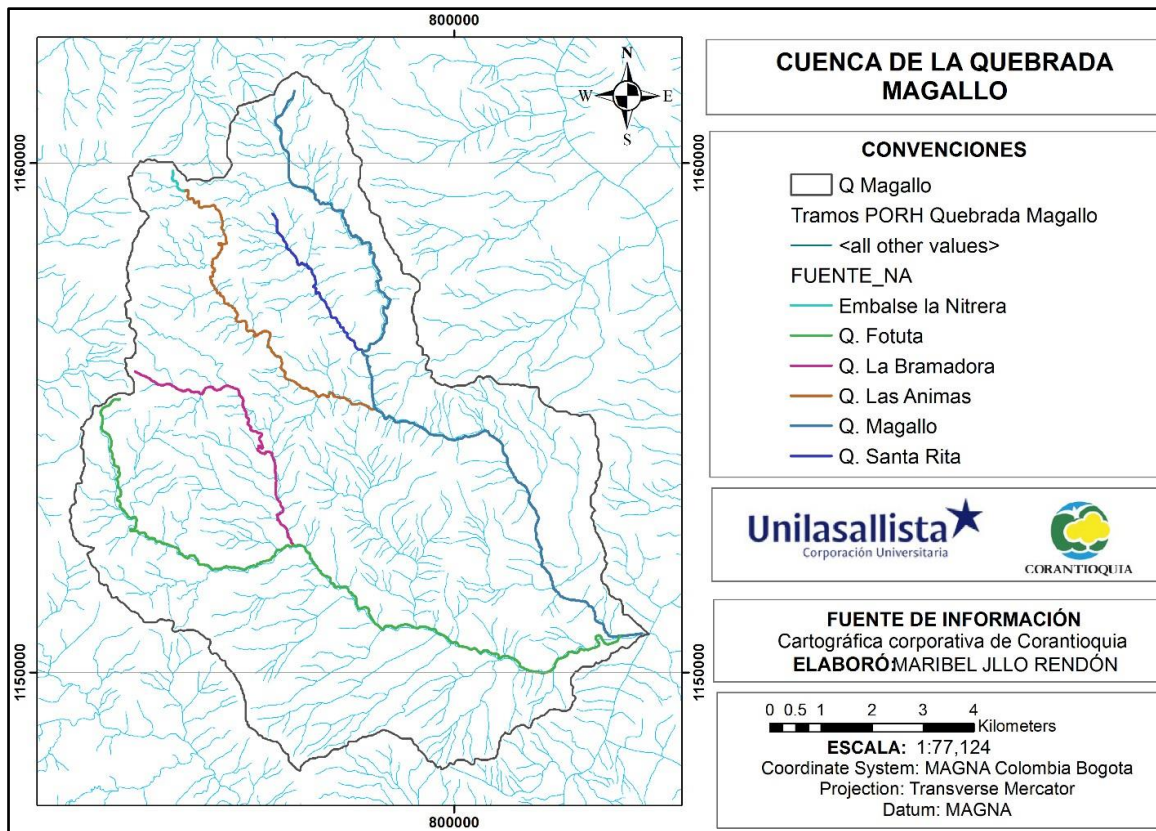


Fuente. Corantioquia (2025). Elaboración propia.

- **PORH Quebrada Magallo y sus principales tributarios** con influencia en los municipios de Salgar y Concordia. Adoptado mediante la Resolución 040-RES1806-3328 del 2018.

INSTRUMENTO

RESEÑA

Mapa 4. PORH de la Quebrada Magallo.

Fuente. Corantioquia (2025). Elaboración propia.

- **PORH Quebrada San Mateo y sus principales tributarios** con influencia en los municipios de Betulia. Adoptado mediante la Resolución 040-RES1806-3329 del 2018.

Mapa 5. PORH de la quebrada San Mateo.



Fuentes: Corantioquia y Corpouraba (2021), Corantioquia (2020). Elaboración propia.

Así las cosas, los instrumentos de planificación ambiental del recurso hídrico son un soporte técnico y operativo que orienta la gestión ambiental en el territorio. Su aplicación a través

de los POMCA, PORH y reglamentación de corrientes permite articular diagnósticos, lineamientos y medidas de manejo que fortalecen la administración del agua en cada cuenca.

1.1.4. Estudios ambientales del recurso hídrico

El conocimiento detallado del estado del recurso hídrico en el territorio depende en gran medida de los estudios técnicos desarrollados a escala nacional y regional. Estos documentos constituyen insumos fundamentales para comprender la dinámica del agua, evaluar las presiones derivadas de las actividades antrópicas, identificar riesgos asociados a la oferta y la calidad, y orientar la toma de decisiones en materia de gestión y planificación ambiental.

En Colombia, el Estudio Nacional del Agua (ENA) elaborado por el IDEAM y la Evaluación Regional del Agua (ERA) desarrollada por las autoridades ambientales regionales, sintetizan información hidrológica, climática y ecológica indispensable para la formulación de las políticas, la implementación de instrumentos de planificación y la evaluación de la disponibilidad hídrica en cuencas, subzonas y territorios específicos. Estos estudios permiten visualizar tendencias, identificar problemáticas críticas y establecer prioridades de gestión, convirtiéndose en soportes técnicos esenciales para procesos tales como la ordenación de cuencas, la administración del recurso hídrico y la definición de medidas de conservación y manejo.

A continuación, se presentan los principales estudios ambientales de referencia en materia hídrica a nivel nacional y regional.

Tabla 5. Estudios ambientales del recurso hídrico.

ESTUDIOS	RESEÑA
Estudio Nacional del Agua (ENA) – IDEAM, 2018	El Estudio Nacional del Agua es un documento que presenta información referente al estado del recurso hídrico en las subzonas del país, considerando la disponibilidad, la distribución, las presiones por el uso, las afectaciones a la calidad fisicoquímica y ecológica, los riesgos asociados, además el estudio presenta un sistema de indicadores, entre otros elementos que permiten sentar la base para el conocimiento del estado de los recursos hídricos en el país. Este estudio es tomado como referente para gestionar y planificar el agua en el territorio Nacional.
Evaluación Regional del Agua (ERA) – Corantioquia, 2023	El Estudio permite establecer a nivel regional el estado, dinámica y tendencias actuales de los recursos hídricos, respecto a la oferta, demanda, calidad y vulnerabilidad. Este fue elaborado por Corantioquia para sus 34 subzonas hidrográficas. En base a información preliminar de los instrumentos de la planificación ambiental ya establecidos previamente en el territorio. Metodológicamente, la ERA integra análisis de oferta hídrica superficial y subterránea, aplicando técnicas de espacialización, modelación hidrológica y evaluación estadística para caracterizar la disponibilidad de agua en periodos típicos, húmedos y secos. También incorpora la estimación de la demanda multisectorial, considerando consumos agrícolas,

ESTUDIOS	RESEÑA
	domésticos, industriales, pecuarios y de servicios. Estos elementos permiten identificar la presión existente sobre las fuentes hídricas y establecer la relación entre oferta y demanda en cada subzona hidrográfica. La metodología general de análisis incluye conceptos, procedimientos y herramientas técnicas ampliamente documentadas para evaluar oferta, demanda y fenómenos como sequías o variabilidad hidrológica.

Fuentes: IDEAM (2022) y Corantioquia (2023). Elaboración propia.

En síntesis, los estudios ambientales del recurso hídrico constituyen la base técnica que permite comprender la dinámica del agua a nivel territorial y orientar las decisiones de planificación a diferentes escalas. El ENA y el ERA proporcionan información estructurada sobre oferta, demanda, calidad y vulnerabilidad, insumos indispensables para reconocer problemáticas y priorizar acciones de gestión.

1.2 Metodologías e indicadores de evaluación de disponibilidad hídrica

1.2.1 Metodologías de disponibilidad hídrica

La evaluación de la disponibilidad hídrica en una cuenca requiere la aplicación de metodologías que permitan analizar y proyectar el comportamiento del recurso en diferentes condiciones climáticas y de uso. Estas metodologías integran enfoques empíricos, estadísticos, hidrológicos y de modelación, y son fundamentales para la planificación, administración y gestión sostenible del agua.

Entre las técnicas más utilizadas en Colombia se encuentra la regionalización, utilizada para estimar caudales y disponibilidad en cuencas con información limitada; la modelación hidrológica e hidráulica, que permite representar el ciclo hidrológico y simular variables como caudal y precipitación; el método de Turc basado en balances hídricos empíricos para calcular la evapotranspiración potencial; y el modelo de Duberdicus, desarrollado por Corantioquia para caracterizar la demanda hídrica y proyectar escenarios de disponibilidad. A continuación, se presentan de manera general las metodologías descritas.

1. Regionalización

La regionalización es un método indirecto utilizado para estimar la disponibilidad hídrica en cuencas con información hidrometeorológica limitada. Esta metodología se basa en la extrapolación de datos hidrometeorológicos provenientes de cuencas con características físicas, climáticas y geomorfológicas similares, tales como caudales medios, escurrimientos y curvas de duración de caudales.

Durante su aplicación, se identifican zonas climáticamente homogéneas y se analiza el comportamiento de los caudales máximos a partir de series históricas con una longitud mínima de 20 años. Asimismo, se evalúan las distribuciones de frecuencia más representativas y se calculan caudales asociados a distintos periodos de retorno. Estos procedimientos permiten establecer ecuaciones regionales que describen el comportamiento hidrológico de las cuencas sin necesidad de realizar aforos directos (IDEAM, 2013).

Esta técnica fue aplicada en el Estudio Nacional del Agua (ENA) 2018 y en el ENA 2022, donde se identificaron 16 regiones hidrológicamente homogéneas en Colombia, consolidándose como una metodología válida para orientar la gestión del recurso hídrico a escala nacional.

2. Modelación hidrológica e hidráulica

El modelo, entendido como una abstracción de la realidad, constituye una representación simplificada de un proceso. En el ámbito de la modelación hidrológica, permite integrar diversos componentes del ciclo hidrológico, entre ellos la oferta hídrica mediante el análisis de series hidroclimatológicas espaciales y temporales, con el fin de inferir sobre el comportamiento de variables de interés como la precipitación o el caudal.

Previo a su implementación, los datos empleados en el modelo deben someterse a un análisis de calidad para garantizar la coherencia y la confiabilidad. Los resultados generados pueden presentarse en forma de datos numéricos, estadísticas, gráficos, mapas o índices, los cuales facilitan la interpretación de la dinámica hidrológica del sistema estudiado.

Para los análisis hidrológicos se cuenta con modelos deterministas, que incluyen herramientas como la ecuación del balance hídrico (citada anteriormente) y el hidrograma unitario. Asimismo, existen modelos de enfoque probabilista, los cuales permiten incorporar la variabilidad e incertidumbre, inherentes a los procesos hidrológicos (IDEAM, 2018).

3. Método de Turc

El método de Turc (1954) es un modelo empírico de balance hídrico diseñado para estimar la Evapotranspiración Real (ETR) a escala anual. Se fundamenta en el análisis estadístico de 254 cuencas hidrográficas ubicadas en diversas zonas climáticas del mundo, incluyendo regiones de Europa, África, América e Indonesia. Lo que permite que el método sea aplicable en climas tanto templados como tropicales, siendo especialmente útil cuando la información climática es limitada (solo precipitación y temperatura).

Una de las ventajas operativas de este método es su capacidad para representar la variabilidad espacial de la evapotranspiración. Esto se debe a que la temperatura media anual (variable crítica del modelo) presenta una correlación inversa con la altitud, fenómeno conocido como gradiente térmico vertical. Al integrar este gradiente con Modelos Digitales de Elevación (DEM), es posible proyectar la distribución de la temperatura, sobre la topografía compleja de una cuenca (Universidad Nacional de Colombia, 2000).

$$ETP: \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{[L(t)]^2}}}$$

Ecuación 2: Método de Turc.

Donde:

- ETR = Evapotranspiración real en mm/año
- L = Parámetro heliotérmico ($L = 300 + 25\theta + 0,05\theta^3$), siendo θ la temperatura media anual en °c.
- P = Precipitación en mm/año
- La ecuación es válida para $P/L > 0.316$. En caso contrario $ETR = P$

4. Duberdicus

Duberdicus es un modelo desarrollado por Corantioquia en el año 2006 para apoyar la administración de la demanda del recurso hídrico superficial en su jurisdicción. Esta metodología

permitió definir y caracterizar la demanda hídrica; generar modelos digitales con datos hidrometeorológicos para el cálculo de balances hídricos; elaborar modelos de estimación de caudales; y proyectar escenarios de disponibilidad hídrica, además de construir índices de oferta hídrica real (Corantioquia, 2006).

Los resultados de este modelo evidenciaron que, los municipios de Andes, Ciudad Bolívar, Salgar y Concordia presentan demandas de agua superficial en un rango entre media y alta. Los datos determinados por Duberdicus se encuentran en el sistema de información geográfico de Corantioquia, denominado MapGis. Sin embargo, se prevé que ocasionalmente consultado por los funcionarios de la Corporación y que sus datos pueden estar desactualizados.

1.2.2 Indicadores de disponibilidad hídrica

La evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico requiere herramientas que permitan interpretar, de manera objetiva, las condiciones naturales y antrópicas que influyen en la dinámica del agua en una cuenca. En este contexto, los indicadores de disponibilidad hídrica ofrecen una aproximación cuantitativa para analizar aspectos como los excedentes o déficits de humedad, la capacidad de regulación de los caudales, la presión ejercida por la demanda y el riesgo potencial de desabastecimiento. Estos indicadores, construidos a partir de metodologías establecidas en el Estudio Nacional del Agua y otros instrumentos técnicos, permiten caracterizar el estado del recurso y constituyen una base esencial para orientar procesos de planificación, priorización y toma de decisiones en la gestión hídrica de las cuencas evaluadas. En la Tabla 6 se presentan algunos de los indicadores más incorporados en estudios como el ENA y el ERA.

Tabla 6. Indicadores de disponibilidad hídrica.

INDICADOR		DESCRIPCIÓN	FORMULA
1	Índice de Aridez (IA)	Este indicador caracteriza los déficits hídricos naturales a largo plazo y es entendido como una relación entre la evapotranspiración potencial (ETP) y la evapotranspiración real (ETR). Esta relación clasifica el clima regional de acuerdo con la disponibilidad de agua para el sostenimiento de los ecosistemas; es evaluada de forma cualitativa y clasifica las regiones en siete	$IA = \left(\frac{ETP - ETR}{ETP} \right)$ <p><i>Ecuación 3. Índice de Aridez</i></p> <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • IA = Índice de Aridez (adimensional) • ETP = Evapotranspiración potencial (mm/año)

	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	FORMULA																																							
		categorías: desde altamente deficitario hasta altos excedentes de agua.	<ul style="list-style-type: none"> • ETR = Evapotranspiración real (mm/Año) 																																							
2	Índice de Regulación Hídrica (IRH)	Este indicador evalúa la capacidad de la cuenca para mantener y regular un régimen de caudales y se define con respecto a la curva de duración de caudales medios diarios, la cual presenta una relación del porcentaje de tiempo durante el cual los caudales igualan o exceden un valor dado.	$IRH = \left(\frac{V_p}{V_t}\right)$ <p><i>Ecuación 4. Índice de Regulación Hídrica</i></p> <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • IRH = Índice de Retención y Regulación Hídrica (adimensional) • Vp = Volumen parcial equivalente al área bajo la línea de caudal medio en la curva de duración de caudales medios diarios (m3) • Vt = Volumen total equivalente al área bajo la curva de duración de caudales medios diarios (m3) 																																							
3	Índice de Uso del Agua (IUA)	Este índice califica la relación entre la demanda hídrica multisectorial en una subzona hidrográfica en un periodo de tiempo y la oferta hídrica superficial disponible para ese mismo periodo. En síntesis, refleja la capacidad que tiene las subzonas de sostener volúmenes de agua extraídos por las actividades antrópicas.	$IUA = \left(\frac{DH}{OH}\right) * 100$ <p><i>Ecuación 5. Índice de Uso del Agua</i></p> <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • IUA = Índice de Uso del Agua. • DH = Demanda Hídrica Multisectorial. • OH = Oferta Hídrica Disponible Superficial 																																							
4	Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH)	El IVH relaciona de forma cualitativa el Índice de Uso del Agua y el Índice de Retención y Regulación Hídrica, mostrando la fragilidad de los sistemas hídricos superficiales de mantener la oferta de agua dadas sus condiciones de regulación y demanda. Como se mencionó este índice se calcula a través de una matriz entre el IUA y el IRH	<p><i>Ilustración 3. Matriz de Asociación IVH</i></p> <table border="1" data-bbox="922 1266 1406 1451"> <caption>Matriz de Asociación Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento – IVH</caption> <thead> <tr> <th rowspan="2">Índice de Uso del Agua - IUA</th> <th colspan="4">Índice de Retención y Regulación Hídrica - IRH</th> </tr> <tr> <th>Alto</th> <th>Moderado</th> <th>Bajo</th> <th>Muy bajo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muy bajo</td> <td>Muy baja</td> <td>Baja</td> <td>Media</td> <td>Media</td> </tr> <tr> <td>Bajo</td> <td>Baja</td> <td>Baja</td> <td>Media</td> <td>Media</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>Media</td> <td>Media</td> <td>Alta</td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>Media</td> <td>Alta</td> <td>Alta</td> <td>Muy alta</td> </tr> <tr> <td>Muy alto</td> <td>Media</td> <td>Alta</td> <td>Alta</td> <td>Muy alta</td> </tr> <tr> <td>Crítico</td> <td>Muy alta</td> <td>Muy alta</td> <td>Muy alta</td> <td>Muy alta</td> </tr> </tbody> </table>	Índice de Uso del Agua - IUA	Índice de Retención y Regulación Hídrica - IRH				Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy baja	Baja	Media	Media	Bajo	Baja	Baja	Media	Media	Medio	Media	Media	Alta	Alta	Alto	Media	Alta	Alta	Muy alta	Muy alto	Media	Alta	Alta	Muy alta	Crítico	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
Índice de Uso del Agua - IUA	Índice de Retención y Regulación Hídrica - IRH																																									
	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo																																						
Muy bajo	Muy baja	Baja	Media	Media																																						
Bajo	Baja	Baja	Media	Media																																						
Medio	Media	Media	Alta	Alta																																						
Alto	Media	Alta	Alta	Muy alta																																						
Muy alto	Media	Alta	Alta	Muy alta																																						
Crítico	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta																																						

Fuente: IDEAM (2010), Elaboración propia.

En síntesis, los indicadores permiten contar con parámetros claros y comparables que reflejan las condiciones del recurso hídrico en cada cuenca. Su interpretación conjunta ofrece una visión integral del estado del agua y constituye un apoyo fundamental para desarrollar análisis orientados a evaluar el comportamiento y la disponibilidad del recurso hídrico.

Capítulo II. Criterios técnicos de priorización de cuencas

El capítulo II de este trabajo de grado se enfoca en la definición y selección de los criterios que permiten identificar las subcuencas con mayor prioridad para la evaluación de la disponibilidad hídrica. Para ello, se lleva a cabo una revisión de los criterios comúnmente empleados en la formulación de instrumentos de planificación ambiental y, adicionalmente, se plantean criterios complementarios contruidos a partir de la información disponible en la Oficina Territorial Citará.

En este contexto, la Tabla 7 presenta las veinticinco subcuencas de Nivel Subsiguiente Dos (NSS2) que conforman la jurisdicción de la OT Citará, constituyendo el punto de partida para el proceso de priorización.

Tabla 7. Subcuencas con un área menor a 1,5 km² en la territorial.

SUB-CUENCA		Área (Km ²)
1	Q La Sinifaná	0,000000031577
2	Directos R Cauca entre R San Juan y R Mulatos	0,0004
3	R Amagá	0,000093
4	Directos R Cauca entre Q Sinifaná y Amagá	0,049
5	Directos R Cauca entre Q Sinifaná y R San Juan	0,11
6	R Piedras	0,15
7	Directos R cauca entre R Amagá y Q La Guaca	0,19
8	R Mulatos	0,39
9	R Cartama	0,43
10	Directos R Cauca entre R San Juan y Q Fotuta	1,42
11	Directos R Cauca entre Q Niverengo y Q San Mateo	17,4
12	Directos R Cauca entre Q Fotuta y Q Comia	58,92
13	Directos R Cauca entre Q Comia y Q San Mateo	62,31
14	R El Pedral	64,28
15	Q Santa Barbara	66,53
16	R Guadualejo	72,77
17	Q Comia	80,62
18	Q Fotuta	88,7
19	R San Agustin	99,62
20	R Tapartó	121,59
21	Q Bonita	136,2
22	Q San Mateo	224,3
23	R Bolivar	231,37
24	R Barroso	235,44

SUB-CUENCA		Área (Km ²)
25	R San Juan	333,59

Fuente: Corantioquia (2025). Elaboración propia.

Preliminarmente, se aclara que, para los fines del presente trabajo, no se considerarán aquellas subcuencas cuya área sea inferior a 1,5 km², dado que su influencia dentro de la jurisdicción es limitada. Una vez aplicado este filtro, se determina que el análisis se desarrollará únicamente sobre 15 subcuencas.

2.1. Identificación de criterios definidos en la priorización para la formulación de instrumentos de planificación ambiental

El artículo 2.2.3.1.5.5 del Decreto 1076 del 2015 establece que, las Corporaciones Autónomas Regionales deben priorizar las cuencas objeto de ordenación en la respectiva Área Hidrográfica o Macrocuena, de acuerdo con criterios de oferta, demanda y calidad hídrica, riesgo y gobernabilidad.

De esta forma, en el 2014 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible diseñó la guía técnica de criterios para la priorización de cuencas objeto de ordenación y manejo. A continuación, en la Tabla 8 se especifica el modelo de priorización que propone la guía, en la que se establece una metodología de ponderación y calificación por componente, factor y parámetro.

Tabla 8. Criterios técnicos de priorización de cuencas

COMPONENTE	FACTOR	PARÁMETRO
OFERTA Estado de conservación de los ecosistemas y los procesos hidrológicos de los que depende la oferta de agua para el país.	Oferta ecosistémica y biodiversidad para conservación del recurso hídrico	Presencia de áreas del SINAP, SIRAP y otras áreas de conservación.
		Presencia de áreas de especial importancia ecosistémica en la cuenca.
	Oferta hídrica superficial	Índice de retención y regulación hídrica
	Oferta hídrica subterránea	Índice de aridez
DEMANDA Presión antrópica sobre la base natural	Uso del recurso hídrico.	Potencial hidrogeológico
	Densidad poblacional.	Índice de uso del agua – IUA.
		Densidad de población urbana.
	Uso del suelo	Densidad de población rural.
		Territorios Agrícolas.
Uso minero.		
Conflictos de uso de la tierra	Macroproyectos de desarrollos actuales y proyectados.	
	Conflicto de uso de la Tierra.	

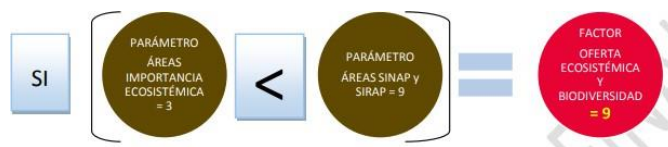
COMPONENTE	FACTOR	PARÁMETRO
CALIDAD Estado de las características del recurso hídrico entorno a la contaminación	Calidad del agua	Índice de alteración potencial de la calidad del agua
RIESGO Conflictos que afectan la conservación de los recursos naturales y antrópicos	Áreas con amenaza asociadas a fenómenos naturales o antrópicos.	Áreas susceptibles a inundación
		Áreas susceptibles a movimientos en masa
		Áreas susceptibles a incendios de la cobertura vegetal
		Áreas susceptibles a sequías.
		Áreas de amenaza volcánica
		Áreas con amenaza sísmica relativa
	Amenaza y vulnerabilidad del recurso hídrico	Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento
	Efectos adversos del cambio climático	Áreas con vulnerabilidad ambiental por subzona hidrográfica escenario 2011-2040
Degradación de los suelos.	Áreas con procesos de desertificación	
	Áreas susceptibles a la erosión.	
Deforestación	Cambios en la cobertura de bosques	
FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL Y GOBERNABILIDAD Capacidad de la gestión pública para la ordenación de cuencas	Avance del Proceso de ordenación de cuencas	Estado de avance del POMCA
	Priorización a través de instrumentos de Planificación Nacional	CONPES asociados a regulación hídrica, saneamiento básico, riego y áreas portuarias
	Pobreza	Necesidades Básicas Insatisfechas – NBI
	Gestión Territorial	Zonas priorizadas por el plan de consolidación territorial

Fuente: IDEAM (2014). Elaboración propia.

Para la aplicación del modelo de priorización se deben tener en cuenta las particularidades de la cuenca. El modelo de tipo categórico permite calificar los parámetros que componen el factor, para luego escalar y establecer la ponderación por componente.

Los parámetro cuenta con un rango de valoración, calificado con los siguientes valores: 0, 1, 3, 5, 7 y 9; donde cero (0) indica ninguna prioridad; uno (1) prioridad muy baja; tres (3) prioridad baja, cinco (5) prioridad intermedia, siete (7) prioridad alta y nueve (9) prioridad muy alta.

Cada parámetro corresponde a una capa cartográfica, al cual se le asigna una calificación, según los rangos de valoración descritos en el párrafo anterior. Una vez obtenida la calificación por capa (parámetro) dentro del factor, se procede a realizar una operación de tipo condicional en donde se chequean los valores y se selecciona el valor más alto para asignar el respectivo factor. Este procedimiento se realiza para asignar valores a los factores dentro del modelo cartográfico como se muestra a continuación:



Ecuación 6. Operación condicional de priorización de cuencas (IDEAM, 2014)

Posteriormente, se multiplica el valor resultante del factor por el porcentaje asignado a este. El porcentaje será diferente por Macrocuena. Por ejemplo, para la Macrocuena Caribe:



Ecuación 7. Sumatoria priorización de cuencas (IDEAM, 2014)

Una vez obtenido el valor total de la sumatoria de los factores se multiplica por el peso asignado al componente (para el ejemplo sería oferta). Una vez aplicado el procedimiento a los componentes se procede a realizar la sumatoria de los resultados para obtener la prioridad de la cuenca así:



Ecuación 8. Sumatoria de resultados, priorización de cuencas (IDEAM, 2014)

Donde la prioridad será dada según la tabla de clasificación establecida por Macrocuena así:

Ilustración 4. Rango de prioridades de las microcuencas.

Rangos de Prioridad para Macrocuenca Caribe	
	Prioridad Muy Baja (2, 860 - 3,366)
	Prioridad Baja (3, 367 - 3,870)
	Prioridad Media (3, 871 - 4,380)
	Prioridad Alta (4, 381 - 4,880)
	Prioridad Muy Alta (4,881 - 5,390)

Fuente: (IDEAM 2014).

2.2. Criterios de priorización de cuencas definidos

La priorización se planteará de acuerdo con criterios simples y cuantificables, que puedan ser aplicados conforme a la información disponible. En este subcapítulo, se seleccionarán algunos parámetros relacionados con la disponibilidad hídrica, estos definidos por el IDEAM en la metodología de priorización de cuencas y posteriormente se plantearán otros.

2.2.1 Selección de parámetros existentes aplicables

Los parámetros considerados corresponden a aquellos previamente estudiados en los instrumentos de planificación ambiental, los cuales proporcionan resultados específicos que permiten establecer una jerarquización basada en cantidades, así como en valores mínimos o máximos.

Inicialmente se definieron cinco criterios incluidos en la metodología del IDEAM, estos están relacionados con la disponibilidad de agua en la medida que consideran: la presencia de ecosistemas para la conservación del recurso; contabilizan la oferta hídrica superficial; determinan la presión por el uso del agua e incluyen análisis de amenaza y vulnerabilidad. En el siguiente apartado se relaciona el indicador y su resultado a nivel de subcuenca.

A. Presencia de áreas protegidas y ecosistemas estratégicos (PEE)

La estructura ecológica principal se define como un conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio, cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos

naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones (Corantioquia, 2020).

En la Tabla 9 se presentan los ecosistemas estratégicos adoptados en la jurisdicción de la OT Citará.

Tabla 9. Ecosistemas Estratégicos en la Territorial Citará

ÁREA PROTEGIDA O ECOSISTEMA ESTRATÉGICOS	MUNICIPIOS	SUBCUENCAS
Reserva Forestal Protectora Regional – En este sistema montañoso nacen gran número de ríos y quebradas abastecedoras de acueductos municipales y veredales.	Andes, Betania y Ciudad Bolívar	R. San Juan, Q Santa Barbara, R. San Agustín, R Pedral, R. Taparto, R. Bolívar.
Distrito de Manejo Integrado Cuchilla Cerro Plateado Alto San José – Cada uno de los municipios del DMI tienen fuentes propias con gran extensión, las cuales bastecen 14 acueductos veredales y el área urbana del municipio de Betulia y centro poblado del corregimiento de Luciano Restrepo.	Salgar, Betulia, Concordia.	R. Barroso, Q San Mateo, Q Comía
Distrito de Manejo Integrado Cuchilla Jardín Tamesis – Nacen importantes fuentes de agua como la quebrada Bonita, que surten el acueducto del municipio de Jardín. Adicional se originan importantes afluentes del río San Juan (ríos Dojurgo y San Bartolo y las quebradas La Bonita, La Salada, La Linda y Chorros Blancos)	Jardín y Andes	R. San Juan, Q. Bonita
Distrito de Manejo Integrado Río Barroso y San Juan – Presenta relictos de bosque seco tropical en estado de regeneración avanzada y regeneración media,	Salgar	R. Barroso
Distritos Regionales de Manejo Integrado Bosque Seco del Occidente Antioqueño	Betulia	Q San Mateo,
Reserva Orquídeas de la Sociedad Colombiana de Orquideología – Hace parte del DMI cuchilla Jardín Tamesis, su extensión de 200 ha a 500 ha hace parte de la compensación ambiental por la construcción de las vías 4G en Antioquia.	Jardín	Q. Bonita
Reserva Natural de las Aves Loro Orejiamarillo – Se encuentra dentro del DMI cuchilla Jardín – Tamesis. Fue adquirida por la fundación Proaves para recuperar la población del loro orejiamarillo y la palama de cera y se clasificó como sitio por la Alianza para la Cero Extinción.	Jardín	R. San Juan
Reserva Natural de la Sociedad Civil La Nevera – Hace parte del DMI Cuchilla Jardín Tamesis y es formada por 13 predios de Jardín, Tamesis y Riosucio.	Jardín	R. San Juan
Reservas Naturales de la Sociedad Civil Buena Vista - Se encuentra inmersa dentro del DRMI Cuchilla Cerro Plateado Alto San José, acto motivado principalmente por el gran potencial de producción hídrica para el municipio dado que se localiza en los bosques de niebla del ecosistema bosque muy húmedo montano bajo.	Betulia	Q San Mateo
Reserva La Nitrera – Es un área protegida asociada aun embalse que abastece el acueducto urbano del municipio de Concordia	Concordia	Q Fotuta

ÁREA PROTEGIDA O ECOSISTEMA ESTRATÉGICOS	MUNICIPIOS	SUBCUENCAS
Zona Ribereña del río Cauca – Área protegida principal del cañón del río Cauca	Salgar, Betulia y Concordia	R Barroso, R San Juan, Q Fotuta, Q San Mateo
Nodo CICAPE, Suroeste de Antioquia (Citará, Cartama, Penderisco) – 27 predios con iniciativas de conservación privadas con más de 5000 ha, hacen parte de los ya mencionados DMI (excepto el DMI Ríos Barroso y San Juan) y de la reserva Farallones del Citará.	Jardín, Andes, Ciudad Bolívar	Q Bonita, R San Juan
Pagos por Servicios Ambientales – PSA Consiste en una retribución económica a propietarios de predios por el mantenimiento y conservación de extensiones de bosques naturales para entre otros elementos, garantizar la oferta de los recursos hídricos.	Jardín, Andes, Hispania, Ciudad Bolívar y Salgar	Q Bonita, Q Santa Barbara, R Bolívar, R Pedral, R San Agustín, R San Juan

Fuentes: Corantioquia y Corpouraba (2021), Corantioquia (2020). Elaboración propia.

En la Tabla 10 se presenta el listado de ecosistemas estratégicos por subcuenca.

Tabla 10. Presencia de ecosistemas estratégicos en las subcuencas de la Territorial Citará

SUB-CUENCA		Nº de Áreas Protegidas
1	Q Bonita	4
2	Q Santa Barbara	2
3	R San Agustín	2
4	R Tapartó	1
5	R El Pedral	2
6	R Guadualejo	No presenta
7	R Bolívar	2
8	R Barroso	3
9	R San Juan	7
10	Directos R Cauca entre Q Comia y Q San Mateo	No presenta
11	Directos R Cauca entre Q Fotuta y Q Comia (Magallo)	No presenta
12	Q Comia	1
13	Q Fotuta (Magallo)	2
14	Directos R Cauca entre Q Niverengo y Q San Mateo	No presenta
15	Q San Mateo	4

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 10 se evidencia que hay subzonas hidrográficas que no presentan ninguna estrategia de conservación (en categoría de áreas protegidas) que permita jurídicamente garantizar la protección de los ecosistemas que brindan soporte al patrimonio hídrico a nivel territorial.

A continuación, en los ítems B, C, D y E se presenta la descripción de los indicadores relacionados con disponibilidad hídrica superficial; con el uso del recurso, la amenaza y la vulnerabilidad, así mismos en la Tabla 11 se presentan los resultados por indicador en la subcuenca.

B. Índice de Aridez (IA)

El índice de aridez representa la dinámica superficial del suelo y evidencia los lugares con déficit y excedentes de agua. La calificación es ascendente, es así que las subcuencas con valores más altos presentan déficit de agua. En este sentido cuando el IA es mayor a 0,60 se estima que la subcuenca presenta alta deficiencia de agua y cuando es menor a 0,15 se determina que la subcuenca presenta altos excedentes de agua (Corantioquia, 2020)

C. Índice de retención y regulación hídrica (IR)

Este índice mide la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales. La calificación de forma ascendente, indica que, en valores altos la cuenca tiene mayor retención y regulación de humedad. Cuando el IR es mayor a 0,85 se estima una muy alta retención y regulación de humedad y cuando es menor a 0,50 se determina una muy baja retención y regulación de humedad (Corantioquia, 2020).

D. Índice de Uso del Agua (IUA)

Es la cantidad de agua utilizada por los diferentes usuarios, en relación con la oferta hídrica superficial disponible. En este sentido se evidencia el uso del agua, respecto a su disponibilidad en una unidad hidrográfica, su cálculo se realiza con base en la oferta hídrica promedio y la demanda hídrica. Cuando el IUA es mayor a 100 se estima que la presión supera las condiciones de la oferta y cuando el IUA es menor a 1 la presión ejercida por la demanda no es significativa, con respecto a la oferta (Corantioquia, 2020).

E. Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico (IVH)

Este indicador busca estimar el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta de abastecimientos en condiciones de variabilidad climática. Ante variaciones altas de oferta se presenta susceptibilidad al desabastecimiento. Aunque este parámetro no se considera en la guía de priorización de cuencas, es calculado con el cruce del IUA y el IR (Corantioquia, 2020).

Como se mencionó anteriormente, en la siguiente tabla se presentan los resultados por indicador en la subcuenca.

Tabla 11. Indicadores en el diagnóstico del POMCA del Río San Juan y el POMCA del Río San Juan Ituango.

SUB-CUENCA		IA	Categoría	IR	Categoría	IUA	Categoría	IVH	
POMCA del río San Juan	1	Q Bonita	0,11	Altos Excedentes	0,78	Alta	23,65	Alto	Medio
	2	Q Santa Barbara	0,10	Altos Excedentes	0,76	Alta	1,10	Bajo	Bajo
	3	R San Agustin	0,10	Altos Excedentes	0,76	Alta	2,53	Bajo	Bajo
	4	R Tapartó	0,11	Altos Excedentes	0,76	Alta	1,43	Bajo	Bajo
	5	R El Pedral	0,11	Altos Excedentes	0,74	Moderada	0,88	Muy Bajo	Bajo
	6	R Guadualejo	0,13	Altos Excedentes	0,74	Moderada	1,68	Bajo	Bajo
	7	R Bolivar	0,12	Altos Excedentes	0,77	Alta	2,39	Bajo	Bajo
	8	R Barroso	0,13	Altos Excedentes	0,76	Alta	78,15*	Muy alto	Medio
	9	R San Juan	0,14	Altos Excedentes	0,79	Alta	20,40	Alto	Medio
POMCA del río San Juan –	10	Directos R Cauca entre Q Comia y Q San Mateo	0,22	Moderado y excedentes	0,773	Alta	1,02	Bajo	Bajo
	11	Directos R Cauca entre Q Fotuta y Q Comia	0,21	Moderado y excedentes	0,781	Alta	5,44	Bajo	Bajo
	12	Q Comia	0,14	Altos Excedentes	0,780	Alta	8,05	Bajo	Bajo
	13	Q Fotuta	0,11	Altos Excedentes	0,770	Alta	57,77**	Bajo	Medio
	14	Directos R Cauca entre Q Niverengo y Q San Mateo	0,22	Moderado y excedentes	0,791	Alta	6,2	Bajo	Bajo
	15	Q San Mateo	0,15	Excedentes	0,794	Alta	6,03	Bajo	Bajo

*Esta categoría se asocia a la demanda de la PCH Magallo, cuyo efecto debe ser analizado a nivel local.

**Esta categoría se asocia a la demanda de la PCH Barroso, cuyo efecto debe ser analizado a nivel local.

Fuente: Corantioquia y Corpouraba (2021), Corantioquia (2020). Elaboración propia.

2.2.2. Planteamiento de criterios adicionales

A continuación, se describen criterios adicionales que, si bien no se encuentran contemplados en la guía de priorización de cuencas, se integran en el presente estudio debido a su incidencia directa en el análisis de disponibilidad hídrica local.

En este sentido, los ítems F, G, H e I desarrollan la definición y alcance de cuatro variables técnicas fundamentales para la gestión territorial.

F. Presencia de microcuencas abastecedoras (MA)

Las microcuencas abastecedoras son un área de drenaje de agua superficial inferior a 500 km², que están dentro de una subzona o su nivel subsiguiente y se encuentran delimitadas por la línea divisoria de aguas. Estas por brindar un recurso de soporte para la población requieren tener disponibilidad y continuidad del recurso hídrico, por ello es importante identificarlas en las subcuencas para realizar el ejercicio de priorización.

Este criterio se sustenta desde el artículo 2.2.3.2.7.8. del Decreto 1076 del 2015, en el cual se prioriza el abastecimiento doméstico colectivo e individual.

Tabla 12. Microcuencas abastecedoras en las subcuencas de la Oficina Territorial Citará

SUB-CUENCA		MICROCUENCAS ABASTECEDORAS	Nº DE MCA	Área total de cuencas abastecedoras en Km ²
1	Q Bonita	Q La Mendoza	1	6,73
2	Q Santa Barbara	Q Las Flores, Q Bernarda	2	7,01
3	R San Agustin	Cañada La Quinta, Cañada Santa Helena.	2	0,65
4	R Tapartó	No presenta	0	N/A
5	R El Pedral	Q La Galana	1	2,47
6	R Guadualejo	No presenta	0	N/A
7	R Bolivar	Q Los Monos	1	7,57
8	R Barroso	Q La Ceibala	1	1,18
9	R San Juan	Q La Chaparrala, Q La Batea	2	36,7
10	Directos R Cauca entre Q Comia y Q San Mateo	Q Los Chorros	1	1,98
11	Directos R Cauca entre Q Fotuta y Q Comia (Magallo)	Afluente 2 Q La Higuerona	1	2,16
12	Q Comia	No presenta	0	N/A
13	Q Fotuta (Magallo)	Q Santa Monica	1	3,69
14	Directos R Cauca entre Q Niverengo y Q San Mateo	Q Quiona	1	7,62
15	Q San Mateo	Q San Mateo, Q La Urraëña, Q Buena vista, Q Chorro Blanco	2	13,94

Fuente: Corantioquia y Corpouraba (2021), Corantioquia (2020). Elaboración propia.

G. Densidad de usuarios por área (Nº U/A)

La densidad de usuarios por área se emplea como criterio para identificar la presión que recibe cada subcuenca en función del número de usuarios por kilómetro cuadrado. A mayor densidad, mayor es la concentración de usuarios en el territorio y, en consecuencia, mayor la

presión ejercida sobre el recurso hídrico. Por el contrario, valores bajos indican una menor presión por unidad de área.

La siguiente ecuación define este criterio:

$$\text{Densidad de usuarios por área} = \frac{\text{Número de Usuarios (N°U)}}{\text{Área (Km}^2\text{)}}$$

Ecuación 9. Densidad por uso.

Tabla 13. Densidad de usuarios por área

SUB-CUENCA		N°U	Área Km ²	$\frac{\text{Usuarios (N°U)}}{\text{Área (Km}^2\text{)}}$
1	Q Bonita	112	80,62	1,39
2	Q Santa Barbara	6	66,53	0,09
3	R San Agustin	41	99,62	0,41
4	R Tapartó	107	121,59	0,88
5	R El Pedral	42	64,28	0,65
6	R Guadualejo	61	72,77	0,84
7	R Bolivar	197	231,37	0,85
8	R Barroso	192	235,44	0,82
9	R San Juan	213	333,59	0,64
10	Directos R Cauca entre Q Comia y Q San Mateo	20	62,31	0,32
11	Directos R Cauca entre Q Fotuta y Q Comia	73	58,92	1,24
12	Q Comia	35	80,62	0,43
13	Q Fotuta	135	88,7	1,52
14	Directos R Cauca entre Q Niverengo y Q San Mateo	10	17,4	0,57
15	Q San Mateo	114	224,3	0,51

Fuente: Cartografía Corporativa Corantioquia (2025). Elaboración propia.

H. Densidad de usuarios por caudal concesionado (N°U/Q)

En este criterio se evalúa la presión ejercida sobre la subcuenca a partir de la relación entre el número de usuarios y la sumatoria de los caudales concesionados o captados en la respectiva cuenca objeto de análisis. Un valor elevado indica que existe una mayor cantidad de usuarios dependiendo de un caudal reducido, lo cual incrementa la presión sobre el recurso hídrico y, por tanto, justifica asignar una mayor prioridad a la subcuenca dentro del proceso de evaluación.

Para calcular este criterio, se emplea la siguiente relación:

$$\text{Densidad por caudal} = \frac{\text{Número de Usuarios (N°U)}}{\text{Sumatoria de Caudales Concesionado (L/s)}}$$

Ecuación 10. Densidad por caudal concesionado.

Tabla 14. Densidad de usuarios por caudal concesionado

SUB-CUENCA		N° U	Caudal (L/s)	$\frac{\text{Ususarios (N°U)}}{\text{Caudal (L/s)}}$
1	Q Bonita	112	668,88	0,17
2	Q Santa Barbara	6	3,01	1,99
3	R San Agustin	41	668,86	0,06
4	R Tapartó	107	30,54	3,50
5	R El Pedral	42	48,07	0,87
6	R Guadualejo	61	9,81	6,22
7	R Bolivar	197	104,09	1,89
8	R Barroso	192	71,25	2,69
9	R San Juan	213	151,32	1,41
10	Directos R Cauca entre Q Comia y Q San Mateo	20	26,48	0,76
11	Directos R Cauca entre Q Fotuta y Q Comia	73	14,70	4,97
12	Q Comia	35	10,14	3,45
13	Q Fotuta	135	940,54	0,14
14	Directos R Cauca entre Q Niverengo y Q San Mateo	10	3,62	2,76
15	Q San Mateo	114	45,94	2,48

Fuente: Corantioquia (2024). Elaboración propia.

I. Densidad de caudal concesionado por área (Q/A)

La densidad de caudal concesionado por área expresa la cantidad de litros por segundos asignados en relación con la extensión de la subcuenca. Un valor elevado indica que existe un alto caudal concesionado por unidad de área, lo que refleja una mayor intensidad de uso del recurso hídrico.

Este indicador permite identificar subcuencas pequeñas que, pese a su limitada área, soportan una demanda elevada, por lo que requieren una atención prioritaria en materia de gestión y seguimiento del recurso.

$$\text{Densidad por caudal concesionado} = \frac{\text{Caudal (L/s)}}{\text{Área (Km}^2\text{)}}$$

Ecuación 11. Densidad por caudal concesionado

Tabla 15. Densidad de caudal concesionado por área.

SUB-CUENCA		Caudal (L/s)	Área Km ²	$\frac{\text{Caudal (L/s)}}{\text{Área Km}^2}$
1	Q Bonita	668,88	80,62	8,30
2	Q Santa Barbara	3,01	66,53	0,05
3	R San Agustin	668,86	99,62	6,71
4	R Tapartó	30,54	121,59	0,25
5	R El Pedral	48,07	64,28	0,75
6	R Guadualejo	9,81	72,77	0,13
7	R Bolivar	104,09	231,37	0,45
8	R Barroso	71,25	235,44	0,30
9	R San Juan	151,32	333,59	0,45
10	Directos R Cauca entre Q Comia y Q San Mateo	26,48	62,31	0,43
11	Directos R Cauca entre Q Fotuta y Q Comia	14,70	58,92	0,25
12	Q Comia	10,14	80,62	0,13
13	Q Fotuta	940,54	88,7	10,60
14	Directos R Cauca entre Q Niverengo y Q San Mateo	3,62	17,4	0,21
15	Q San Mateo	45,94	224,3	0,20

Fuente: Corantioquia (2024). Elaboración propia.

2.3. Valoración de los criterios de priorización de cuencas

La valoración se estructura desde el planteamiento inicial de la calificación por intervalos hasta la calificación final o de los criterios en las subcuena. Posteriormente se realizará una ponderación que condiciona a cada criterio porcentualmente, según su relevancia en la evaluación hídrica, el resultado de dicha sumatoria se incluirá en una matriz de valoración para definir las 5 subcuencas objeto de priorización.

La calificación para los criterios continua parcialmente la misma metodología utilizada en la guía técnica de priorización de cuencas, con una valoración impar de “, 1, 3, 5, 7; donde uno (1) indica prioridad muy baja; tres (3) prioridad baja, cinco (5) prioridad intermedia, siete (7) prioridad alta.

Las tablas 16 establecen los umbrales específicos de la calificación según el resultado del criterio.

Tabla 16. Calificación de los criterios de priorización.

Valoración de los criterios de priorización de cuencas					
Nivel de prioridad		Muy baja	Baja	Intermedia	Alta
Valoración numérica		1	3	5	7
1	Índice de aridez (IA)	$\leq 0,15$	$> 0,15$ y $\leq 0,19$	$> 0,19$ y $\leq 0,29$	$> 0,29$
2	Índice de retención y regulación hídrica (IR)	$> 0,85$	$> 0,75$ y $\leq 0,85$	$> 0,65$ y $\leq 0,75$	$\leq 0,65$
3	Índice de uso del agua (IUA)	≤ 1	> 1 y ≤ 10	> 10 y ≤ 30	> 30
4	Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH)	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
5	Presencia de áreas protegidas y ecosistemas estratégicos (PEE)	≥ 5	Entre 3 y 4	Entre 1 y 2	0
6	Presencia de microcuencas abastecedoras (MA)	0	1	2	≥ 3
7	Densidad de usuarios por área (N° U/A)	$\leq 0,3$	$> 0,30$ y $\leq 0,60$	$> 0,60$ y $< 0,90$	$\geq 0,90$
8	Densidad de usuarios por caudal concesionado (N°U/Q)	$\leq 0,5$	$> 0,5$ y $\leq 1,1$	$> 1,1$ y < 2	≥ 2
9	Densidad de caudal concesionada por área (Q/A)	$\leq 0,2$	$> 0,2$ y $\leq 0,6$	$> 0,6$ y $< 0,80$	$\geq 0,80$

Fuente: Elaboración propia.

Ponderación final

Finalmente, se establece una ponderación que integra el resultado de los criterios, de acuerdo con su porcentaje de importancia en la disponibilidad hídrica. Esta ponderación permite equilibrar los factores biofísicos y antrópicos, garantizando una valoración integral de las subcuencas.

En la Tabla 17 se presentan los porcentajes de importancia otorgados a los criterios, junto con su respectiva justificación. Esta estructura ponderada constituye la base para la selección final de las cuencas que serán objeto de evaluación prioritaria dentro de la metodología propuesta.

Tabla 17. Porcentaje de importancia por criterio.

Criterios	Porcentaje	Valoración
Índice de Aridez	10	Su valoración es media, debido a que, aunque representa los déficit o excedentes de agua en un territorio. Está condicionado a los factores climáticos específicos de las subcuencas.
Índice de Retención y Regulación Hídrica	10	A este criterio se le da una valoración media debido a que está sujeto a efectos del cambio climático y variabilidad estacional.

Criterios	Porcentaje	Valoración
Índice de Uso del Agua	10	Se asigna un porcentaje intermedio a este indicador dado a que representa directamente la presión antrópica sobre el recurso.
Índice de Vulnerabilidad Hídrica	10	La valoración a este criterio se asigna porque su resultado parte de la síntesis de múltiples factores de demanda, oferta y capacidad de regulación, lo que identifica subcuencas con mayores vulnerabilidades operativas y ambientales.
Microcuencas Abastecedoras	12	La importancia asignada a este criterio es alta, debido a que las alteraciones en las microcuencas abastecedoras impactan directamente la seguridad hídrica.
Presencia de Ecosistemas Estratégicos	12	Su valoración se debe a que la ausencia de estos en la subcuenca representa disminución de las capacidades de regulación y provisión hídrica, y en consecuencia aumentan las presiones antrópicas
Densidad de usuarios por área (N° U/A)	12	Se otorga un porcentaje elevado porque este indicador refleja la presión espacial ejercida por los usuarios sobre la subcuenca. A mayor concentración de usuarios por kilómetro cuadrado, mayor es la demanda simultánea sobre la red hídrica y la probabilidad de impactos acumulativos, afectando la sostenibilidad del recurso.
Densidad de usuarios por caudal concesionado (N°U/Q)	12	Se justifica una calificación alta debido a que este indicador evidencia el grado de dependencia colectiva respecto al caudal disponible. Subcuencas con muchos usuarios por litro por segundo presentan mayor riesgo de desabastecimiento, conflictos por distribución y necesidad de regulación estricta.
Densidad de caudal concesionada por área (Q/A)	12	Este criterio recibe una ponderación elevada porque valores altos evidencian que se han otorgado grandes volúmenes de caudal en áreas pequeñas, lo que representa una alta intensidad de uso. Esta condición genera presiones significativas sobre la oferta hídrica, por lo que estas subcuencas requieren mayor prioridad en seguimiento, control y medidas de gestión.
TOTAL		100%

Fuente: Elaboración propia.

En la ecuación 6 se presenta la ponderación propuesta, la cual corresponde a la sumatoria de los criterios, cada uno multiplicado por el porcentaje de importancia asignado según su incidencia en la disponibilidad hídrica. El valor resultante de esta operación será posteriormente evaluado mediante una matriz de valoración, lo cual permitirá identificar de manera objetiva las cinco cuencas a priorizar.

$$P = 100 \cdot \sum_{i=1}^n (C_i \cdot \omega_i)$$

Ecuación 12. Ponderación de criterios

Donde:

- P = Ponderación total de criterios
- C_i = Valor asignado a cada criterio
- ω_i = Porcentaje asignado a cada criterio
- n = Número total de criterios

Matriz de ponderación

A continuación, se presenta la matriz de valoración desarrollada, mediante la cual se clasifican las cuencas en distintos niveles de prioridad, a partir de intervalos porcentuales. Esta clasificación responde a la necesidad de identificar aquellas unidades hidrográficas que requieren un análisis más detallado de su disponibilidad hídrica y determinar si las medidas de administración del recurso hídrico desarrolladas son suficientes, o si, por el contrario, se deben fortalecer los procesos de planificación, control y seguimiento del recurso.

La valoración presentada tiene un límite mínimo de 1, correspondiente al valor más bajo posible según el procesamiento de los criterios, y un valor máximo de 7, correspondiente a la calificación numérica más alta asignada en la etapa de valoración. Dado que estos valores son posteriormente afectados por una ponderación equivalente al 100%, se entiende que una calificación de 7% representa el nivel máximo de prioridad que puede alcanzar la subcuenca dentro del proceso de evaluación.

Tabla 18. Matriz de valoración.

RANGO	PORCENTAJES	VALORACIÓN	JUSTIFICACIÓN
1 – 2,9	20%	Muy baja	En la subcuenca no se evidencian presiones significativas sobre la oferta hídrica, y las condiciones actuales permiten mantener su disponibilidad sin riesgo aparente.
3 – 3,5	40%	Baja	La subcuenca presenta un equilibrio entre la demanda antrópicas y la disponibilidad del recurso hídrico, sin indicios de tensión o sobre uso que comprometa su sostenibilidad.
3,6 – 4	60%	Intermedia	La subcuenca muestra señales de aumento en la presión sobre el recurso hídrico, lo cual podría derivar en conflictos futuros si no se fortalecen las medidas de gestión y administración.
4,1 – 5	80%	Alta	La subcuenca presenta presiones relevantes que pueden afectar la disponibilidad hídrica. En este nivel se requiere medidas de intervención, seguimiento y control más estrictas
7	100%	Muy Alta	La subcuenca evidencia una alta vulnerabilidad y un nivel crítico de presión sobre el recurso hídrico, lo que demanda acciones prioritarias, inmediatas y de carácter correctivo para garantizar su sostenibilidad.

Fuente. Elaboración propia.

El análisis desarrollado en este capítulo permitió identificar los criterios técnicos, ambientales y socioeconómicos que influyen en la disponibilidad hídrica de las subcuencas. A partir de la revisión de los instrumentos de planificación, los indicadores hidrológicos y las presiones antrópicas, se establecieron parámetros cuantificables que permiten jerarquizar las cuencas de acuerdo con su vulnerabilidad y nivel de demanda.

En conjunto, este capítulo sienta las bases conceptuales y metodológicas que sustentan el proceso de priorización de cuencas, asegurando que la selección final responda a un análisis riguroso y equilibrado entre la oferta natural del recurso y las presiones antrópicas. Estos insumos resultan fundamentales para avanzar hacia la formulación de la ruta metodológica de evaluación de la disponibilidad hídrica que se desarrollará en el capítulo siguiente.

Metodología

La metodología adoptada en el presente trabajo de grado se fundamenta en un enfoque cuantitativo, orientado al análisis riguroso de información numérica proveniente de instrumentos técnicos, bases de datos institucionales e indicadores hidrológicos oficiales. Este enfoque permite medir, comparar y evaluar de forma objetiva la disponibilidad hídrica superficial en las subcuencas de Nivel Subsiguiente Dos (NSS2) pertenecientes a la jurisdicción de la Oficina Territorial Citará de Corantioquia.

El diseño metodológico corresponde a un estudio descriptivo y analítico, cuyo propósito es caracterizar el estado actual del recurso hídrico, identificar patrones de presión sobre la oferta disponible y establecer prioridades para la gestión ambiental. A continuación, en el capítulo III se describen las fases que componen el desarrollo metodológico.

Capítulo III. Ruta metodológica

3.2. Elementos de un proceso metodológico

Los procesos constituyen estructuras metodológicas orientadas a organizar y estandarizar las actividades que permiten alcanzar un objetivo específico. Un proceso integra un conjunto de entradas y salidas que, de forma articulada, garantizan la coherencia técnica y la trazabilidad del análisis. Las entradas corresponden a los recursos, datos, documentos, requerimientos o condiciones iniciales necesarios para el proceso. Las salidas son los productos, resultados, informes, datos procesados o decisiones generadas, estas salidas deben ser medibles, verificables y coherentes con los objetivos propuestos.

Especialmente cuando se trata de procesos orientados a la evaluación, se incorporan decisiones basadas en criterios, evidencias o resultados parciales. Adicional, con el fin de documentar adecuadamente las operaciones de un proceso, es común el uso de diagramas de flujo, los cuales facilitan la representación gráfica de las actividades, su secuencia lógica y los puntos de control que intervienen en el análisis (Función Pública, 2020).

3.3. Planteamiento de la ruta metodológica

La ruta metodológica de este trabajo de grado se estructura alrededor de un único proceso central, diseñado específicamente para llevar a cabo la evaluación de la disponibilidad hídrica superficial en cuencas clasificadas como Nivel Subsiguiente Dos (NSS2). Este proceso integra un conjunto de actividades secuenciales organizadas de forma lógica y coherente, que permiten avanzar desde la identificación y caracterización territorial inicial hasta la interpretación final de los resultados obtenidos. La formulación del proceso responde a la necesidad de establecer un procedimiento claro, ordenado y replicable, que asegure tanto el rigor metodológico como la coherencia del análisis.

En este sentido, las actividades son etapas interdependientes que, al desarrollarse de manera articulada, garantizan la adecuada recolección, procesamiento y valoración de la información necesaria para el estudio. Cada etapa cumple una función específica dentro del proceso, permitiendo una transición progresiva entre el reconocimiento preliminar del área de estudio, la obtención y depuración de datos relevantes, el análisis técnico del recurso hídrico y, finalmente, la integración de los resultados que permiten comprender el estado de la disponibilidad superficial en las cuencas NSS2 seleccionadas.

A continuación, se presentan y describen en detalle las actividades clave que conforman este proceso metodológico, como la base operativa del trabajo de grado.

Actividad 1: Contexto hidrográfico e identificación de cuencas NSS2

El primer paso consiste en delimitar el área de estudio y reconocer las unidades hidrográficas en las que se aplicará la metodología, esta actividad comprende:

1. Identificación cartográfica de las subcuencas: ubicación, nombre, capa cartográfica.
2. Verificación de la información hidrometeorológica disponible: revisión de la información existente en los instrumentos de planificación ambiental (POMCA, PORH), con el fin de confirmar la existencia de los resultados de los indicadores requeridos en el ejercicio de priorización.
3. Consulta y sistematización de criterios de priorización definidos en el Capítulo II: se recopilan los valores e indicadores establecidos previamente:

- | | |
|--|--|
| • Índice de Aridez (IA) | • Presencia de ecosistemas estratégicos (PEE) |
| • Índice de Retención y Regulación Hídrica (IR) | • Densidad de Usuarios por Área (N° U/A) |
| • Índice de Uso del Agua (IUA) | • Densidad de Usuarios por Caudal concesionado (N°U/Q) |
| • Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento (IVH) | • Densidad de Caudal concesionada por Área (Q/A) |
| • Microcuencas abastecedoras (MA) | |

Actividad 2: Aplicación de criterios de priorización y selección de cuencas

En esta etapa se integran los criterios definidos mediante el modelo de ponderación establecido en la Ecuación 6, incluyendo:

1. Asignación de la calificación correspondiente a cada criterio, según los intervalos definidos en el Capítulo II.
2. Aplicación de la ponderación individual basada en la importancia relativa de las variables.
3. Obtención del puntaje final para cada subcuenca NSS2.
4. Clasificación de los resultados en la matriz de valoración, según los rangos establecidos.
5. Selección de las cinco subcuencas con mayor prioridad para realizar la evaluación detallada de la disponibilidad hídrica.

Actividad 3: Diseño de la evaluación de disponibilidad hídrica.

Una vez seleccionadas las cinco cuencas prioritarias, se formula un modelo operativo para su análisis. Este diseño metodológico se estructura a partir de:

1. Diseño de la ecuación de disponibilidad hídrica.
2. Recolección de información de demanda y oferta.

El propósito es que la herramienta metodológica sea aplicable y alineada con las realidades del territorio, a partir de la mejor información disponible.

Actividad 4: Aplicación de la evaluación de disponibilidad hídrica.

Finalmente, el modelo diseñado se implementa en las cinco subcuencas priorizadas. Esta implementación permitirá:

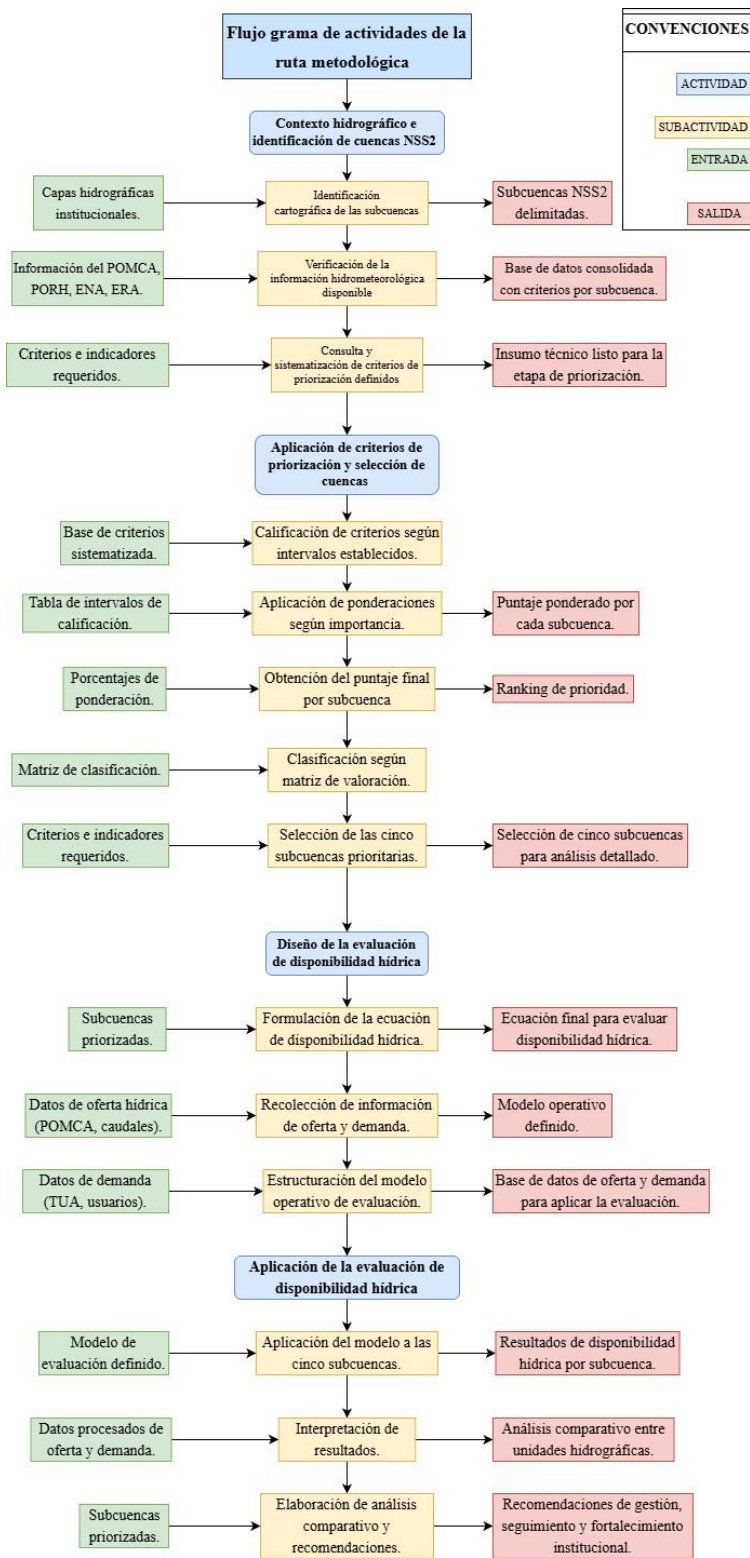
1. Aplicar la ecuación de evaluación de disponibilidad hídrica.
2. Interpretar resultados.

A partir de los resultados obtenidos, se elaborará el análisis comparativo que servirá como insumo para recomendaciones de gestión, seguimiento y fortalecimiento institucional.

3.3. Flujograma de actividades de la ruta metodológica

A continuación, se presenta el flujograma en el que se muestra el diseño de la ruta metodológica de evaluación, este se compone de actividades principales, subactividades y entradas y salidas de información que permiten lograr el objetivo principal del presente trabajo de grado.

Ilustración 5. Flujo grama de actividades



Fuente: Elaborado en <https://app.diagrams>.

Resultados

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología de evaluación se presentan en el capítulo cuatro del presente trabajo de grado. En este apartado se expondrán de manera detallada los valores obtenidos de los criterios analizados, así como la priorización resultante de las subcuencas evaluadas.

La presentación de estos resultados permitirá demostrar la utilidad y pertinencia de la metodología propuesta, evidenciando su capacidad para integrar indicadores hidrológicos, ambientales y de presión antrópica en el modelo comparativo y replicable. Asimismo, los resultados permitirán identificar las condiciones de presión, vulnerabilidad y disponibilidad hídrica presentes en las cinco subcuencas priorizadas, facilitando la interpretación del estado actual y la necesidad de intervención o fortalecimiento de la gestión institucional.

En conjunto, este capítulo constituirá el insumo técnico que no solo valida la metodología desarrollada, sino que también aporta elementos fundamentales para orientar decisiones de planificación, administración y seguimiento del recurso hídrico en la jurisdicción de la Oficina Territorial Citará.

Capítulo IV. Implementación de la ruta metodológica

4.1 Actividad 1. Contexto hidrográfico e identificación de cuencas NSS2

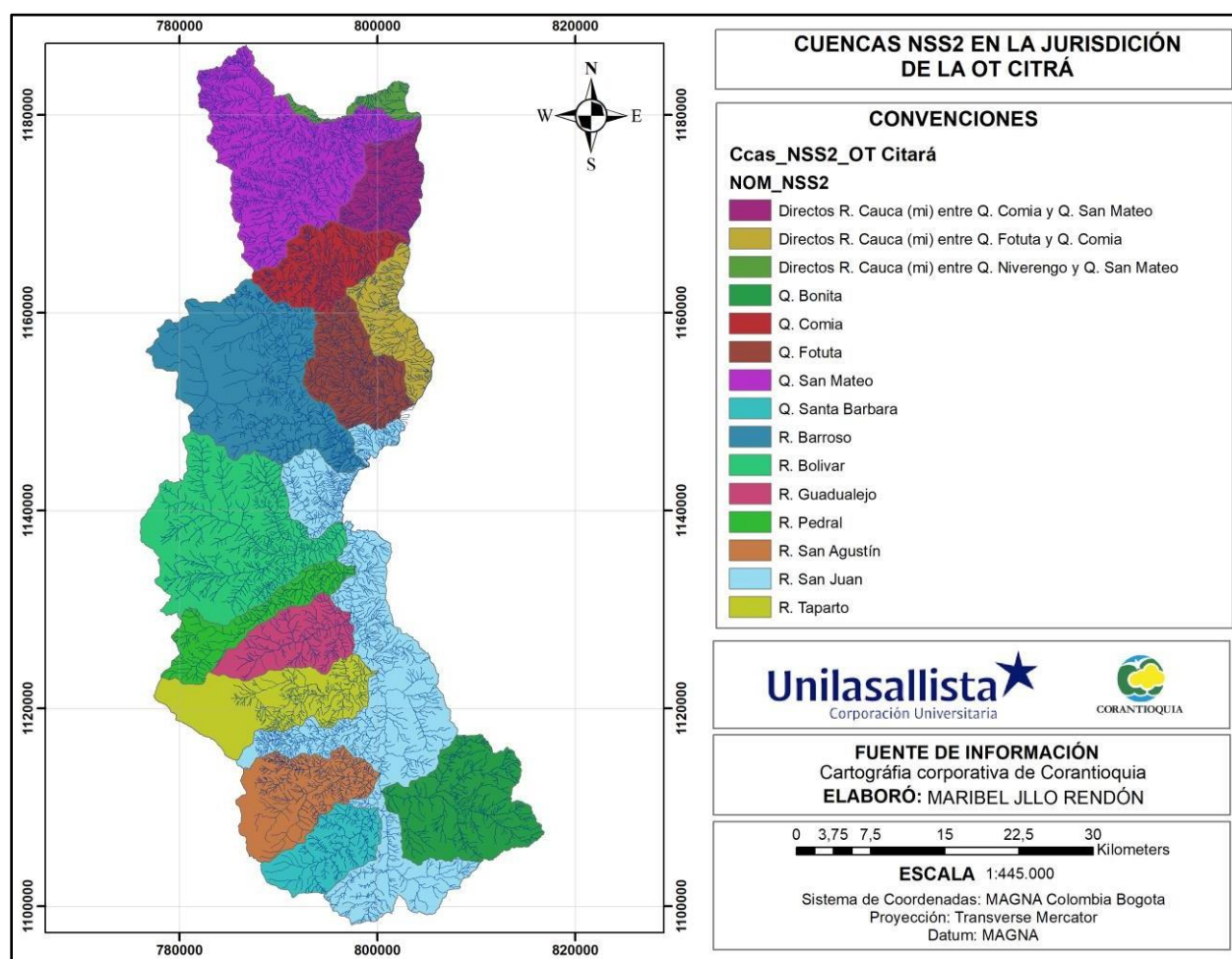
4.1.1 Identificación cartográfica de las subcuencas

La Jurisdicción de la oficina Territorial Citará se localiza dentro del área hidrográfica de la macrocuenca Magdalena - Cauca, la cual abarca el 98,06 % del territorio administrado por Corantioquia. Dentro de esta macrocuenca se encuentra la Zona Hidrográfica del Cauca, que representa el 35.75% de la cobertura institucional de la Corporación. En esta zona se ubica la

subzona hidrográfica de Nivel Subsiguiente uno (NSS1) del Río San Juan, donde se concentra la jurisdicción de la Oficina Territorial Citará.

A su vez, la subzona del río San Juan está conformada por 25 subcuencas de Nivel subsiguiente dos (NSS2), escala sobre la cual se aplicará la ruta metodológica para la evaluación de la disponibilidad hídrica. Estas unidades hidrográficas se encuentran influenciadas por los instrumentos de planificación vigentes: el POMCA del río San Juan que cubre el 97% de la jurisdicción en la Territorial Citará; el POMCA del Río San Juan – Ituango con una incidencia del 26% en el área de estudio; a su vez se encuentran vigente el PORH del río San Juan, el PORH de la Quebrada San Mateo y el PORH de la Quebrada Magallo. A continuación, en el Mapa 6 se presenta la identificación cartográfica de las 25 subcuencas de NSS2, presentes en la jurisdicción de la OT Citará.

Mapa 6. Cuencas de NSS2 en la jurisdicción de la OT Citará



Fuente: Corantioquia (2026). Elaboración propia.

En el mapa anterior se observa que las cuencas de la Territorial Citará presentan variaciones notables en tamaño y extensión, lo que permite identificar diferencias espaciales significativas entre ellas. Asimismo, puede evidenciarse que las diez cuencas que no forman parte del análisis no se visualizan en la cartografía del mapa, debido a que su área no es representativa en la jurisdicción de la OT Citará y, en consecuencia, no aportan información relevante para los objetivos del estudio. Por esta razón, estas unidades hidrográficas no fueron consideradas en el desarrollo metodológico, permitiendo centrar el análisis en las subcuencas que sí poseen una incidencia significativa sobre la dinámica hídrica de la región.

4.1.1.1 Justificación de análisis a nivel de cuenca NSS2

La metodología de evaluación se implementará a escala de cuencas de nivel subsiguiente dos (NSS2), por tratarse de unidades hidrográficas que integran los ríos principales y sus afluentes, y que además ejercen influencia directa sobre los municipios que conforman la Territorial Citará. Esta escala permite analizar la dinámica hídrica, dado que las NSS2 representan el nivel territorial en el cual se concentran los procesos locales de captación, presión por uso, variabilidad climática y vulnerabilidad frente a escenarios de desabastecimiento.

Asimismo, la selección de esta escala resulta pertinente porque las NSS2 se encuentran priorizadas en instrumentos oficiales como los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) y los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH). Esta articulación asegura el acceso a la línea base de información secundaria robusta, consistente y técnicamente validada, que incluye indicadores hidrológicos, cartografía oficial, datos de oferta y demanda, y componentes ambientales asociados a la gestión del recurso hídrico.

El uso de información proveniente de estos instrumentos garantiza que la evaluación se realice bajo criterios metodológicos estandarizados y comparables, facilitando la replicabilidad del proceso y permitiendo que los resultados sean integrados en la planificación y toma de decisiones de la autoridad ambiental. De esta manera, trabajar a nivel de NSS2 no solo fortalece la precisión del análisis, sino que también asegura la coherencia técnica con los lineamientos institucionales y normativos vigentes.

4.1.2 Verificación de la información hidrometeorológica disponible

La jurisdicción de la Oficina Territorial Citará cuenta con información técnica consolidada en los instrumentos de planificación vigentes, específicamente el POMCA y el PORH, los cuales

proporcionan una base sólida para el análisis hidrológico requerido en este estudio. Durante la fase de diagnóstico de estos instrumentos se identifican y sistematizan los insumos necesarios para la evaluación, entre ellos los indicadores de Índice de Aridez (IA), Índice de Retención y Regulación Hídrica (IR), Índice de Uso del Agua (IUA), Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento (IVH), así como la información relacionada con la presencia de ecosistemas estratégicos (PEE) y las microcuencas abastecedoras (MA).

Estos datos, al provenir de fuentes oficiales y metodologías previamente validadas, garantizan la consistencia técnica y la confiabilidad del análisis hidrometeorológico realizado para cada subcuenca.

4.1.3 Consulta y sistematización de criterios de priorización definidos en el capítulo II

En este paso se recopilan los resultados de los criterios para las subcuencas (IA, IR, IUA, IVH, PEE y MA), a partir de los instrumentos de planificación ambiental. Seguidamente, se determina el número de usuarios y caudal concesionado y captado de TUA para el año 2024 (es un reporte del aplicativo e-sirena de Corantioquia, filtrado por la territorial Citará). Luego, esta información se organiza en una nueva hoja de Excel, incorporando un encabezado con las columnas X y Y, usuarios y caudales que posteriormente se utiliza en ArcGIS.

En ArcGIS se cargan las capas de las subcuencas de Nivel Subsiguiente 2 (NSS2) de la Territorial Citará y se agrega la base de datos de usuarios proveniente del archivo Excel, la cual se espacializa sobre dichas subcuencas. Luego, mediante la herramienta de geoprocetamiento Clip, se recorta la capa de usuarios sobre cada subcuenca y finalmente con la tabla de atributos resultante de este proceso, se establece el número total de usuarios ubicados en cada unidad hidrográfica y el caudal captado que sirven de apoyo para calcular los criterios de densidades, definidos previamente.

A partir de estas actividades, se construye la Tabla 18, que sintetiza los resultados obtenidos para cada uno de los criterios analizados.

Tabla 18. Resultados de los criterios de priorización

SUB-CUENCA	Calificación de Criterios								
	IA	IR	IUA	IVH	MA	PEE	(N°U/A)	(N°U/Q)	(Q/A)
Q Bonita	0,11	0,78	23,65	Medio	1	4	1,39	0,17	8,30

SUB-CUENCA	Calificación de Criterios								
	IA	IR	IUA	IVH	MA	PEE	(N°U/A)	(N°U/Q)	(Q/A)
Q Santa Barbara	0,10	0,76	1,1	Bajo	2	2	0,09	1,99	0,05
R San Agustín	0,10	0,76	2,53	Bajo	2	2	0,41	0,06	6,71
R Tapartó	0,11	0,76	1,43	Bajo	0	1	0,88	3,50	0,25
R El Pedral	0,11	0,74	0,88	Bajo	1	2	0,65	0,87	0,75
R Guadualejo	0,13	0,74	1,68	Bajo	0	0	0,84	6,22	0,13
R Bolívar	0,12	0,77	2,39	Bajo	1	2	0,85	1,89	0,45
R Barroso	0,13	0,76	78,15	Medio	1	3	0,82	2,69	0,30
R San Juan	0,14	0,79	20,4	Medio	2	7	0,64	1,41	0,45
D R C entre Q Comia y Q San Mateo	0,22	0,77	1,02	Bajo	1	0	0,32	0,76	0,43
D R C entre Q Fotuta y Q Comia	0,21	0,78	5,44	Bajo	1	0	1,24	4,97	0,25
Q Comia	0,14	0,78	8,05	Bajo	0	1	0,43	3,45	0,13
Q Fotuta	0,11	0,77	57,77	Medio	1	2	1,52	0,14	10,60
D R C entre Q Niverengo y Q San Mateo	0,22	0,79	6,2	Bajo	1	0	0,57	2,76	0,21
Q San Mateo	0,15	0,79	6,03	Bajo	2	4	0,51	2,48	0,20

Fuente: Corantioquia (2025). Elaboración propia.

Los resultados obtenidos por criterio se encuentra dentro de los rangos de valoración numérica establecidos en el Capítulo II. Estos valores constituyen la base para el siguiente paso metodológico, en el cual serán transformados en calificaciones categóricas que permitirán asignar el nivel de prioridad correspondiente a los criterio dentro de la subcuenca.

4.2 Actividad 2: Aplicación de criterios de priorización y selección de cuencas

A continuación, se aplicarán los criterios de priorización en las subzonas hidrográficas, siguiendo los lineamientos metodológicos establecidos en el Capítulo II. Este procedimiento permitirá evaluar el comportamiento del criterio dentro de las subcuencas y determinar su nivel de importancia relativa. Con base en estos resultados, se procederá a calcular el puntaje ponderado de la unidad hidrográfica y, posteriormente, se seleccionarán las cinco cuencas que presentan las mayores necesidades de análisis y gestión.

4.2.1 Calificación de criterios

A continuación, se presenta la Tabla 19, en la cual se sintetiza la calificación asignada a los criterios evaluados para las subcuencas analizadas. Esta tabla permite visualizar de manera clara el comportamiento de los indicadores en cada unidad hidrográfica.

Tabla 19. Síntesis de calificación de criterios por subcuenca

SUB-CUENCA	Calificación de Criterios								
	IA	IR	IUA	IVH	MA	PEE	(N°U/A)	(N°U/Q)	(Q/A)
Q Bonita	1	3	5	3	3	3	7	1	7
Q Santa Barbara	1	5	3	1	5	5	1	5	1
R San Agustín	1	5	3	1	7	5	3	1	7
R Tapartó	1	5	3	1	1	5	5	7	3
R El Pedral	1	5	1	1	3	5	5	3	5
R Guadualejo	1	5	3	1	1	7	5	7	1
R Bolívar	1	3	3	1	3	5	5	7	3
R Barroso	1	5	7	3	3	3	5	7	3
R San Juan	1	5	5	3	5	1	5	7	3
D R C entre Q Comia y Q San Mateo	5	5	3	1	3	7	3	3	3
D R C entre Q Fotuta y Q Comia	5	5	3	1	3	7	7	7	3
Q Comia	1	5	3	1	1	5	3	7	1
Q Fotuta	1	5	7	3	3	5	7	1	7
D R C entre Q Niverengo y Q San Mateo	5	5	3	1	3	7	3	7	3
Q San Mateo	1	5	3	1	7	3	3	7	1

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 19 permite identificar patrones claros en el comportamiento de los criterios evaluados, mostrando diferencias relevantes entre las subcuencas en términos de presión por uso, capacidad de regulación y condiciones de vulnerabilidad hídrica. Esta variabilidad evidencia desafíos particulares en las subcuencas que deben ser considerados en la etapa de ponderación.

4.2.2 Ponderación individual y puntaje por subcuenca

En esta subactividad se integran los resultados obtenidos por criterio dentro de la fórmula de ponderación previamente definida. Este procedimiento permitirá asignar un peso relativo a la

variable, de acuerdo con su importancia en la evaluación de la disponibilidad hídrica. A partir de esta operación se obtendrá un puntaje consolidado en la subcuenca, el cual servirá como base para establecer su nivel de prioridad dentro del proceso metodológico, tal como se muestra a continuación.

A continuación, se presenta nuevamente la fórmula empleada para desarrollar la actividad de ponderación:

$$P = 100 \cdot \sum_{i=1}^n (C_i \cdot \omega_i)$$

Ecuación 13. Ponderación de criterios

En la Tabla 20 se presentan los resultados obtenidos de la ponderación aplicada a los criterios evaluados por subcuenca. Este porcentaje refleja el nivel de prioridad relativa asignado a la unidad hidrográfica: a mayor valor ponderado, mayor es la necesidad de priorizar dicha subcuenca para el análisis detallado de la disponibilidad hídrica.

Tabla 20. Resultados de ponderación por subcuenca.

Subcuencas	Ponderación
Q Bonita	3,72%
Q Santa Barbara	3,04%
R San Agustin	3,76%
R Tapartó	3,52%
R El Pedral	3,32%
R Guadualejo	3,52%
R Bolivar	3,56%
R Barroso	4,12%
R San Juan	3,92%
D R C entre Q Comia y Q San Mateo	3,68%
D R C entre Q Fotuta y Q Comia	4,64%
Q Comia	3,04%
Q Fotuta	4,36%
D R C entre Q Niverengo y Q San Mateo	4,16%
Q San Mateo	3,52%

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Clasificación de los resultados en la matriz de valoración

A continuación, en la Tabla 21 se presenta la valoración a los criterios ponderados. Esta integración permite identificar, de manera comparativa, cuáles unidades hidrográficas alcanzan los puntajes más altos, para así, seleccionar las cinco subcuencas objeto del análisis detallado de disponibilidad hídrica en las siguientes etapas metodológicas.

Tabla 21. Clasificación de los resultados con la matriz de valoración

Subcuencas	Ponderación	Valoración
Q Bonita	3,72%	Intermedia
Q Santa Barbara	3,04%	Baja
R San Agustin	3,76%	Intermedia
R Tapartó	3,52%	Baja
R El Pedral	3,32%	Baja
R Guadualejo	3,52%	Baja
R Bolivar	3,56%	Intermedia
R Barroso	4,12%	Alta
R San Juan	3,92%	Intermedia
D R C entre Q Comia y Q San Mateo	3,68%	Intermedia
D R C entre Q Fotuta y Q Comia	4,64%	Alta
Q Comia	3,04%	Baja
Q Fotuta	4,36%	Alta
D R C entre Q Niverengo y Q San Mateo	4,16%	Alta
Q San Mateo	3,52%	Intermedia

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 Selección de las cinco subcuencas priorizadas

A continuación, en la Tabla 22 se presentan las cinco subcuencas seleccionadas como prioritarias para la evaluación de la disponibilidad hídrica. La clasificación obtenida refleja dos niveles de prioridad: intermedia y alta.

La prioridad intermedia indica que la subcuenca comienza a evidenciar un incremento en la presión sobre el recurso hídrico, lo que podría generar conflictos o tensiones futuras si no se fortalecen las medidas de gestión, control y administración.

Por su parte, la prioridad alta corresponde a subcuencas que ya presentan presiones significativas que pueden comprometer la disponibilidad del agua. En estos casos, se requiere la

adopción de acciones más estrictas de intervención, seguimiento y control, con el fin de mitigar riesgos y asegurar la sostenibilidad del recurso.

Tabla 22. Cuencas priorizadas

	Subcuencas	Ponderación	Valoración
1	R San Juan	3,92%	Intermedia
2	R Barroso	4,12%	Alta
3	D R C entre Q Niverengo y Q San Mateo	4,16%	Alta
4	Q Fotuta	4,36%	Alta
5	D R C entre Q Fotuta y Q Comia	4,64%	Alta

Fuente. Elaboración propia

4.3 Actividad 3: Diseño de la ruta metodológica de evaluación de disponibilidad hídrica.

4.3.1 Formulación de la ecuación para evaluar la disponibilidad hídrica

Para lograr el objetivo principal del presente trabajo de grado se parte de la definición del Índice de Uso del Agua como la cantidad de agua utilizada por los diferentes usuarios, en un período determinado y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades temporales y espaciales (IDEAM, 2010).

Su propósito es representar el grado de presión que ejerce la demanda socioeconómica sobre la oferta hídrica superficial en la unidad hidrográfica, evidenciando la relación directa entre el volumen de agua utilizado y la capacidad natural de la cuenca para abastecerlo. De esta forma el IUA aporta información esencial para analizar la vulnerabilidad hídrica y para identificar situaciones de estrés hídrico derivadas del uso intensivo del recurso.

En coherencia con este enfoque, se propone el diseño de la evaluación de la disponibilidad hídrica para las cuencas priorizadas, fundamentada en la construcción de un Índice de Uso del Agua modificado. Este índice considera, como factor de demanda, los caudales facturados de la Tasa de Uso del Agua (TUA) para el año 2024, como la cantidad de agua real otorgada en la subzona hidrográfica priorizada y como factor de oferta hídrica, se utiliza la oferta en periodo medio y seco estimada en los instrumentos de planificación ambiental, específicamente en el POMCA del río San Juan y en el POMCA del río San Juan Ituango.

A continuación, se presenta la ecuación 13, la cual, ha sido formulada específicamente para estimar la disponibilidad hídrica en las subcuencas priorizadas.

$$IUA \text{ modificado} = \left(\frac{\text{Demanda H(Tomada a partir de los caudales facturados de TUA)} \frac{m^3}{\text{Año}}}{\text{Oferta H(Apartir del diagnostico del los POMCA)} \frac{m^3}{\text{Año}}} \right) * 100$$

Ecuación 14. Índice de Uso del Agua Modificado.

4.3.2 Recolección de la información de demanda y oferta

La información correspondiente a la oferta hídrica disponible en las subcuencas priorizadas para periodos de año medio y año seco se presenta en la Tabla 23, con el fin de facilitar la consulta, el análisis y la aplicación dentro del proceso metodológico.

Tabla 23. Oferta Hídrica por Subcuenca

Subcuencas		Oferta Hídrica media (m ³ /s)	Oferta Hídrica media (m ³ /Año)	Oferta Hídrica seca (m ³ /s)	Oferta Hídrica seca (m ³ /Año)
1	R San Juan	38,09	1.201.206.240	18,46	582.154.560
2	R Barroso	11,49	362.348.640	5,17	163.041.120
3	D R C entre Q Niverengo y Q San Mateo	1,64	51.719.040	0,63	19.867.680
4	Q Fotuta	3,08	97.130.880	1,11	35.004.960
5	D R C entre Q Fotuta y Q Comia	1,3	40.996.800	0,45	14.191.200

Fuente. Corantioquia (2020), Corantioquia y Corpouraba (2021). Elaboración propia.

Para calcular la demanda hídrica en las subcuencas se sigue un procedimiento similar al empleado en los criterios de priorización de cuencas por densidad. Para este caso se toma la misma base de datos de TUA descargada y filtrada previamente, en la misma hoja de Excel donde se tienen los encabezados con las columnas X y Y, se incorpora una nueva columna donde se registra el volumen de agua facturado por usuario. Esta base de datos estructurada se integra posteriormente en ArcGIS, sobre las capas de las subcuencas de Nivel Subsiguiente 2 (NSS2) priorizadas. Luego, mediante la herramienta de geoprocresamiento Clip, se recortan los caudales

sobre el límite la subcuenca, generando la capa específica por unidad hidrográfica. A partir de la tabla de atributos resultante se identifican y suman los caudales asociados en la subcuenca.

En la Tabla 24 se presentan los resultados obtenidos a partir de la tabla de atributos de la capa de caudales espacializada en ArGis, la cual discrimina los caudales facturados por subcuenca.

Tabla 24. Usos y caudales asociados a la TUA 2024

SUBCUENCA		USOS Y CAUDALES (m ³ /Año)							
		AG	AC	D	GE	I	MI	P	RD
1	R San Juan	833342.75	238205.05	2628736.58	774489.6	3110.4	55987.2	238205.05	0
2	R Barroso	550328.51	141668.36	1435832.07	0	45256.32	0	67466.14	6365.64
3	DRC entre Q Niverengo y Q San Mateo	80466.05	0	16149.19	0	15552	0	2093.3	0
4	Q Fotuta	52707.47	52707.47	322838.95	29032909.06	0	0	199675.83	0
5	DRC entre Q Fotuta y Q Comia	217831.68	9072	142238.58	0	0	0	94410.5	0

*AG: Agrícola, *AC: Acuícola, *D: Doméstico, *GE: Generación de Energía, *I: Industrial, *M: Minero, *P: Pecuario, *RD: Recreación y Deporte

Fuente. Corantioquia (2024). Elaboración propia.

Finalmente, en la Tabla 25 se presenta la demanda hídrica total por subcuenca priorizada, calculada a partir de la sumatoria de los caudales facturados en la unidad hidrográfica.

Tabla 25. Demanda Hídrica por subcuenca

Subcuencas		Demanda Hídrica (m ³ /Año)
1	R San Juan	4.772.077
2	R Barroso	3.282.705
3	D R C entre Q Niverengo y Q San Mateo	114.261
4	Q Fotuta	29.660.839
5	D R C entre Q Fotuta y Q Comia	463.553

Fuente. Corantioquia (2024). Elaboración propia.

4.4 Actividad 4: Aplicación de la ruta metodológica.

4.4.1 Aplicación de Índice de Uso del Agua Modificado

En esta última actividad se aplica la fórmula del Índice de Uso del Agua modificado por subcuenca priorizada para año medio y año seco, con el propósito de estimar su disponibilidad hídrica para las dos épocas. Este cálculo permite integrar, en un solo indicador, la relación entre la demanda registrada y la oferta hídrica disponible, proporcionando la medida cuantitativa del grado de presión que enfrenta la unidad hidrográfica. Los resultados obtenidos facilitan la comparación entre subcuencas y constituyen la base para interpretar el estado actual del recurso y orientar decisiones de gestión.

Índice de Uso del Agua modificado para año medio

1. R San Juan

$$IUA \text{ modificado} = \left(\frac{4,772,077 \frac{m^3}{Año}}{1,201,206,240 \frac{m^3}{Año}} \right) * 100 = 0,40$$

2. R Barroso

$$IUA \text{ modificado} = \left(\frac{3,282,705 \frac{m^3}{Año}}{362,348,640 \frac{m^3}{Año}} \right) * 100 = 0,91$$

3. D R C entre Q Niverengo y Q San Mateo

$$IUA \text{ modificado} = \left(\frac{114,261 \frac{m^3}{Año}}{51,719,040 \frac{m^3}{Año}} \right) * 100 = 0,22$$

4. Q Fotuta

$$IUA \text{ modificado} = \left(\frac{29,660,839 \frac{m^3}{Año}}{97,130,880 \frac{m^3}{Año}} \right) * 100 = 30,54$$

5. D R C entre Q Fotuta y Q Comia

$$IUA \text{ modificado} = \left(\frac{463,553 \frac{m^3}{Año}}{40,996,800 \frac{m^3}{Año}} \right) * 100 = 1,13$$

Índice de Uso del Agua modificado para año seco

1. R San Juan

$$IUA \text{ modificado} = \left(\frac{4,772,077 \frac{m^3}{Año}}{582,154,560 \frac{m^3}{Año}} \right) * 100 = 0,82$$

2. R Barroso

$$IUA \text{ modificado} = \left(\frac{3,282,705 \frac{m^3}{Año}}{163,041,120 \frac{m^3}{Año}} \right) * 100 = 2,01$$

3. D R C entre Q Niverengo y Q San Mateo

$$IUA \text{ modificado} = \left(\frac{114,261 \frac{m^3}{Año}}{19,867,680 \frac{m^3}{Año}} \right) * 100 = 0,58$$

4. Q Fotuta

$$IUA \text{ modificado} = \left(\frac{29,660,839 \frac{m^3}{Año}}{35,004,960 \frac{m^3}{Año}} \right) * 100 = 84,73$$

5. D R C entre Q Fotuta y Q Comia

$$IUA \text{ modificado} = \left(\frac{463,553 \frac{m^3}{Año}}{14,191,200 \frac{m^3}{Año}} \right) * 100 = 3,27$$

4.4.2 Interpretación de Índice de Uso del Agua

La interpretación de los resultados obtenidos en el IUA modificado se fundamenta en la metodología propuesta por el IDEAM, la cual clasifica los valores entre 0 y 100% en categorías que reflejan el nivel de presión ejercida sobre la subcuenca hidrográfica. A continuación, se presenta la tabla de clasificación utilizada para analizar e interpretar dichos resultados.

Ilustración 6. Interpretación del índice de Uso del Agua

RANGO IUA	CATEGORÍA IUA	SIGNIFICADO
>100	Crítico	La presión supera las condiciones de la oferta
50,01 - 100	Muy Alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta
20,01 - 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta
10,01 - 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta
1,01 - 10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta
≤ 1	Muy Bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta

Fuente:(IDEAM, 2010)

En la Tabla 26 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de la disponibilidad hídrica para las cinco subcuencas priorizadas, incluyendo su respectiva calificación en condiciones de año seco y año medio. Esta tabla constituye una síntesis integral de la metodología aplicada, ya que consolida los valores calculados, evidencia las diferencias en el comportamiento hídrico entre escenarios climáticos y permite identificar las subcuencas con mayores presiones o

vulnerabilidades. A partir de esta información se elabora la conclusión correspondiente, orientada a interpretar los hallazgos y establecer las implicaciones para la gestión del recurso hídrico en la jurisdicción.

Tabla 26. Clasificación de resultados para año medio y año seco.

	Subcuencas	IUA Modificado para año medio	Categoría	IUA Modificado para año seco	Categoría
1	R San Juan	0,40	Muy Bajo	0,82	Muy Bajo
2	R Barroso	0,91	Muy Bajo	2,01	Bajo
3	D R C entre Q Niverengo y Q San Mateo	0,22	Muy Bajo	0,58	Muy Bajo
4	Q Fotuta	30,54	Alto	84,73	Muy Alto
5	D R C entre Q Fotuta y Q Comia	1,13	Bajo	3,27	Bajo

Fuente: Elaboración propia.

La aplicación de la ruta metodológica en las cinco subcuencas priorizadas permitió contrastar, en condiciones de año medio y año seco, la relación entre oferta y demanda mediante el IUA modificado y los indicadores complementarios definidos en el estudio. En términos generales, los resultados confirman que la mayoría de las subcuencas mantienen presiones bajas o muy bajas en año medio; sin embargo, emergen focos críticos que requieren gestión diferenciada. En particular, la subcuenca Quebrada Fotuta registra un IUA alto, mientras que las restantes se sitúan en rangos bajos o muy bajos, lo cual advierte la necesidad de intervenciones específicas sobre los usos y la administración del recurso en esa unidad hidrográfica.

Más allá del valor puntual del índice, el análisis evidenció que la disponibilidad hídrica está condicionada por factores de gobernanza, distribución espacial de los usos y presencia/ausencia de ecosistemas reguladores. Allí donde la estructura ecológica estratégica es limitada o las presiones antrópicas se concentran, la vulnerabilidad operativa aumenta, especialmente bajo escenarios secos; por el contrario, la conservación de áreas clave y la existencia de microcuencas abastecedoras robustas favorecen la regulación y reducen el riesgo de desabastecimiento. Estas tensiones ya identificadas en la síntesis del trabajo subrayan que, aunque la oferta actual puede sostener la demanda en la mayoría de los casos, persisten riesgos que exigen medidas preventivas y correctivas.

Finalmente, el capítulo demuestra que la metodología propuesta es operativa y replicable a escala NSS2: integra insumos de POMCA/PORH, TUA y cartografía institucional en flujo consistente de priorización, evaluación e interpretación, ofreciendo a la autoridad ambiental un instrumento práctico para orientar la planificación, el seguimiento y la administración del recurso en el territorio. Este cierre valida la pregunta guía del estudio y habilita, con base en la Tabla 35, la formulación de conclusiones y recomendaciones finales de alcance territorial e institucional.

Conclusiones

El presente trabajo de grado tuvo como propósito formular y aplicar una metodología integral para evaluar la disponibilidad hídrica superficial en cinco subcuencas de Nivel Subsiguiente 2 (NSS2) de la jurisdicción de la Oficina Territorial Citará de Corantioquia. Con base en los resultados obtenidos mediante la priorización de cuencas, la construcción del modelo metodológico y el cálculo del Índice de Uso del Agua (IUA) modificado bajo escenarios de año medio y año seco, fue posible responder a la pregunta central de investigación y alcanzar los objetivos planteados.

En primer lugar, la aplicación de los indicadores hidrológicos permitió evidenciar diferencias significativas entre las subcuencas analizadas, demostrando que la presión hídrica no es uniforme y que cada unidad hidrográfica responde de manera distinta a las condiciones climáticas y a las demandas antrópicas. El IUA modificado, calculado para el escenario de año medio, reveló que la mayoría de las subcuencas presentan un nivel de presión bajo o muy bajo, lo que sugiere que la oferta hídrica disponible aún puede sostener la demanda registrada. No obstante, el análisis detallado muestra que esta aparente holgura puede resultar desfasada, especialmente al considerar factores como la presencia de usuarios no legalizados, la dependencia del recurso para actividades agropecuarias y el comportamiento de los caudales en épocas de estiaje.

La subcuenca Quebrada Fotuta se destacó por presentar valores elevados en el IUA modificado, incluso en condiciones de año medio, lo cual evidencia una presión hídrica considerable asociada a niveles importantes de captación y a la demanda concentrada en sectores productivos específicos. De igual forma, la subcuenca del Río Barroso mostró comportamientos

críticos derivados de caudales concesionados para la generación de energía hidroeléctrica, cuya demanda debe analizarse de manera diferenciada, debido a la magnitud y frecuencia de los caudales concesionados, y adicional a que este es un uso no consuntivo, referente a actividades que retornan a las cuencas la totalidad del volumen de agua captada. Estos hallazgos confirman la necesidad de un enfoque de gestión territorial diferenciado, que reconozca las características biofísicas de las cuencas y la naturaleza de los usos que dependen de ellas.

Desde el punto de vista metodológico, la integración de indicadores de oferta, demanda, regulación, vulnerabilidad y presión permitió consolidar un modelo de análisis replicable. Dado a que la implementación de la metodología consideró de manera integral los instrumentos de planificación ambiental y los instrumentos económicos, tales como los POMCA, los PORH, la Tasa por Uso del Agua y la cartografía institucional, teniendo en cuenta que generalmente para la administración de los recursos naturales, no considera la mejor información disponible con la que cuenta la autoridad ambiental, demostrando que es posible articular estos insumos en un sistema coherente y útil para la toma de decisiones. Esta integración constituye uno de los aportes más importantes del trabajo, ya que facilita la lectura comparativa entre subcuencas y permite priorizar acciones con fundamento técnico.

Un aspecto relevante identificado en el estudio fue la estrecha relación entre la disponibilidad hídrica y las condiciones ecosistémicas de la subcuenca, dado a que, las subzonas hidrográficas donde hay mayor presencia de ecosistemas estratégicos, bosques conservados y microcuencas abastecedoras mostraron mejores capacidades de regulación y menores niveles de vulnerabilidad frente a escenarios de desabastecimiento. Por el contrario, las subcuencas con escasa protección, mayor fragmentación del paisaje y altos niveles de intervención evidencian resultados más sensibles, especialmente en los indicadores asociados a la amenaza y la presión por el uso del agua. Lo anterior confirma la importancia de conservar y restaurar áreas de especial función hídrica para mantener la estabilidad del recurso a largo plazo.

Finalmente, los resultados demuestran que la metodología planteada es pertinente y efectiva para evaluar la disponibilidad hídrica superficial a escala de NSS2, y constituye un insumo valioso para fortalecer la administración del recurso hídrico en la OT Citará. Asimismo, este estudio aporta una base conceptual y operativa que puede ser ampliada en investigaciones posteriores o incorporada en procesos institucionales de planificación, control, seguimiento y acompañamiento territorial. La ruta metodológica desarrollada facilita la identificación de

presiones emergentes, el análisis geográfico del uso del agua y la definición de estrategias de manejo con enfoque preventivo y adaptativo.

Asimismo, los resultados obtenidos evidencian que la metodología propuesta no solo constituye una herramienta de evaluación, sino que tiene un valor estratégico para la autoridad ambiental en los procesos de control y seguimiento del recurso hídrico. Su estructura integral y la pertinencia de la información que emplea permiten recomendar su implementación a escala de toda la jurisdicción de Corantioquia, como parte del modelo de administración integral de los recursos naturales. De este modo, la metodología puede incorporarse tanto en la fase de evaluación de trámites ambientales incluyendo concesiones de agua, licencias, permisos y registros, como en el fortalecimiento de los insumos técnicos que sustentan las actividades de control y seguimiento sobre el uso del recurso.

La propuesta metodológica también evidencia la importancia de articular los distintos instrumentos de la administración del recurso hídrico. Su aplicación facilita la integración entre los instrumentos de comando y control; los instrumentos económicos; y los instrumentos de planificación, que constituyen la base sobre la cual la autoridad ambiental orienta sus decisiones. Esta articulación favorece una gestión más coherente, transparente y eficaz, en concordancia con las funciones de la autoridad ambiental.

De manera particular, el desarrollo del trabajo permitió identificar que la Oficina Territorial Citará no realiza actualmente las actividades de control y seguimiento con base en la mejor información disponible. En el caso específico de la Quebrada Fotuta, donde se registran presiones significativas sobre el recurso, las acciones de control y seguimiento deberían ser más rigurosas y prioritarias; sin embargo, los resultados ponen en evidencia que hoy estas actividades se ejecutan de forma desarticulada y sin considerar información técnica clave para la toma de decisiones y la administración efectiva del recurso hídrico.

Esta situación representa un riesgo institucional, pues la ausencia de un enfoque integrado de control y seguimiento limita la capacidad de la autoridad para actuar de manera preventiva, corregir desviaciones en el uso del recurso y orientar medidas oportunas de manejo. La metodología desarrollada permite reconocer estas brechas y plantea la oportunidad de fortalecer los procesos mediante la incorporación sistemática de información actualizada, la retroalimentación continua de la oferta hídrica y la posibilidad de mejorar y ajustar los índices utilizados para priorizar y gestionar las subcuencas.

Recomendaciones

- Fortalecer los procesos de revisión y actualización de concesiones de agua, especialmente en las subcuencas que presentan valores altos en el IUA modificado. Se recomienda evaluar los caudales concesionados frente al caudal crítico para determinar la viabilidad de nuevas solicitudes, reajustes o condicionamientos en períodos de estiaje.
- Implementar planes de control y seguimiento diferencial, priorizando subcuencas como Quebrada Fotuta y Río Barroso, donde la presión hídrica es más alta. Estas acciones deben incluir visitas técnicas periódicas, verificación del cumplimiento de obligaciones y monitoreo del comportamiento de los caudales.
- Actualizar y fortalecer los estudios de Oferta y Demanda (RURH) en las subcuencas con mayor número de usuarios y actividades productivas. Esto permitirá reducir la incertidumbre en el cálculo de disponibilidad hídrica y mejorar la toma de decisiones.
- Promover la reglamentación de corrientes en las cuencas que presentan mayor presión por uso y conflictos potenciales entre sectores productivos, garantizando una distribución equitativa del recurso hídrico.
- Fortalecer las estrategias de educación ambiental y participación comunitaria, mediante talleres, mesas ambientales y programas de divulgación dirigidos a usuarios del recurso hídrico. La concientización sobre el uso eficiente del recurso contribuirá de manera significativa a la sostenibilidad hídrica.
- Impulsar acciones de conservación y restauración de ecosistemas estratégicos, priorizando áreas que cumplen funciones clave de regulación, retención y recarga. Se recomienda articular estas acciones con programas como PSA, restauración ecológica y proyectos municipales de conservación.
- Integrar los resultados del presente estudio en los procesos de planificación municipal, especialmente en la formulación o actualización de los POT y en los esquemas de gestión del riesgo. Esto garantizará que las decisiones de ordenamiento territorial consideren la capacidad real de las subcuencas para sostener la demanda hídrica.

- Incorporar la metodología desarrollada como herramienta de trabajo dentro del modelo de administración del recurso hídrico de Corantioquia, asegurando su uso continuo en procesos de seguimiento, otorgamiento de permisos y análisis de presión territorial.
- Promover futuras investigaciones que profundicen en la modelación hidrológica, la identificación de usuarios no legalizados, la variabilidad climática y los efectos del cambio climático sobre la disponibilidad hídrica en la región.
- Implementar esta metodología en toda la jurisdicción de Corantioquia, en la medida que se representa una herramienta para que la autoridad ambiental utilice la articulación de la mejor información disponible, para la toma de decisiones en procesos de evaluación y control y seguimiento.

Referencias

- Asamblea General de las Naciones Unidas. (2015). *A/RES/70/1*.
- CEPAL. (2016). *Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe*. CEPAL.
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/c3770463-e99e-4cbe-83c4-8d9909eec5a1/content>
- CNDH. (2002). *Marco normativo Observación general N° 15: El derecho al agua (artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales)*.
- Constitución Política de Colombia, Gaceta Constitucional No. 116. (1991).
- Corantioquia. (2006). *Un Modelo para la Administración de la Demanda del Recurso Hídrico Superficial en la Jurisdicción de Corantioquia - Duberdicus*.
- Corantioquia. (2020a). *Formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río san juan (código 2619), en jurisdicción de la corporación autónoma regional del centro de Antioquia (Corantioquia) - Fase de diagnóstico*.
- Corantioquia. (2020b). *Plan de gestión ambiental regional (PGAR) 2020-2031*.
<https://www.corantioquia.gov.co/>
- Corantioquia. (2020c). *Resolución 040-RES2012-7723 Por medio de la cual se adopta el modelo de Administración de los Recursos Naturales en la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia Corantioquia*.
- Corantioquia. (2021). *Guía Práctica Control y Seguimiento Ambiental*.
- Corantioquia. (2023). *Actualización de la Evaluación Regional del Agua en la jurisdicción de Corantioquia*.

- Corantioquia, & Corpouraba. (2021). *Formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica directos río cauca entre río san juan- río ituango (código nss 2621-01) en jurisdicción de la corporación autónoma regional del centro de Antioquia (Corantioquia) y la corporación para el desarrollo sostenible del Urabá (corpouraba).*
- De La Ossa, S. (2023). *Análisis del régimen jurídico de uso del recurso hídrico por la actividad minera en el ordenamiento jurídico colombiano.*
- Decreto 1076 de 2015. Por Medio Del Cual Se Expide El Decreto Único Reglamentario Del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible., Diario Oficial No. 49.523. (2015).
- Decreto Ley 2811 de 1974. Por El Cual Se Dicta El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente., Diario Oficial No. 34.243. (1974).
- Foro Económico Mundial. (2025). *The Global Risks Report.* Forum Publishing.
https://reports.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2025.pdf
- IDEAM. (2010a). *Índice de Aridez (IA).*
- IDEAM. (2010b). *Índice de Retención y Regulación Hidrica (IRH).*
- IDEAM. (2010c). *Índice de Uso del Agua (IUA).*
- IDEAM. (2010d). *Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH).*
- IDEAM. (2013a). *Lineamientos conceptuales y metodológicos para la Evaluación Regional del Agua-ERA (Bogotá).*
- IDEAM. (2013b). *Zonificación y Codificación de Cuencas Hidrográficas de Colombia.*
www.imprenta.gov.co
- IDEAM. (2014). *Criterios para la priorización de cuencas hidrográficas objeto de Ordenación y Manejo.*
- IDEAM. (2018). *Protocolo de modelación hidrológica e hidráulica.*
- IDEAM. (2022). *Estudio nacional del agua.*
- IDEAM, & INVEMAR. (2021). *Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua.*

- Ley 99 de 1993. 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, Se Organiza El Sistema Nacional Ambiental, SINA y Se Dictan Otras Disposiciones., Diario Oficial No. 41.146. (1993).
- Ley 1450 de 2011. Por La Cual Se Expide El Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014. (2011).
- MAVDT. (2010a). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*.
- Méndez, J. A., & Méndez, J. M. (2010). *Tasas por utilización del agua ¿instrumento de asignación eficiente del agua o mecanismo de financiación de la gestión ambiental?* (Number 115).
- MINAMBIENTE. (2014). *Guía técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas*.
- ONGAWA. (2020). *Módulo 2. ODS 6. Agua y saneamiento en la Agenda de los ODS Papel de la empresa*.
- Ordoñez, J. (2011). *Cartilla Técnica Balance Hídrico Superficial*.
- Organización Meteorológica Mundial. (2025). *State of Global Water Resources*.
<https://forms.office.com/e/cvThhHNq8H>
- PNUMA. (2021). *Hacer las paces con la naturaleza. Plan científico para hacer frente a las emergencias del clima, la biodiversidad y la contaminación*.
<https://www.unep.org/resources/making-peace-nature>
- UNESCO. (2021). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021 “El Valor del Agua.”* www.unwater.org.
- Universidad Nacional de Colombia. (2000). *Estimación de la Evaporación en Colombia*.