

TRABAJO DE GRADO
Opción Seminario-Diplomado.

Propuesta integral de planificación y gestión del recurso hídrico: caso de estudio Microcuenca de la quebrada Río Frio Alto.

Corporación Universitaria Remington.

Nombre de la facultad: Facultad de Ingeniería.

Nombre del programa académico:

Ingeniería Ambiental.

Nombres de los estudiantes autores del trabajo de grado.

Sebastián Andrés Lan Escorcía.

Katy Milena Clemente Oviedo.

Juliana Holguín Salazar.

Nombre del Tutor del trabajo de grado: Carolina María Valencia Tobón.

2026.

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a Dios, por darnos la vida y salud para culminar una etapa más; en segundo lugar, a toda nuestra familia, que nos apoyó y motivó durante todo el proceso de este seminario; también se lo dedicamos a nuestros docentes, que nos instruyeron en cada una de las etapas del desarrollo académico. Asimismo, les agradecemos a todas y cada una de las personas que de una u otra manera contribuyeron al logro de este objetivo, el cual representa un importante paso en nuestra formación profesional.

Agradecimientos

Agradecemos de manera muy respetuosa a todas nuestras familias por alentarnos día a día en todo proceso de ejecución del seminario. Agradecemos a nuestros docentes por haber compartido su conocimiento en cada uno de los encuentros. También, agradecemos a la corporación universitaria Uniremington por su formación en el aspecto de ingeniería ambiental el cual nos permitirá desarrollar actividades en mejora del medio ambiente, y por último, agradecemos a nuestros compañeros que aportaron de una u otra manera a obtener este logro ya que para nosotros es de gran importancia esta meta que suma una perla más a nuestra formación profesional.

Tabla de contenido

Resumen.....	5
Marco Conceptual y Contextual de la Gestión del Recurso Hídrico	7
Fundamentos de la GIRH a Nivel Nacional, Regional y Local.	10
CAPÍTULO I. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y LECTURA INTEGRAL DEL TERRITORIO	11
1.1. Ficha Técnica Consolidada del Caso	11
1.2. Descripción general del territorio de estudio	12
1.3. Justificación de la Microcuenca como Unidad de Análisis	13
1.3.1. Zonificación y conflictos de Uso	13
1.4. Escala de planificación e Interacción Territorial	14
1.5. Mapeo y Caracterización de Actores Claves	15
1.6. Croquis, y Mapa Básico de la Microcuenca	16
1.7. Conflictos de Uso Explícito del Territorio	16
1.8. Presiones sobre el recurso y zonas prioritarias de conservación	17
1.9. Rol del Ingeniero Ambiental en la Planificación Hídrica	18
CAPITULO II. ANÁLISIS NORMATIVO E INSTITUCIONAL DEL CASO	19
2.1. Marco Normativo Aplicable	19
2.2. Problema Hídrico Central desde la Perspectiva de Planificación	22
2.3. Papel de la PNGIRH Como Marco General Orientador	23
2.4. Función de POMCA y Pertinencia de otros Instrumentos (PORH, PMAM, PMAA)	23
2.5. Relación entre los Problemas de la Microcuenca y el POT Municipal	25
Matriz	27
2.6. Instrumentos más Pertinentes para el Conflicto de Abastecimiento vs. Riego y Ajustes al POT	27
CAPITULO III. DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL RECURSO HÍDRICO	28
3.1. Análisis de la Oferta Hídrica.....	28
3.2. Análisis de la Demanda Hídrica por Sectores.....	29
3.3. Balance Hídrico Simplificado.....	30
3.4. Índice de Uso del Agua (IUA)	30
3.5. Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) e Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH).....	31
3.6. Calidad Del Agua: Índice de Calidad Del Agua (ICA)	31
3.7. Coliformes Fecales y Aptitud de Uso por Tramo	34
3.8. Interpretación Hidrobiológica (BMWP/Col y Diversidad Del Perifiton).....	35
3.9. Diagnóstico Integrado	36
CAPITULO IV. FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN Y GESTION DE RECURSO HÍDRICO	37
4.1. Problema 1: Deterioro de la Calidad Del Agua	37
4.2. Problema 2: Disponibilidad Hídrica y Riego de Reabastecimiento.....	41
4.3. Problema 3: Débil Gobernanza y Articulación Institucional	45
Conclusiones	49
Referencias Bibliográficas	53

Resumen

El presente trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo fundamental de formular una propuesta integral de planificación y gestión del recurso hídrico para la microcuenca del Río Frío Alto, respondiendo a la necesidad crítica de mitigar los severos conflictos por el uso del agua y frenar el acelerado deterioro antropogénico que amenaza el abastecimiento de la población en los municipios de El Alto Prado y San Isidro de la Montaña. Para cumplir con este propósito, se implementó una metodología de enfoque mixto basada en los principios de la gestión integral del recurso hídrico (GIRH), la cual se estructuró en 4 fases consecutivas: la delimitación morfológica y especialización cartográfica mediante el sistema de información geográfica (MapWindow GIS/HidroSIG), la evaluación del marco institucional y normativo colombiano (PNGIRH, POMCA, POT), la cuantificación y diagnóstico técnico del recurso a través de balances y modelamiento de indicadores (IUA, IRH, IVH, ICA, BMWP/Col), y la formulación final de esta estrategia de gobernanza. A través de este diseño metodológico, el trabajo desarrollado consistió en una caracterización integral de la microcuenca. (72 km² y 21 km de cauce principal) que permitió zonificar el territorio en franjas funcionales “Alta, Media y Baja” para diagnosticar con precisión sus dinámicas sectoriales; se evidenció un crítico déficit estacional de 0,29 m³/s durante la época seca, periodo en el que la oferta desciende a 0,8 m³/s y la demanda (liderada por el riego intensivo de papa y cebolla con un 48.2%) supera la disponibilidad, disparando el índice del uso del agua a una categoría crítica del 134,9%. Así mismo se analizó el deterioro de la calidad del agua, la cual transita de una condición buena (ICA 83%, BMWP/Col 120) en el nacimiento debido a la expansión de la frontera agrícola, hasta una calidad mala (ICA 47%, BMWP/Col 32) en la zona urbana e inferior, producto de la descarga del agua residuales domésticas y vertimientos

pecuarios-piscícola sin tratamiento; diagnóstico fisicoquímico que fue rigurosamente ratificado por el colapso de la diversidad hidrobiológica del Perifiton. En conclusión, la investigación demuestra que la problemática del Río Frío Alto radica en una severa crisis de gobernanza y ordenamiento territorial agudizada por el POT municipal desactualizado; por consiguiente el rol del ingeniero ambiental resulta indispensable como articulador técnico y social, determinando que la sostenibilidad del ecosistema y la resolución de las disputas entre el consumo humano y las actividades productivas depende de la implementación vinculante y coordinada de un plan de ordenación del recurso hídrico (PORH) y un POMCA que restrinjan la ocupación de las pendientes de la cuenca alta y regulen de forma estricta los vertimientos en los tramos inferiores.

Palabras clave

Gestión Integral de Recurso Hídrico (GIRH), Plan de Ordenamiento Territorial (POT), Índices del Uso del Agua (IUA), Índice de Calidad del Agua (ICA), Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA).

Marco Conceptual y Contextual de la Gestión del Recurso Hídrico

La gestión del agua en Colombia gira en torno a la Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH), que es un instrumento de articulación del Ministerio de Ambiente y del Ministerio de Vivienda que determina los principios y las metas que se orientan al logro de la seguridad hídrica del país a largo plazo. Esta política deviene en objetivos perentorios para las entidades territoriales y las autoridades ambientales, entre los cuales sobresale la conservación de la oferta hídrica con su correspondiente protección de ecosistemas estratégicos u optimización de la demanda sectorial en función del uso eficiente y ahorro del agua. En este sentido, la norma nacional es categórica al afirmar que hay que “determinar los prolegómenos o la estructura institucional para la gestión del recurso hídrico, así como especificar las competencias que corresponden a los diferentes actores públicos y privados que participan en la planificación” (MAVDT, 2010: 45).

A esta base se le añade la definición de los lineamientos para el control de la contaminación hídrica, del fortalecimiento de la gobernanza institucional y de la gestión del riesgo vinculado a los fenómenos extremos de las inundaciones y de las sequías. La materialización de esta normativa se lleva a cabo mediante el correspondiente instrumental técnico-jurídico regulado normativamente, a nivel regional, por las Corporaciones Autónomas Regionales, siguiendo lo indicado en el Decreto 1076 de 2015, donde el Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) recoge el diagnóstico, la zonificación ambiental y los programas de uso sostenible de la cuenca. Al ser estas determinantes ambientales vinculantes, los municipios están obligados a incorporar lo contemplado en el Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) en sus Planes de Ordenamiento Territorial (POT).

A un nivel más concreto, el Plan de Ordenación del Recurso Hídrico (PORH) — denominado HORP en el texto que estamos utilizando—, tiene como fin la elaboración de la cartografía de usuarios, la realización de los balances hídricos, la obtención del Índice de Uso del Agua (IUA), y la fijación de los Objetivos de Calidad que regulan las concesiones de agua y los permisos de vertimientos. Para las unidades hidrográficas menores que abastecen acueductos municipales y veredales, se desarrolla el Plan de Manejo Ambiental de Microcuencas (PMAM), que de forma participativa permite asentir y delimitar geográficamente las zonas de abastecimiento, convenir con los propietarios rurales la ronda hídrica de protección y llevar a cabo proyectos de reforestación nativa y bioingeniería de control de la erosión. De manera asociada, el Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos (PMAA) se centra en las aguas subterráneas, delimitando hidrogeológicamente los sistemas acuíferos, evaluando su vulnerabilidad a la contaminación y controlando el inventario de pozos para prevenir el abuso de los niveles freáticos.

Esta condición es la que nos permite validar el análisis técnico de la microcuenca del Río Frío Alto (Corporación Universitaria Remington, 2026), un ecosistema estratégico de alta montaña andina de 72 km² y 21 km de cauce principal. El territorio presenta una alta variabilidad altitudinal, entre los 2.200 a 3.400 msnm, una temperatura media anual de 13 °C y precipitaciones de hasta 1.900 mm/año.

La microcuenca tiene incidencia directa sobre 28.500 personas, habitantes de la zona urbana consolidada del municipio de Alto Prado o bien de la población rural dispersa en 10 veredas, en complementación institucional con el municipio de San Isidro de la Montaña. El análisis del uso del suelo muestra una fuerte presión antrópica: 31 % del área es destinada a agricultura transitoria de papa y cebolla, 24 % se destina a pastos para ganadería lechera, 11 % es cobertura urbana, 28 % conserva bosque natural y 6 % constituye zona de protección hídrica.

Partiendo de este diagnóstico, el marco técnico institucional sustentador del estudio, sostiene que "la microcuenca se ha estructurado teóricamente en 3 zonas funcionales en: alta (conservación prioritaria), media (aprovechamiento productivo) y baja (impacto urbano y captación)" (Corporación Universitaria Remington, 2026, p. 5), lo que permite identificar 3 conflictos o problemas sociales y ambientales centrales: pérdida de la regulación hídrica por la expansión de la frontera agrícola; escasez estacional del agua en competencia entre el riego de hortalizas y consumo domiciliario; y deterioro de la calidad del agua de la zona baja por las insuficiencias de tratamientos a los vertimientos domésticos.

Como puede observarse, se trata de un ejercicio técnico e hipotético construido a partir de una matriz de datos específicos y el sustento de carácter conceptual procederá en base a estudios análogos de subcuencas andinas que están sometidas a presiones hortícolas similares, cuyos resultados indican que la transformación hacia los monocultivos transitorios reduce la capacidad del suelo para la retención de la humedad, incrementa los coeficientes de escorrentía superficial y acentúa los periodos de estiaje. En este sentido, también es posible indicar que los estudios sobre el comportamiento longitudinal de los ríos alto andinos concluyen diciendo, de manera tajante, que "los macroinvertebrados acuáticos constituyen una de las herramientas más valiosas y de mayor aceptación a nivel mundial para evaluar de manera integral la calidad del agua" (Roldán-Pérez, 2016, p. 254), permitiendo identificar el impacto de las escorrentías agrícolas y los vertimientos domésticos.

Fundamentos de la GIRH a Nivel Nacional, Regional y Local.

Cuando hablamos de la gestión del agua en este territorio, parto de la base de que la GIRH no es solo un concepto básico, sino el enfoque que intenta coordinar el manejo del agua, el suelo y los ecosistemas para que el desarrollo económico y social no termine destruyendo lo que nos sostiene.

Para entender cómo se aplica, esto hay que verlo en distintos niveles:

- A nivel nacional: encontramos Minambiente, que a través de la Política Nacional para la Gestión Integral de Recurso Hídrico es el ente regulador. Ahí están los principios generales y los lineamientos para el agua.
- A nivel regional: la CAR es la encargada de darle forma a los POMCA, ya que son ellos quienes tienen la responsabilidad de planificar a escala de cuenca, aunque a veces la información que generan se queda más en los informes que en las acciones concretas sobre el terreno.
- A nivel local o de microcuenca: se encuentran los PMAM, los PORH y, lo más importante, cómo logro que eso realmente se articule con los POT de los municipios. Como futuro ingeniero, ese es uno de mis mayores desafíos: que los instrumentos no se queden en papel, sino que dialoguen entre sí y con las personas.

CAPÍTULO I. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y LECTURA

INTEGRAL DEL TERRITORIO

1.1.Ficha Técnica Consolidada del Caso

Tabla 1. Ficha Técnica General de la Microcuenca del Río Frío Alto.

FICHA TÉCNICA DEL CASO DE ESTUDIO	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Nombre del Proyecto	Planificación y Gestión Integral del Recurso Hídrico en la Microcuenca del Río Frío Alto
Nombre del Caso	Microcuenca del Río Frío Alto
Municipio Principal	Alto Prado
Municipio Secundario Asociados	San Isidro de la Montaña
Región	Altiplano del Norte Antioqueño
Área de la microcuenca	72 km ²
Altitud	2.200 a 3.400 msnm
Temperatura media	13 °C
Precipitación promedio anual	1.900 mm/año
Longitud del cauce principal	21 km
Veredas con influencia directa	10
Población total	28.500 habitantes
Población urbana	17.100 habitantes
Población rural	11.400 habitantes
Fuente hídrica principal	Río Frío Alto
Afluentes principales	Quebrada El Oso, Quebrada Agua Clara y Caño La Laja
Actividades económicas	Producción de papa y cebolla, acuicultura, ganadería
Cobertura de bosques natural	28%
Cobertura de pasto y ganadería	24%
Agricultura transitoria y Permanente	31%
Área urbana y expansión suburbana	11%
Áreas de protección hídrica y rondas en recuperación	6%
Problema principal	Deterioro de la calidad y disponibilidad del recurso hídrico
Principales conflictos	Abastecimiento humano vs riego - Expansión agrícola, vertimiento y conflictos entre usuarios del agua
Actores involucrados	Alcaldía, empresa de servicio público, acueductos veredales, productores, ganaderos, autoridad ambiental y comunidad
Objetivo general	Formular una propuesta integral de planificación y gestión del recurso hídrico para la microcuenca del Río Frío Alto
Instrumentos asociados	PNGIRH, POMCA, PMAM, PUEAA, PORH Y POT

La microcuenca tiene influencia directa sobre el municipio principal de Alto Prado y el municipio secundario de San Isidro de la Montaña.

Por otro lado, en cuanto a las características físicas, determiné que la microcuenca tiene un área de 72 km², cuenta con un cauce principal de 21 km y presenta altitudes entre 2.200 y 3.400 m.s.n.m., con una temperatura de 13 °C y 1.900 de precipitación promedio anual.

Finalmente, la población del territorio estudiado cuenta con un total de 28.500 habitantes, divididos en 17.100 habitantes urbanos y 11.400 habitantes rurales distribuidos en 10 veredas.

Con respecto a la cobertura y uso del suelo, analicé que el 31% es empleado en agricultura transitoria y permanente, el 28% es bosque natural y vegetación secundaria, el 24% se dedica a pastos y ganadería, el 11% es área urbana y solo el 6% cuenta con áreas de protección hídrica.

Por otra parte, se identifica que económicamente la zona se mueve gracias a la producción de papa y de cebolla, la ganadería lechera, la agricultura y, por supuesto, el comercio y los centros de acopio que hay en el casco urbano.

1.2.Descripción general del territorio de estudio

La microcuenca del rio frio alto se ubica en una región andina colombiana con características semejantes al altiplano del norte antioqueño. El territorio abastece centros poblados, rurales y el área urbana del municipio de alto prado, además de sostener actividades hortícolas, pecuarias, piscícolas y pequeños usos productivos. Estas combinaciones de funciones convierten a la microcuenca en una unidad estratégica para analizar la relación entre oferta, demanda, calidad del agua, ordenamiento territorial y conflictos entre usuarios.

Las coberturas del suelo evidencian una presión importante sobre el sistema hídrico: la agricultura transitoria y permanente ocupa el 31%, los pastos y la ganadería el 24%, el bosque natural y la vegetación secundaria el 28%, el área urbana y de expansión suburbana el 11% y las

áreas de protección hídrica y rondas en recuperación apenas es del 6%. La zona alta conserva relictos de bosques alto andino y áreas de nacimientos; la zona media concentra horticultura intensiva y estanques piscícolas; y la zona baja reúne la captación para acueducto, el crecimiento urbano y las mayores presiones por vertimientos.

1.3. Justificación de la Microcuenca como Unidad de Análisis

La microcuenca como unidad de análisis se justifica porque permite dividir las dinámicas hidrológicas directas que afectan al Río Frío Alto. De esta manera, se puede observar de manera directa cómo las actividades de la parte alta implican inmediatamente en el abastecimiento y la calidad en la zona baja de la microcuenca. Además, se identifican actores clave con intereses diferentes. Entre ellos destaco a la Alcaldía de Alto Prado, la Empresa de Servicios Públicos, las juntas de acueductos veredales, las asociaciones de productores hortícolas/piscícolas y la autoridad ambiental regional.

1.3.1. Zonificación y conflictos de Uso

A partir de mi lectura del territorio, se ha estructurado la siguiente zonificación con sus respectivos conflictos:

- **Zona Alta** (Conservación prioritaria): Esta área alberga los nacimientos y relictos de bosque, los cuales corresponden al 28% de las coberturas de la cuenca. **Conflicto:** Se identifica una clara expansión de la frontera agrícola, lo que disminuye drásticamente la regulación hídrica natural.
- **Zona Media** (Aprovechamiento productivo): En esta área predomina la agricultura con un 31% del uso del suelo, seguida por la ganadería con un 24%.

Conflicto: Se identifica que, en época seca, el riego intensivo compite directamente con la captación para el acueducto urbano. Además, el mal manejo de los estanques piscícolas aporta una considerable carga orgánica al cauce.

- **Zona Baja** (Impacto urbano): esta zona concentra el 11% del área de la cuenca, correspondiente al área urbana y de expansión.

Conflicto: se pudo identificar que las descargas de aguas residuales insuficientemente tratadas limitan el uso del agua en la zona baja de la microcuenca y generan fuertes tensiones sociales e institucionales con los acueductos veredales.

1.4.Escala de planificación e Interacción Territorial

Tabla 2. Escala de Planificación que Inciden en el Caso de Estudio.

ESCALA	INCIDENCIA EN LA MICRO CUENCA
NACIONAL	Se menciona la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) como el marco general orientador para la gestión integrada del agua en el territorio colombiano, Además, se hace referencia a instrumentos como el POMCA, PMAM, PMAA y PORH, los cuales son de orden nacional y aplican en el caso.
REGIONAL	El caso está ubicado en una región andina colombiana con características similares al altiplano del norte antioqueño. También se menciona que existe una autoridad ambiental regional (simulada) que tiene competencia en el monitoreo y la gestión del agua en la microcuenca.
CUENCA Y MICROCUENCA	Centrada en la microcuenca del Río Frío Alto, la cual es considerada la unidad más adecuada para el análisis del agua, ya que permite integrar aspectos hidrológicos, territoriales, sociales e institucionales. Se habla de instrumentos como el POMCA

	(Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas) y el PORH (Plan de Ordenación del Recurso Hídrico) que operan a esta escala.
MUNICIPAL Y LOCAL	El municipio de Alto Prado como el principal, y a San Isidro de la Montaña como secundario. El caso menciona que el municipio cuenta con un Plan de Ordenamiento Territorial (POT) desactualizado, y que existe una empresa de servicios públicos y acueducto municipal, así como juntas de acueductos veredales. También se mencionan actores locales como la Alcaldía, productores rurales, ganaderos y habitantes urbanos y rurales.

1.5.Mapeo y Caracterización de Actores Claves

En función del análisis de actores principales identificados, se han determinado los siguientes participantes los cuales se relacionan con aspectos de gobernanza del agua en el sector estudiado de la microcuenca del rio frio alto

- Alcaldía municipal de Alto Prado
- Empresa de servicios públicos y acueducto municipal de Alto Prado
- Juntas de acueductos veredales
- Asociación de productores hortícolas y piscícolas de la zona media
- Ganaderos rurales
- Autoridad ambiental regional (simulada)
- Comunidad educativa y líderes barriales
- Habitantes de la zona urbana y rural

1.6. Croquis, y Mapa Básico de la Microcuenca

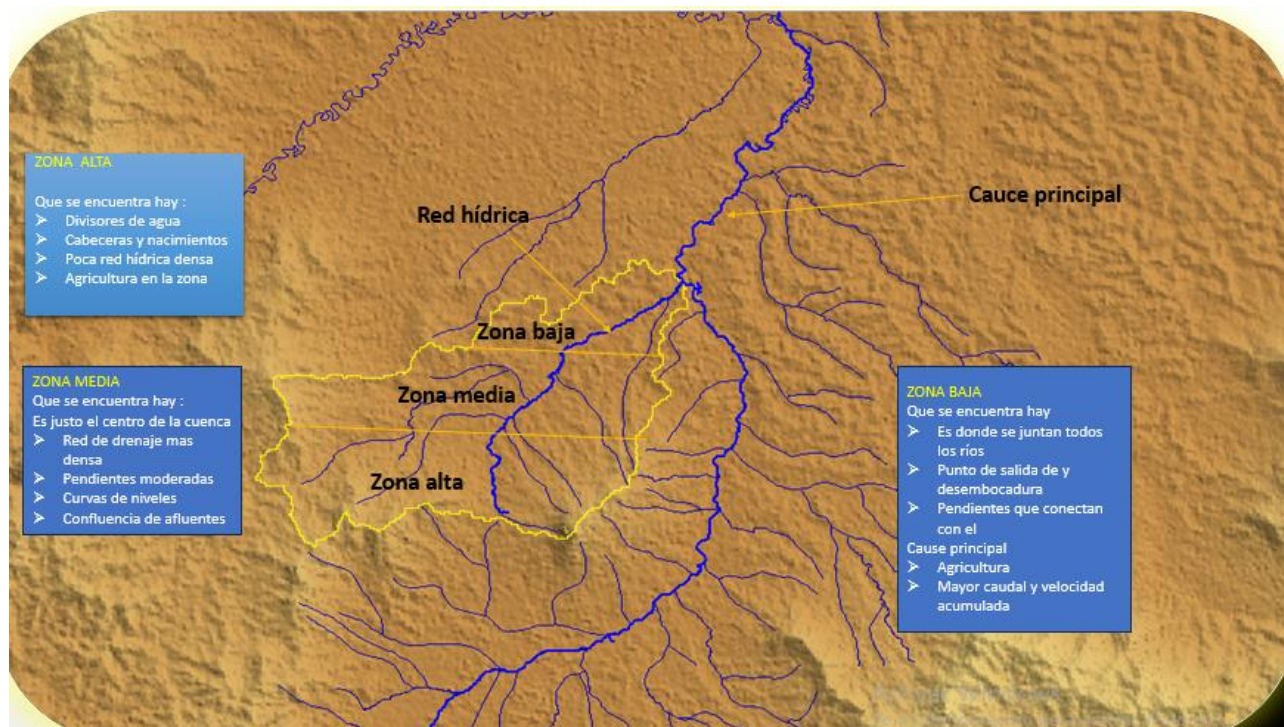


Figura 1. Delimitación de la cuenca del Río Frio Alto, (MapWindow GIS/HidroSIG).

1.7. Conflictos de Uso Explícito del Territorio

Abastecimiento Humano vs Riego Agrícola.

Localización: zona media y zona baja de la microcuenca.

El conflicto aparece en estas zonas porque es donde se concentran las actividades que demandan la mayor cantidad de agua. En la zona media se encuentra la agricultura intensiva (papa y cebolla) que requiere riego, mientras que en la zona baja se realiza la captación para el acueducto municipal que abastece el área urbana de Alto Prado. La competencia se intensifica en época seca, cuando la oferta de agua disminuye y ambos usos compiten por el mismo recurso.

Protección hídrica vs expansión agrícola:

Localización: Zona alta y zona media de la microcuenca.

Este conflicto se da en la zona alta porque es donde se encuentran los nacimientos de agua y las áreas de mayor importancia para la regulación hídrica. La expansión de la frontera agrícola hacia estas zonas junto con la ocupación de pendientes reduce la cobertura vegetal natural (bosque alto Andino), disminuyendo la capacidad de infiltración y regulación del agua y aumentando la escorrentía y la sedimentación. En la zona media la presión por ampliar las áreas de cultivo también afecta las zonas de recarga.

1.8.Presiones sobre el recurso y zonas prioritarias de conservación

- **Expansión de la frontera agrícola:** La ampliación de áreas de cultivo (papa y cebolla) y la ocupación de pendientes cercanas a los nacimientos están disminuyendo la función de regulación hídrica y aumentando la escorrentía y los sedimentos. Esto se expresa con mayor intensidad en la zona alta y media.
- **Ocupación de áreas cercanas a la fuente hídrica:** La ocupación de terrenos en las rondas de los ríos y quebradas está afectando la protección de estas zonas. Esto se relaciona con la producción piscícola y pecuaria en la zona media y baja.
- **Crecimiento urbano y expansión suburbana:** El desarrollo del área urbana y su expansión (que representa el 11% del suelo de la microcuenca) está generando mayores presiones por vertimientos de aguas residuales y demanda de agua para abastecimiento humano.
- **Uso de suelos en pendientes para actividades agropecuarias:** La ocupación de pendientes cercanas a nacimientos para agricultura y ganadería está reduciendo la capacidad de infiltración del agua y afectando la recarga hídrica.

Zona alta: Prioridad Máxima

Esta zona incluye relictos de bosque alto andino y áreas cercanas a los nacimientos de agua. Es donde se origina el recurso hídrico y donde se regula la oferta de agua para toda la microcuenca. La conservación de esta zona es fundamental para garantizar la disponibilidad de agua en cantidad y calidad para los usos aguas abajo.

Zona media de prioridad alta.

En esta zona se concentra la agricultura intensiva y los estanques piscícolas, lo que genera presión sobre el agua por demanda y por contaminación por aporte de materia orgánica y bacteriológica. Además, es donde se presentan señales de compactación de suelos y pérdida de coberturas, lo que afecta la regulación hídrica. Proteger áreas de recarga y fomentar prácticas sostenibles en esta zona es clave para reducir la presión sobre el recurso.

1.9. Rol del Ingeniero Ambiental en la Planificación Hídrica

El ingeniero ambiental o civil desempeña un papel fundamental en la planificación hídrica, ya que debe integrar criterios técnicos, ambientales y sociales para garantizar un uso sostenible del agua.

En este caso, no alcanza solo con analizar los indicadores como el caudal, la calidad del agua o la demanda, sino que también es necesario proponer soluciones que sean conformes a las necesidades de la población, la producción agrícola y la conservación de los ecosistemas.

La planificación hídrica exige un enfoque general que fortalezca la gobernanza, promueva el uso eficiente del recurso y proteja la microcuenca para asegurar su disponibilidad tanto para la generación actual como para las generaciones futuras. Esta perspectiva es relacionada con los

conflictos identificados en la microcuenca y la necesidad de convertir la información técnica en acciones coordinadas de gestión.

CAPITULO II. ANÁLISIS NORMATIVO E INSTITUCIONAL DEL CASO

2.1. Marco Normativo Aplicable

El problema de saneamiento hídrico en la microcuenca se puede sintetizar con unos factores asociados al recurso hídrico y su entorno ambiental que no serían los más adecuados para la protección de sí misma.

Déficit estacional: En épocas secas, la oferta es de 0,83 m³/s, insuficiente para cubrir una demanda total. Estas temporadas afectarían gran parte de la microcuenca, afectándola por completo, como serían la ganadería y sus pastos, los agricultores y su tierra fértil. Los acueductos municipales ya no captan el agua necesaria para abastecer las horas suficientes a los usuarios de la comunidad, generando conflictos a personas que necesiten el sustento para beneficio propio.

Deterioro progresivo de la calidad del agua: La calidad del agua empeora desde la zona alta donde son arrojados la mayor parte de los vertimientos llegando hasta la parte más baja afectando la disminución del oxígeno disuelto en el cuerpo de agua afectando peces de la microcuenca y con ello la calidad del agua, las descargas dementicas y los efluentes urbanos sin tratamiento junto las escorrentías agrícolas, y sedimentos afectan la zona más baja donde se almacenas gran parte de los contaminantes.

Presión antrópica sobre cobertura natural y zonas protegidas: Esto se promueve en las zonas altas y media buscando beneficios como la expansión agrícola y expansión ganadera dejando sin opciones la protección hídrica la microcuenca cuenta con ocupaciones de pendientes y áreas cercanas de nacimientos lo que disminuye la regulación hídrica reduciendo el bosque natural y vegetación.

Desarticulación institucional: No hay un instrumento específico que esté vigente para resolver los conflictos entre cantidad, calidad y uso del agua. La Alcaldía y la Autoridad Ambiental realizan monitoreo, lo que evidencia una debilidad entre la gobernanza y la articulación entre entidades y actores presentes.

Actualmente, el municipio Alto Prado cuenta con un POT desactualizado, pero aun así define los principios asociados y alineamientos para la gestión del recurso hídrico, dando un aprovechamiento y abastecimiento de agua potable a la comunidad, trabajando con la empresa prestadora de servicios del municipio promoviendo la articulación de actores.

- Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico (PNGIRH)
- Articulación con el POT (Plan de Ordenamiento Territorial)
- Normas y competencias institucionales (autoridades ambientales y regionales, alcaldía municipal y justificación del cauce local).

El marco normativo también se articula con un conjunto de leyes y disposiciones que legalizan la gestión del recurso hídrico y el ordenamiento territorial de la microcuenca correspondiente. Primero, la Ley 388 de 1997 determina que el ordenamiento territorial “es un conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas” (SAMPER, OCAMPO, CABRALES, & VERANO, 1997, art. 5, p. 3), lo que implica que el municipio de Alto Prado debe incorporar la gestión de la protección del recurso hídrico como parte del POT. Y a esto se añade el contenido del Decreto 1232 de 2020, que modificó el Decreto 1077 de 2015 que refería a que “la revisión o modificación de los Planes de Ordenamiento Territorial debe derivar de resultados” del seguimiento y evaluación a que se refiere el mismo Decreto (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [MVCT], 2020, art. 2.2.2.1.2.1.1), norma que argumenta directamente la necesidad de la actualización del POT desactualizado que tiene hoy el municipio.

Al mismo tiempo, el Decreto 1077 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, define el plan de ordenamiento territorial como el instrumento que servirá para “guiar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo” (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [MVCT], 2015, p. 1072), Asimismo, este marco se justifica a partir de la norma máxima del Estado, que es la Constitución Política de Colombia, pues la Constitución Política del Estado incluso establece la corresponsabilidad en la protección de los recursos naturales mediante la disposición que determina que “el Estado protegerá la diversidad y la integridad del ambiente, conservará las áreas de especial importancia ecológica y atenderá la educación para el desarrollo de lo anterior” (Constitución Política de Colombia, 1991, art. 79, p. 23). Precepto legal que da derecho, en virtud del sentido del Decreto, a que el municipio de Alto Prado deba introducir los determinantes ambientales que emanan del POMCA en el POT de este municipio. Por su parte, el Decreto 2811 de 1974 que dio lugar al Código Nacional de Recursos Naturales Renovables manifiesta desde su primer artículo que “el ambiente es patrimonio común” (Presidencia de la República de Colombia, 1974, art. 1, p. 1), principio que respalda la obligación estatal, municipal, etc. de protección de la microcuenca. Por último, el Decreto 1076 de 2015, conocido como el Plan de Manejo y Protección de las Microcuencas, recoge y reglamenta a nivel nacional instrumentos de planificación ambiental, tales como el POMCA, el PORH y otros, que han sido analizados y explicados debidamente en el presente capítulo (VALLEJO, 2025).

La autoridad ambiental debe dirigir la formulación y el cuidado de la microcuenca con monitoreo del cuerpo de agua municipal, mientras que la alcaldía debe actualizar el POT para proteger zonas en puntos críticos evitando la expansión territorial en el sector agrícola y ganadera en áreas estratégicas de la microcuenca.

2.2. Problema Hídrico Central desde la Perspectiva de Planificación

La microcuenca presenta problemas explícitos tales como presión sobre el recurso natural principal de la zona, debido a muchas actividades por el hombre buscando su propio beneficio, sea económico, social o agroindustrial.

- Conflicto por cantidad: se presentan muchos conflictos por la expansión en lugares específicos de la ocupación del cuerpo de agua de la microcuenca en épocas secas, donde el déficit en esa época seca es de 0,29 m³/s, viéndose afectadas la agricultura, la ganadería, un 30% de la población en general.

- Deterioro del cauce : la expansión por actividades económicas, sociales, y productores del campo han llevado a un deterioro en el cuerpo del agua las aguas residuales que recibe la microcuenca sin ningún tratamiento adecuado los productores del campo en la zona alta y media utilizan fertilizantes químicos estos productos por medio de la precipitación y las escorrentías arrastran estos productos químicos a los cuerpos de agua contaminando la microcuenca el municipio cuenta con un POT desactualizado que haga frente al mal uso de la mano obrera las autoridades ambientales han realizados monitores pero la información no se ha hecho presente con las medidas adecuadas para que la población aguas abajo no se vea afectada con un incremento de DBO,SST,DQO desde la zona alta hasta la zona baja.

- Presión por el uso del suelo: la expansión ganadera ha llevado a los ganaderos a tomar gran parte de las orillas de la microcuenca cortando gran parte de árboles donde estos árboles le dan la fuerza al suelo y que las corrientes no se coman las orilla este ha sido un problema en la zona media y baja mientras que la alta gran parte del territorio la producción de los agricultores han hecho expandir el territorio cerca del cuerpo de agua contaminando la microcuenca con sus productos químicos.

De tal forma que se puede concluir que el problema hídrico central de la microcuenca del Río Frío Alto corresponde a una combinación de los siguientes factores: conflicto por cantidad en época seca, deterioro progresivo de la calidad del agua, presión por el uso del suelo y desarticulación institucional entre las entidades responsables de su gestión.

2.3. Papel de la PNGIRH Como Marco General Orientador

“La PNGIRH tiene un papel importante ya que aborda los problemas en la microcuenca del municipio rio alto promueve la gestión del agua coordina y sectoriza una organización que promueve por la autoridad local la distribución de un servicio que implica considerar el agua como un recurso vulnerable, esencial, y protegido para la vida y el desarrollo monitoreando una sostenibilidad ambiental en el acceso por el uso del agua dándole un mejor manejo y evitando conflictos contemplando el aspecto social económico institucional.” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT], 2010,).

2.4. Función de POMCA y Pertinencia de otro Instrumentos (PORH, PMAM, PMAA)

En la microcuenca de rio frio alto un POMCA permitiría mejorar el manejo y calidad del agua en las zonas de la microcuenca específicamente zonas bajas donde reciben todos los productos químicos y aguas residuales, regulando el riesgo agrícola en épocas secas evitando afectaciones en la comunidad local con los productores del campo priorizando el abastecimiento y aprovechamiento como la pesca protegiendo la salud humana y el torno ambiental minimizando los conflictos por el recurso natural contemplando la información con las autoridades locales y definiendo zonas protegidas para la conservación y restauración de las zonas.

A este instrumento, se le considera nacional en la medida en que se plantee la “planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la flora y la fauna (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2013, p. 9), lo que confirma la alcanzabilidad del POMCA para

ordenar las presiones analizadas en la microcuenca del Río Frío Alto, y también porque la Guía técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas establece que su formulación “requiere del desarrollo de seis fases” (MADS, 2013, p. 56): aprestamiento, diagnóstico, prospectiva y zonificación ambiental, formulación, ejecución, y seguimiento y evaluación, pauta que orienta el proceso de ordenación que se requeriría para la microcuenca.

Justificación de otros Instrumentos

PORH: Es existente e importante cuando encontramos conflictos severos por el manejo de la calidad y cantidad del agua, como ocurre en la microcuenca en épocas secas, lo cual permitiría definir de manera ecológica los caudales de agua temporales en estas épocas. Este instrumento técnico tiene su soporte metodológico oficial en la norma nacional que propone que el desarrollo del instrumento debe ir encaminado a “definir las prioridades de uso del recurso hídrico, las metas de calidad a las que debe llegar el cuerpo de agua, las acciones que deben implementarse para poder llevarlas a cabo” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018, Guía para la elaboración de Planes de Ordenación del Recurso Hídrico, p. 12). Este instrumento es el que más se asocia a la microcuenca por los conflictos y problemas gubernamentales que maneja el municipio.

PMAM: es importante y esencial para la microcuenca diseñar una estrategia para el abastecimiento humano en las zonas alta, media y baja, tanto en la cabecera municipal como en veredal. La pertinencia de esta redacción a nivel micro local es evidente pues justifica el modo de instrumentalizar los procedimientos que involucran la participación de los actores rurales en Microcuencas abastecedoras en un contexto donde el plan busca “establecer esquemas de manejo y conservación de los nacimientos y áreas de recarga que abastecen a la población, generando

acuerdos de conservación con los propietarios” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015, Guía para la elaboración de Planes de Manejo Ambiental de Microcuencas, p. 45).

PMAA: no es necesario en esta microcuenca, ya que existen otros instrumentos que se asocian a la microcuenca, ya que no se cuenta con problemas de acuíferos u aguas subterráneas.

2.5. Relación entre los Problemas de la Microcuenca y el POT Municipal

Expansión Urbana

El área urbana y de expansión suburbana ocupa el 11% del territorio y se concentra en zonas bajas de la microcuenca, incrementando la demanda de agua para consumo humano; asimismo, se incrementan los vertimientos de aguas residuales en la microcuenca. Esto lleva al municipio a tener que actualizar el POT para controlar el crecimiento urbano y proteger las fuentes de abastecimiento. Esta obligación queda potenciada con la prescripción del artículo 6 de la Ley 388 de 1997, que “obliga a que su desarrollo y aprovechamiento sea orientado en forma sostenible” (SAMPER, OCAMPO, CABRALES, & VERANO, 1997, art. 6, p. 4) y con el Decreto 1232 de 2020, en el que se regula el procedimiento de revisión de los POT caducos, como el de Alto Prado.

Protección de ronda hídrica.

Existen ocupaciones agrícolas, pecuarias y piscícolas cerca de los cauces, generando procesos de erosión, sedimentación y contaminación en la ronda hídrica. Deben definirse como área de protección ambiental. El POT debe restringir actividades incompatibles dentro de esta área.

Ocupación de suelo.

La expansión agrícola sobre pendientes y nacimientos disminuye la regulación hídrica y aumenta la escorrentía.

- Ocupaciones:
- Agricultura 31 %

- Ganadería 24 %
- Bosques naturales 28%
- Área urbana 11%
- Protección hídrica 6%

Zonas de protección

Ubicadas principalmente en la parte alta contienen bosques alto andino y nacimientos esenciales para la regulación del caudal durante épocas secas así mismo clasificarse como un suelo protegido dentro del POT.

Usos permitidos y restringidos

Permitidos

Conservación ambiental

Restauración ecológica

Reforestación

Sistemas productivos sostenibles

Restringidos

Urbanización en áreas protegidas

Expansión agrícola sobre nacimientos

Actividades contaminantes cercanas a las fuentes de agua

Nuevos cultivos en rondas hídricas

Matriz

Tabla 3. Matriz de articulación entre problemas, instrumentos y responsables.

PROBLEMA	INSTRUMENTO	RESPONSABLE	ALCANCE	VACIO IDENTIFICADO
EXPANSIÓN URBANA	POT-POMCA	Alcandía y CAR	Regular crecimiento urbano	POT desactualizado
OCUPACIÓN DE RONDA HÍDRICA	POT-POMCA	CAR y alcandía	Protección del cause	Débil control
EXPANSIÓN AGRÍCOLA SOBRE NACIMIENTOS	POMCA-PMAM	CAR y productores	Conservación hídrica	Presión productiva persistente
DÉFICIT HÍDRICO EN ÉPOCA SECA	PORH-PMAA	CAR, y agricultores	Distribución y ahorro del agua	Falta coordinación
DETERIORO EN CALIDAD DEL AGUA	PORH	CAR y ESP	Control de vertimiento	Pocas acciones correctivas
CONFLICTOS ACUEDUCTOS MUNICIPAL VS VEREDAL	PORH-PMAA	ESP y juntas de acueducto	Asignación equitativa	Ausencia de acuerdo
CONTAMINACIÓN POR GANADERÍA Y PISCICULTURA	POMCA-PMAM-PORH	CAR y productores	Buenas prácticas	Control insuficiente

La problemática de la microcuenca Río Frío Alto está directamente relacionada con la falta de articulación entre el ordenamiento territorial y la gestión hídrica. La actualización del POT junto con la implementación coordinada del PORH, PMAM y PMAA permitiría controlar la expansión urbana y agrícola protegiendo la ronda hídrica y los nacimientos.

2.6. Instrumentos más Pertinentes para el Conflicto de Abastecimiento vs. Riego y

Ajustes al POT

El instrumento más útil para hacerle frente al conflicto y al abastecimiento humano y al riego en temporadas secas es el plan de ordenamiento del recurso hídrico (PORH).

Esta función cumple con regular la calidad y cantidad de agua de presión a los conflictos sociales, por beneficio propio de la microcuenca. Cuando se presentan temporadas secas, el PORH puede dar asignaciones de aquellas concesiones que tienen los sectores industriales del municipio, con el manejo de los caudales, protegiendo los cuerpos de agua y el ecosistema de la zona, regulando la expansión de suelo, dando prioridad al buen uso del suelo.

Ajustes

El plan de ordenamiento territorial POT puede ser el punto para delimitar el conflicto entre la protección hídrica y la expansión agrícola.

Delimitación de zonas de protección para la regulación del uso del suelo en zonas de protección y restauración de la ronda hídrica, definiendo las zonas aptas en la planificación ambiental y agropecuaria.

La alcaldía y gobernación local deben enfocarse en delimitar zonas protegidas y estratégicas para el cuidado de la fuente hídrica aplicando instrumentos adecuados para evitar el conflicto entre la expansión agrícola y la protección del agua en la comunidad y en las diferentes zonas de la microcuenca.

CAPITULO III. DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL RECURSO HÍDRICO

3.1. Análisis de la Oferta Hídrica

El río frío alto tiene un caudal promedio de 1,55 m³/s, que es básicamente el agua con la que se puede contar en un año normal; sin embargo, esto cambia drásticamente según la temporada.

- Temporada de lluvias: el caudal sube a 2,05 m³/s, un 32% más que el promedio.
- Temporadas secas caen a 0,83 m³/s, un 46% por debajo de la media.
- En una sequía severa el nivel crítico puede bajar hasta 0,60 m³/s.

Estas variables generan un problema serio, ya que cuando llega el verano el río baja muchísimo y no alcanza a cubrir todas las necesidades al mismo tiempo. Si hablamos de una sequía severa que es de 0,60 m³/s frente a una demanda total de 1,12 m³/s, la cosa empeora con los conflictos entre el agua para el consumo humano y la de riego, lo que hace que se vean afectados los estanques piscícolas y el caudal ecológico que se pierde por completo.

El riesgo es alto con el desabastecimiento en acueductos urbanos y rurales, pérdida de cosecha y deterioro de la calidad del agua porque al haber menos caudal, los contaminantes se concentran más.

Pues mucho, porque en la microcuenca solo hay 28% de bosques natural y vegetación secundaria y apenas un 6% de áreas protegidas para la conservación del agua en la parte alta aún se conserva algunos rios de bosque alto andino y nacimiento de agua pero la expansión agrícola y ya representa el 31% del territorio y la ganadería otro 24% esto significa que se está sembrando cultivos en laderas empinadas y ocupando zonas cercanas a los nacimientos lo que reduce la capacidad del suelo para retener agua aumentar la esorrentía en lluvias y disminuye el caudal en épocas secas.

3.2. Análisis de la Demanda Hídrica por Sectores

La demanda total estimada es de 12 m³/s y se distribuye así.

Tabla 4. Distribución de la demanda Hídrica por Sectores.

SECTOR	DEMANDA (M3/S)	PARTICIPACIÓN
RIEGO AGRÍCOLA	0,54 m ³ /s	48, 2%
CONSUMO DOMÉSTICO (URBANO Y RURAL)	0,28 m ³ /s	25, 0%
PEQUEÑAS AGROINDUSTRIAS Y SERVICIOS	0,11 m ³ /s	9, 8%
SECTOR PECUARIO	0,10 m ³ /s	8,9%

PÉRDIDAS EN CONDUCCIÓN	0,09 m ³ /s	8%.
-------------------------------	------------------------	-----

El riego agrícola es una de las actividades que más agua exige porque la zona tiene una fuerte vocación hortícola intensiva, como papa, cebolla y otros cultivos transitorios de clima frío que requieren riegos frecuentes y abundantes sobre todo cuando escasea la lluvia. El consumo humano ocupa el segundo lugar y el problema más crítico se da precisamente en temporada seca, cuando ambos sectores compiten por el agua al mismo tiempo.

3.3. Balance Hídrico Simplificado

En un año promedio, el balance es positivo con 1,55 m³/s de oferta frente a 1,12 m³/s de demanda, lo que da un superávit de 0,43 m³/s. Parece suficiente, pero al límite se ve reducido porque la demanda sigue creciendo. Sin embargo, el problema real aparece en temporada seca: la oferta baja a 0,83 m³/s y la demanda se mantiene en 1,12 m³/s, generando un déficit estacional de 0,29 m³/s. Esto, ya que es un ejercicio académico, se traduce en desabastecimiento y tensiones entre usuarios.

3.4. Índice de Uso del Agua (IUA)

Este indicador nos dice qué proporción del agua disponible ya está comprometida para los distintos usos.

- IUA en años medio 72.3% (categoría muy alta).

Quiere decir, que el 72,3% implica que en un año normal ya se está usando más de dos tercios de agua disponible queda muy poco margen para imprevisto para mantener el caudal ecológico o para atender crecimiento futuro la cuenca está prácticamente al límite

- IUA en año secos 134, 9% (categoría crítica).

Quiere decir que el 134,9% en año seco es una señal de alarma la demanda supera la oferta. No hay forma de atender todos los usos inevitablemente va a haber desabastecimiento, conflictos severos y deterioro de recursos.

3.5. Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) e Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)

El IRH (índice de retención y regulación hídrica), que mide la capacidad de la cuenca para tener humedad irregular, caudales arroja un valor de 0,66 clasificado como “moderado” esto indica que la cuenca aún tiene cierta capacidad reguladora pero ya muestra signos de deterioro relacionado con la pérdida de cobertura vegetal y la compactación de suelo en la zona media.

Al cambiar el IUA por el IRH, tenemos el IVH (Índice de Vulnerabilidad Hídrica).

- En año medio: el IUA “muy alto” + IRH = vulnerabilidad alta.

Con vulnerabilidad alta, la microcuenca ya es muy sensible a sequías, a problemas de calidad del agua y a conflictos entre usuarios porque el agua está muy utilizada y la capacidad de regulación apenas es regulada.

- En un año seco: el IUA “Crítico” + “moderado” = vulnerabilidad muy alta.

Con vulnerabilidad muy alta la situación en un año seco se vuelve extrema, el sistema ya no da abasto y se necesita una intervención urgente para evitar un colapso que afectaría tanto el abastecimiento como la economía local.

3.6. Calidad Del Agua: Índice de Calidad Del Agua (ICA)

El ICA es ese número que resume de un vistazo qué tan limpia o sucia está el agua y se clasifica en una escala del 0 al 100% donde el 100% sería un agua impecable y el 0% sería básicamente un caldo de contaminación.

Tabla 5. Índice de la calidad del agua (ICA) Por punto de monitoreo.

TRAMO	ICA CALCULADO	CATEGORÍA DE CALIDAD
PUNTO 1 (ALTA CUENCA)	~0.83 (83%)	Buena (71 - 90)
PUNTO 2 (ZONA MEDIA)	~0.62 (62%)	Regular (51 - 70)
PUNTO 3 (ZONA BAJA)	~0.47 (47%)	Mala (26 - 50)

Se puede observar que el agua empieza bastante bien en la parte de arriba, pero cuando va llegando abajo ya se francamente mala a causa la actividad humana.

Los parámetros que se están deteriorando y ¿por qué?

- El oxígeno disuelto (OD) se hunde de un 88% a un 90% a un 49% de saturación porque se encuentra mucha materia orgánica que se descompone y consume todo el oxígeno disponible. Viene de vertimientos básicamente.
- Sólidos suspendidos totales (SST) pasan de 16 a 82 mg/L; esto es tierra, sedimento, todo lo que el agua pueda arrastrar. Seguro que la erosión del suelo por cultivos y deforestación tiene mucho que ver también.
- Demanda química de oxígeno (DQO) se multiplica por 5, de 11 a 56 mg/L. Un salto brutal que indica que no solo hay materia orgánica sino también compuesto tóxico que cuestan degradar.
- Conductividad eléctrica (CE): se cuadruplica (de 120 a 520 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Más sales disueltas típicas de fertilizantes y aguas residuales que van a parar al río.
- Nutrientes (nitrato y fósforos totales) durante todo se cuadriplan y el forro se multiplica por siete. Eso es un exceso de comida para las algas lo que acaba en eutrofización, malos olores, aguas verdes y poca vida.

El deterioro no es algo casual, sino que a lo largo de la microcuenca ciertas actividades se van sumando.

- La agricultura intensiva: en la zona alta el cultivo de papa es la principal actividad; eso significa toneladas de fertilizante, nitratos, fósforo y plaguicidas que la lluvia se lleva directos al cauce y, como el suelo se labra sin piedad, la erosión proporciona los sedimentos.
- La ganadería y el poblado sin tratamiento de agua: En la parte media y baja se encuentran los pueblos y las actividades de ganadería. Las aguas residuales domésticas y los purines van a parar al río sin ningún tipo de depuración. Aportan mucha materia orgánica, que es justo lo que agota el oxígeno y eleva el DQO.
- Deforestación: al talar árboles en los páramos para sembrar, se pierde la capa vegetal que tiene el suelo y regula el agua. Todo se vuelve más frágil y los sedimentos se desploman.

Posibles efectos sobre los usos del agua y la salud ambiental

El deterioro tiene consecuencias directas y graves.

- Para el consumo humano, el agua en los tramos medio y bajo con categoría “regular y mala” no es apta para consumo sin un tratamiento costoso y complejo. En el tramo, la calidad es tan deficiente que su uso como fuente de abastecimiento es altamente riesgoso.
- Para la agricultura y la ganadería: el alto contenido de sales (CE) y sedimentos (SST) puede afectar la calidad de los suelos de riego y la salud del ganado que consume el agua.

- Para la recreación y el contacto directo: un ICA “malo” indica que el agua no es apta para actividades como la natación, ya que representa un riesgo para la salud.
- Para la salud ambiental (ecosistemas acuáticos): la disminución del oxígeno, el aumento de la toxicidad (DQO) y la eutrofización por nutrientes diezman la biodiversidad acuática. Un ICA “regular” ya implica una menor diversidad de organismos y un mayor crecimiento de algas en el tramo abajo; con la calidad “mala” solo pueden sobrevivir especies muy tolerantes a la contaminación, colapsando la estructura del ecosistema.

3.7. Coliformes Fecales y Aptitud de Uso por Tramo

Cuando observamos los resultados de coliformes fecales en los tres puntos de monitoreo, la tendencia es bastante clara, porque la calidad microbiológica va perdiendo a medida que bajamos por la microcuenca.

- Punto 1: Nos indica una concentración con un valor de 120 NMP/100mL.
- Punto 2: Nos registra una concentración con un valor de 950NMP/100mL.
- Punto 3: Nos determinó una concentración con un valor de 4100 NMP/100mL.

Los valores de estas concentraciones nos muestran el peso que van teniendo las actividades agrícolas, ganaderas y urbanas sobre el recurso, ya que, a mayor presión antrópica, mayor contaminación.

De acuerdo con los valores de las concentraciones, el tramo que sería apto para recreación con contacto primario y que cumple con condiciones razonables es el punto 1. Además de su bajo contenido bacteriológico, los parámetros fisicoquímicos acompañan una DBO de 2,8 mg/l y una saturación de oxígeno del 88%. En cambio, los puntos 2 y 3 ya muestran niveles de riesgo para cualquier uso recreativo directo.

En cuanto al abastecimiento para el agua potable, nuevamente el punto 1 es el que mejor se determina. Su calidad general permite pensar en un tratamiento sencillo, básicamente desinfección, sin mayor complicación. El punto 2, en cambio, ya exigiría un proceso completo, es decir, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. Esto se debe a que los niveles de materia orgánica, sólidos suspendidos y contaminación microbiológica ya son bastante más altos.

Por otro lado, el punto 3 es el caso más delicado. El cual nos indica una concentración de 4100 NMP/100mL de coliformes fecales, una DBO de 13,8 mg/l y una DQO de 56 mg/l, lo cual es crítico, debido a que el agua aquí no solo necesitaría un tratamiento muy complejo, sino que además habría que controlar las fuentes contaminantes de manera rigurosa antes de pensar en cualquier uso potable. En algunas situaciones, lo más sensato sería restringir ciertos usos hasta que la calidad mejore.

3.8. Interpretación Hidrobiológica (BMW/Col y Diversidad Del Perifiton)

Lo interesante es que la biología no hace más que confirmar lo que ya nos mostraban los análisis fisicoquímicos. Ambas lecturas apuntan a la misma dirección: la calidad del agua se degrada conforme avanzamos de la parte alta hacia la parte baja de la microcuenca.

En el punto 1 encontramos una riqueza de 30 tazones, un BMW/Col de 120 y un índice de Shannon de 2,5. Además, aparecen especies sensibles como diatomeas y algas verdes, lo que indica un ecosistema acuático en buen estado con poca perturbación y buena oxigenación. Esto encaja perfectamente con los bajos valores de DBO (2,8 mg/l), sólidos suspendidos (16mg/l) y coliformes fecales 120 NMP/100ml.

En el punto 2, la cosa cambia: el BMW/Col baja a 70, la riqueza cae a 20 tazones y el Shannon se reduce a 1,9. Empiezan a aparecer organismos más tolerantes, típicos de ambientes

con mayor carga de nutrientes o materia orgánica. Esto corresponde al incremento del DBO, sólidos suspendidos, y coliformes fecales, que probablemente están asociados a la agricultura y ganadería de la zona.

Ya en el punto 3, el deterioro es evidente; el BMW/Col cae a 32, solo se registran 12 taxones y el índice de Shannon es de 1,1. Donde dominan las cianobacterias y otros organismos resistentes, porque aquí tenemos los picos más altos de DBO (13,8 mg/l), DQO (56 mg/l), sólido suspendido (82 mg/l) y coliformes fecales (4100 NMP/100ml), con un nivel mínimo de oxígeno disuelto.

Los indicadores biológicos y químicos cuentan la misma historia. El agua es buena en la zona alta, se vuelve regular en la zona media y termina siendo mala en la zona baja, todo por efecto de la descarga de aguas residuales, la escorrentía agrícola y la presión urbana.

3.9. Diagnóstico Integrado

El problema principal en la microcuenca del Río Frío Alto es complejo. Por un lado, hay una creciente escasez de agua para riego en época seca y, por otro lado, la calidad del recurso se está deteriorando de manera acelerada. Esta relación está generando conflictos entre los distintos usuarios y pone en riesgo la sostenibilidad del sistema.

Las causas principales tienen que ver con la expansión de los límites donde se realizan las actividades agrícolas, especialmente en las zonas cercanas a los manantiales y cauces, y con el aumento de la demanda de riego para cultivo como papa y cebolla. A eso se suman los vertidos sin tratamiento y el uso inadecuado del suelo.

Las consecuencias son varias. Durante estas épocas secas, el déficit hídrico alcanza 0,29 m³/s, lo que genera conflicto entre el consumo humano y el riego. Al mismo tiempo, el incremento del DBO, DQO, sólidos suspendidos, nutrientes y coliformes fecales va deteriorando la calidad del

agua de arriba hacia abajo, hasta el punto de que en los tramos bajos ya no es apta para beber, ni para recreación, ni siquiera para la vida acuática.

Los indicadores hidrobiológicos refuerzan este diagnóstico en la parte alta del BMW/Col y la riqueza de especies refleja un ambiente todavía saludable, con presencia de organismos sensibles. En cambio, en la parte baja, el BMW/Col cae a 32, la diversidad se desploma y predominan especies tolerantes a la contaminación. Esa pérdida de biodiversidad es un síntoma claro de que el ecosistema está pagando las consecuencias.

En cuanto a la relación con la gobernanza, se determina que la cantidad de agua disminuye porque hay presión sobre el recurso y malas prácticas en el uso del suelo; la cantidad se degrada por vertimientos y actividades productivas, la biodiversidad se resiste y la capacidad de respuesta institucional y comunitaria se vuelve importante. Sin acuerdos claros y acciones coordinadas, se originan conflictos crecientes en la micro cuenca del Rio frio Alto.

CAPITULO IV. FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN Y GESTION DE RECURSO HÍDRICO

4.1. Problema 1: Deterioro de la Calidad Del Agua

La calidad del agua en la microcuenca rio frio alto del municipio alto prado con un área de 72km² presenta conflictos por expansión de suelos y contaminación por vertimientos y las escorrentías agrícolas se le ha presentado a los cuerpos gubernamentales un conflicto por el uso del agua en temporadas secas y contaminación en zonas altas afectando la zonas más baja donde reposan todos los contaminantes arrastrados por las corrientes y caudal de la microcuenca afectando la supervivencia de los peces y otras especies así mismo ganaderos, agricultores, y acueductos se están viendo afectados por tiempos de sequía y los efluentes y sedimentos de la microcuenca encontrados.

Objetivo general

Mejorar la calidad y darle un buen uso al manejo del agua de la microcuenca del rio frio alto mediante la reducción de cargas de vertimientos, escorrentías agrícolas contaminantes domésticos, pecuarios y piscícola para proteger y garantizar el buen uso del recurso hídrico para generaciones futuras del municipio así mismo protegiendo las zonas protegidas para evitar la expansión de suelo cerca de la microcuenca.

Objetivos específicos

1. Reducir los vertimientos y efluentes urbanos: la zona más baja de la microcuenca donde reposan todos los contaminantes hace elevar los niveles de DBO, SST, monitoreando la zona y limitando el uso seguro del agua.
2. Controlar la escorrentía agrícola en las diferentes zonas: provenientes por agricultores y sus fertilizantes a sus cultivos llegando estos productos a los cuerpos de agua provocando la eutrofización y al deterioro de la calidad del agua.
3. Manejar adecuadamente los vertimientos y los efluentes regionales: en la zona media y baja donde el manejo inadecuado por vertimientos de aguas residuales, actividades piscícola y pecuaria favorecen el aporte orgánico y bacteriológico al cuerpo de agua afectando la calidad del agua.

Líneas estratégicas

Línea 1: saneamiento y control de vertimiento del municipio.

Enfocada en la zona baja donde reposan los contaminantes por actividades humanas los efluentes de centro de acopio que con el tiempo se deterioran la calidad de agua de la zona media causando afectaciones en su fauna y flora.

Línea 2: buenas prácticas agrícolas y manejo de fertilizantes.

Enfocada en la zona alta y media donde la agricultora (papa y cebolla) generan aportes de fertilizantes causando afectaciones en los cuerpos de agua lo idea es tener medidas adecuadas por hectáreas en su actividad reduciendo las escorrentías y sedimentos.

Línea 3: manejo ambiental en actividades humanas.

Enfocada en la zona alta donde los estanques piscícolas y el ganado afectan la calidad del agua por aportes orgánicos y bacteriológicos en sus actividades rutinarios.

Programas y acciones de intervención.

Tabla 6. Programa de control de contaminación por acciones agrícolas.

ACCIONES	PROGRAMAS	ZONAS DE APLICACIÓN
1.1	Promover prácticas de agricultura sostenibles que reduzcan la escorrentía en los cuerpos de agua.	Zona alta – zona media
1.2	Establecer franjas de amortiguaciones o barreras vegetales entre el área de cultivo y el cauce principal para evitar sedimentos y expansión de suelo.	Zona media
1.3	Monitorear los parámetros de calidad de DBO, DQO, PH y coliformes para evaluar los monitoreo.	Zona baja - media

Tabla 7. Programa de manejo y tratamiento de aguas residuales del municipio.

ACCIONES	PROGRAMAS	ZONAS DE APLICACIÓN
2.1	Implementar o mejorar el sistema de aguas residuales domesticas en la cabecera municipal de alto prado	Zona baja
2.2	Regular y tratar los efluentes del centro de acopio y servicios comerciales que descargan en la microcuenca	Zona alta – zona media
2.3	Socialización sobre el manejo de aguas residuales y vertimientos con la comunidad	Zona alta – zona media

Hoja de Ruta

Tabla 8: Hoja de ruta para problema de deterioro de la calidad del agua.

Acción priorizada	Actores identificados	Plazo	Indicador	Resultados esperados
Crear campañas de educación para un manejo de vertimientos domésticos y aguas residuales.	Comunidad, Alcaldía municipal y empresas de servicios públicos.	Corto plazo (0- 4 años)	Número de personas capacitadas y campañas realizadas.	Disminución de vertimientos al cauce principal.
Establecer zonas de protección de fuentes de aguas y cultivos.	Autoridad ambiental, agricultores y UMATÁ.	Mediano plazo (5-8 años)	Rondas restauradas y longitud de hectáreas protegidas.	Descenso del arrastre de fertilizantes y sedimentos.
Mejorar la estructura de tratamiento de aguas residuales del municipio.	Alcaldía municipal y empresa de servicios públicos.	Largo plazo (9-12 años)	Reducción de coliformes en monitoreo, DBO y SST.	Restablecimiento progresivo de la calidad del agua de la microcuenca.

Medida priorizada

“Corto plazo: Campaña de educación en la materia de los vertimientos Actor líder: Alcaldía municipal Justificación: Es la entidad que tiene la competencia de coordinar el trabajo con las instituciones y la comunidad. Soporte normativo o institucional: Ley 99 de 1993 y Decreto 1076 de 2015 (Gaviria et al., 1993; Vallejo, 2025). Conflicto: Deterioro de la calidad del agua y contaminación”. Asociada de manera directa con las competencias ambientales de las entidades territoriales y complementaria a la aplicación de la Resolución 0631 de 2015, que estipula las condiciones técnicas y los valores límites máximos permisibles para los vertimientos de aguas residuales en el territorio nacional.

4.2. Problema 2: Disponibilidad Hídrica y Riego de Reabastecimiento

La fuente hídrica del municipio rural y urbano en épocas cruciales cuenta con un déficit de disponibilidad en épocas secas agravado por la alta demanda del sector agrícola (riego de papa, cebolla) que compiten directamente con ganaderos, piscicultura, y el abastecimiento humano como en acueductos municipal y veredales generando conflictos por el acceso al agua y presión sobre la calidad del recurso en la zona.

Objetivo general

Diseñar una propuesta integral de planificación y gestión del recurso hídrico en la microcuenca municipal (rio alto prado) que aborde el déficit de disponibilidad en temporadas secas por consumidores locales y delimitar el conflicto entre el abastecimiento humano y riego agrícola mediante medidas de Inter versión viable y argumentada.

Objetivos específicos

1. Realizar un análisis normativo e institucional con relación entre los problemas por la disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca y el POT municipal especialmente expansión urbana, ocupación de suelo cerca de la microcuenca, zonas de protección hídrica en esas épocas secas donde el recurso hídrico es insuficiente para riego agrícola.
2. Desarrollar un diagnostico técnico y relacionar la disponibilidad del recurso con monitores mensuales en épocas húmedas y secas donde los riegos asociados son acores primarios en el descenso del caudal de sequía analizando la demanda hídrica por sectores construyendo un balance hídrico significado en la continuidad local para formular un diagnóstico integrado indicando problemas principales.

3. Socializar e incentivar a la comunidad por medios de reuniones o actividades sobre la demanda hídrica que cuenta la microcuenca en temporadas de sequía donde el riego agrícola afecta la poca calidad del agua que puede tener la zona aguas abajo dando así una claridad y mejoramiento de que priorizar el abastecimiento y controlando los riegos agrícolas que llegan hacer contaminaste en el cuerpo de agua principal.

Líneas estratégicas

Línea 1 gestión de la demanda y eficiencia en el uso del agua.

Enfocado en la zona baja y media Abastecimiento humano vs riego agrícola el agua requerida para riegos de papa y cebolla compiten directamente con la captación del acueducto municipal y de los acuerdos veredales se promueve a mejorar el control de los riegos agrícolas por días.

Línea 2 protección y recuperación de la oferta hídrica.

Enfocada en zona alta y media la ampliación del área de cultivos y la ocupación de pendientes cercanas a crecimientos disminuyen la función de regulación y aumenta la escorrentía por los riegos agrícolas y los sedimentos, con la protección evitaremos la expansión de suelo cerca de la microcuenca delimitamos las zonas protegidas en la ronda hídrica y proteger los bosques alto andinos. Para poder dar además el valor técnico e institucional que se precisa para el marco espacial que circunscribe la respectiva área protegida del Río Frío Alto cuando se tiene en cuenta la presión de las papa y cebolla, la asociación del sistema ecológico a este se ajusta a los criterios oficiales de protección que señalan que el acotamiento del espacio que busca la ronda “es un instrumento de planificación ambiental que permite establecer la franja que va paralela a la línea de mareas o a los lechos de los ríos que debe ser objeto de especial protección y manejo ambiental”

(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018, Guía para el acotamiento de Rondas Hídricas, p. 8).

Línea 3 gobernanza del agua y resolución del conflicto.

Realizar mesas de trabajo convocando todas las organizaciones locales alcaldía, empresas de servicios públicos, juntas de acciones de acueductos rurales y veredales para convocar una mesa de solución permanente en la microcuenca conservando el recurso hídrico y las zonas protegidas del medio ambiente en el territorio cuidando zonas del cuerpo hídrico para generaciones futuras.

Programas y acción de intervención

Tabla 9. Programa de moderación del sistema de riego.

ACCIONES	PROGRAMAS	ZONAS DE APLICACIÓN
1.1	Realizar un diagnóstico de los sistemas de riesgo en zonas de la agricultura intensa de papa y cebolla para identificar pérdidas y oportunidades de mejora.	Zona alta – zona media
1.2	Implementar un programa de sustitución gradual de riego por gravedad a sistema de riego por goteos.	Zona media
1.3	Capacitar a los agricultores en el diseño de operaciones y sistemas de riegos eficientes.	Zona alta – zona media

Tabla 10. Programa de manejo sostenibles y protección dela ronda Hídrica.

ACCIONES	PROGRAMAS	ZONAS DE APLICACIÓN
2.1	Establecer un plan de manejo y restauración de las rondas del cuerpo de agua que han sido afectadas por la expansión agrícola y los riegos contaminantes.	Todas las zonas
2.2	Implementar sistemas de agricultura de conservación en las zonas de pendiente para reducir la erosión de los productos agrícolas y las escorrentías de sedimentos hacia el cauce principal.	Zona alta
2.3	Realizar un inventario de monitoreo de la calidad del agua para evaluar la efectividad de los monitores en las zonas.	Todas las zonas

Hoja de Ruta

Tabla 11: hoja de ruta para el problema de disponibilidad hídrica y competencia para el uso del agua.

Acción priorizada	Actores identificados	Plazo	Indicador	Resultado esperado
Evaluación de los sistemas de riego empleados en la producción de cultivos de papa y cebolla.	Asociaciones de agricultura y UMATA.	Corto plazo (0-4 años)	Número de sistemas analizados.	Detección de pérdidas y oportunidades de mejora.
Remplazo paulatino del riego por gravedad con el riego por goteo.	Alcaldía municipal y agricultores.	Mediano plazo (5-8 años)	Hectáreas con riego tecnificado.	Reducción del uso de agua en la agricultura.
Preservación y rehabilitación de bosques de recarga y rondas hídricas.	Autoridad ambiental y comunidad.	Largo plazo (9-12 años)	Hectáreas protegidas y restauradas.	Aumento de la regulación del agua y accesibilidad a este recurso.

Estas medidas tienen como objetivo reducir la tensión entre el suministro de alimentos humanos y la demanda del sector agrícola en los periodos secos, sobre todo en lo que respecta al cultivo de cebolla y papa.

Medida priorizada

Para contrarrestar la “competitividad entre la función agrícola del agua y el fluido del abastecimiento doméstico”; se establece, como medio de intervención a mediano plazo, la “aplicación de riego por goteo”. Este proceso sería “promovido por la “UMATA” y asociaciones de agricultores”, ya que “son quienes participan directamente en la utilización del agua destinada para riego y que probablemente tienen la oportunidad de efectuar uso de tecnologías más avanzadas”. Esta línea de actuación contaría con el fichaje técnico e institucional que los

lineamientos macro da la política nacional para la gestión integral del recurso hídrico (Uribe et al., 2010).

4.3. Problema 3: Débil Gobernanza y Articulación Institucional

La debilidad de la gobernanza y articulación institucional en la microcuenca evidenciada por la desactualización del POT municipal de instrumentos específicos para resolver conflictos hídricos falta de coordinación entre actores y la información de monitoreo que no se traduce en medidas esto afecta al abastecimiento humano agricultores y manejo de efluentes productivos.

Objetivo general

Fortalecer la gobernanza y la articulación institucional en la microcuenca mediante la implementación de instrumentos de planificación hídrica y la coordinación efectiva entre actores que permitan resolver los conflictos por cantidad y calidad y uso productivo del agua.

Objetivos específicos

1. Actualizar y armonizar los instrumentos de planificación territorial: (POT) municipal y la gestión del recurso hídrico para que respondan a los problemas identificados en la microcuenca en general. Este objetivo se sustenta en el proceso de revisión y actualización de los POT que establece el Decreto 1232 de 2020 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [MVCT], 2020, art. 2.2.2.1.2.1.1), así como en el artículo 2 del Decreto 2811 de 1974, que ordena “la conservación, mejoramiento y uso racional de los recursos naturales renovables” (Presidencia de la República de Colombia, 1974, art. 2, p. 1).
2. Fortalecer la capacidad educativa y la coordinación interinstitucional: entre la alcaldía del municipio alto prado y la empresa de servicios públicos las juntas de acueductos

autoridades ambientales para darle un buen uso del majeo al recurso hídrico en diferentes zonas del territorio.

3. Implementar mecanismos de participación ciudadana para la resolución del conflicto: que se involucren todos los actores del territorio con el fin de establecer acuerdo de uso del agua y reducir las tensiones entre usuarios específicamente en temporadas secas donde el conflicto y la demanda hídrica aumenta.

Líneas estratégicas

Línea 1 articulación normativa e institucional.

Revisar y actualizar el POT municipal incorporando disposiciones específicas para la protección en rondas hídricas de protección y nacimientos en áreas de recargas.

Línea 2 fortalecimiento de la capacidad institucional y participación ciudadana.

Conformar una mesa técnica con participación de la alcaldía municipal de alto prado la producción de productores agrícolas, ganaderos y piscícolas y la autoridad ambiental.

Programas de acciones de intervención

Tabla 12. Programa de Capacitación y asistencias técnicas de actores locales.

ACCIONES	PROGRAMAS	ZONAS DE AMPLIACIÓN
1.1	Capacitar a las juntas de acueductos veredales en gestión administrativa y operación del sistema y reducción de pérdidas y resolución del conflicto.	Todas las zonas
1.2	Brindar asistencia técnica a los productores agrícolas, piscícolas, y ganaderos en buenas prácticas de majeo del agua y tratamiento de efluentes.	Zona alta – zona media
1.3	Sensibilizar a los habitantes de la zona urbana y rural sobre la importancia de la conservación del recurso hídrico y el uso del agua.	Todas las zonas

Tabla 13: Programa de sistematización y socialización de la información.

Acciones	Programas	Zonas de ampliación
2.1	Creas un sistema de información geográfica para la microcuenca que integre datos de caudales, uso del suelo y el agua y datos de los conflictos y actores.	Todas las zonas
2.2	Elaborar informes técnicos periódico semestrales con los resultados de monitoreo y las acciones realizadas para compartir con la mesa técnica y la comunidad.	Todas las zonas
2.3	Socializar los resultados de los monitoreo y las medidas implementadas en espacios comunitarios fortaleciendo la transparencia y fortaleciendo la confianza institucional.	Todas las zonas

Hoja de Ruta

Tabla 14. Hoja de ruta para el problema de débil gobernanza y articulación Institucional.

Acción priorizada	Actores identificados	Plazo	Indicadores	Resultado esperado
Establecer una mesa técnica de manera permanente para gestionar el recurso hídrico.	Alcaldía municipal y autoridad ambiental.	Corto plazo (0-4 años)	Cantidad de reuniones celebradas anualmente.	Una mejor coordinación entre los usuarios y las instituciones.
Entrenar a las juntas de acueductos y a los productores en administración del agua y gestión de efluentes.	Empresa de servicios públicos, Alcaldía y autoridad ambiental.	Mediano plazo (5-8 años)	Número de participantes y capacitaciones.	Potenciación de las capacidades a nivel local.
Actualizar el POT al incluir medidas concretas para la protección hídrica.	Concejo municipal y Alcaldía municipal.	Largo plazo (9-12 años)	Implementación y actualización del POT.	Menor cantidad de conflictos en el futuro y mejor planificación territorial.

La falta de colaboración entre los actores, la ausencia de actualización del POT y el escaso uso de la información generada a partir de los monitoreo para decidir algunos de los problemas relacionados.

Medida priorizada

De conformidad con la estrategia de planificación identificada que actúa como respuesta frente “al conflicto de débil coordinación, y a la debilidad de las instituciones para gestionar el agua”, se establece ya como "prioritaria para el largo plazo" la medida “actualización del POT municipal”; proceso que será dirigido por “Concejo municipal y la Alcaldía municipal” por ser “las entidades a cargo de la planificación territorial, y que implementan acciones para proteger el recurso hídrico”. Entonces, la propuesta cuenta también para su defensa contextual con un "soporte normativo o institucional en la Ley 388” de 1997 (Ordenamiento territorial) y Ley 99 de 1993” (SAMPER, OCAMPO, CABRALES, & VERANO , 1997)

Conclusiones

Comprendimos que la gestión del recurso hídrico implica no solo el manejo del agua disponible, sino en entender todas las relaciones que existen entre el territorio, las actividades humanas y los ecosistemas que dependen de este recurso. El análisis de la microcuenca del Río Frío alto facilitó la identificación de que las decisiones relacionadas con el uso del suelo, la expansión agricultura, el crecimiento urbano y las actividades productivas tienen efectos directos sobre la cantidad y la calidad del agua disponible para la población.

Fue posible reconocer que la microcuenca es la unidad más apropiada para estudiar estos procesos, ya que permite observar como las acciones realizadas en las zonas altas terminan impactando las condiciones ambientales y sociales de las zonas medias y bajas, también quedo en evidencia la existencia de conflictos entre el abastecimiento para consumo humano, el riego agrícola y la protección de las áreas estratégicas para la regulación hídrica, especialmente durante las temporadas secas.

Otro punto crucial fue la comprensión del rol que desempeñan las instituciones, las autoridades ambientales, los acueductos y la comunidad en la gestión del agua, así como la relevancia de que instrumentos como el POMCA, el POT y otros mecanismos de planificación operen de manera coordinada y no de forma aislada.

Esta actividad nos permitió comprender que planificación hídrica requiere una visión integral que combine criterios técnicos, ambientales y sociales, buscando siempre el equilibrio entre el desarrollo económico y la conservación del recurso para garantizar su disponibilidad tanto para las comunidades actuales como para las generaciones futuras.

Logramos entender que los desafíos relacionados con el agua no dependen únicamente de su disponibilidad, sino que también están vinculados a como las instituciones, las normativas y las herramientas de planificación se interrelacionan en el territorio. En el contexto de la microcuenca del Río Frío Alto, se hizo evidente que los problemas acerca del suministro, el riego agrícola, la degradación de la calidad del agua y el uso inadecuado del suelo no se pueden resolver mediante una única herramienta de gestión.

Lo que analizamos nos permitió identificar que los instrumentos como la PNGIH, el POMCA, el PORH y el POT cumplen funciones diferentes pero complementarias y que su correcta articulación es fundamental para lograr una gestión eficiente del recurso hídrico. También se evidencio que la desactualización del POT y la falta de coordinación entre las entidades responsables dificultan la protección de las zonas estratégicas, favorecen la expansión agrícola sobre áreas sensibles y aumentan los conflictos entre los distintos usuarios del agua.

Nos permitió concluir que la planificación hídrica solo es efectiva cuando existe una verdadera integración entre el ordenamiento territorial, la gestión ambiental y la participación de las comunidades e instituciones involucradas, más allá de las normas y los documentos técnicos, el reto principal está en convertir esos instrumentos en acciones reales que contribuyan a la conservación del agua y a la reducción de los conflictos presentes en el territorio.

El análisis nos permitió evidenciar que la presión ejercida por la expansión agrícola, la ganadería, y el crecimiento urbano está afectando tanto la cantidad como la calidad del agua. La disminución de las coberturas naturales y la ocupación de zonas cercanas a los nacimientos y cauces.

Fue importante comprobar como la calidad del agua se deteriora progresivamente desde la parte alta hacia la parte baja de la microcuenca debido a los aportes de sedimentos, fertilizantes, vertimientos domésticos y actividades pecuarias. Esta situación no solo limita algunos usos del recurso, sino que genera impactos sobre los ecosistemas acuáticos, reflejados en la disminución de la biodiversidad y en la presencia de organismos cada vez más tolerantes a la contaminación.

Finalmente, esto considero que la solución a esta problemática requiere no solamente acciones orientadas a mejorar la calidad del agua y optimizar su aprovechamiento, sino también fortalecer la planificación territorial, la conservación de las zonas de recarga y la participación de todos los actores involucrados. Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico implica asumir una responsabilidad compartida entre instituciones, sectores productivos y comunidad, pensando no solo en las necesidades actuales sino en la disponibilidad del agua para las futuras generaciones.

Fue importante reconocer que la conservación de las zonas de recarga hídrica, las rondas de protección y los bosques de la parte alta representan una de las estrategias más efectivas para mejorar la regulación natural del agua y disminuir la vulnerabilidad de la microcuenca frente a las sequías. Así mismo la implementación de tecnologías más eficientes para el riego y la adopción de buenas prácticas agrícolas pueden contribuir significativamente a reducir la presión sobre el recurso hídrico.

Por último, consideramos que fortalecer la gobernanza y la articulación entre la alcaldía, la autoridad ambiental, las empresas de servicios públicos, los productores y la comunidad es fundamental para garantizar resultados a largo plazo. La actualización de instrumentos como el POT y el aprovechamiento de la información obtenida mediante los monitoreo permitirán tomar

decisiones más acertadas y avanzar hacia una gestión del agua más sostenible, equitativa y adaptada a las necesidades del territorio y de las futuras generaciones.

Conclusión general del desarrollo del trabajo podemos decir que el desarrollo del presente ejercicio aplicado para la planificación y gestión del recursos hídrico para la microcuenca rio frio alto ha permitido evidenciar que la problemática central de este territorio es el resultado de la interacción compleja entre el uso del manejo de agua, conflictos asociados, la desarticulación institucional, y la falta de actualizaciones de los instrumentos de planificación del territorio el diagnostico técnico confirma una crisis bidimensional del recurso hídrico el análisis de la oferta y demanda revela un crítico déficit del recurso durante épocas secas periodo en la cual la demanda aumenta por los riegos agrícolas así mismo el consumo doméstico supera ampliamente la disponibilidad del caudal del agua en sectores donde las escorrentías agrícolas, las aguas residuales, y la contaminación por actividades piscícolas no afectan de manera relevante el cuerpo de agua

El desarrollo redactado demuestra que la sostenibilidad dela microcuenca no se lograra únicamente con soluciones tecnológicas aisladas, si no que exige un enfoque general que cambien la gestión de la oferta y la demanda con el ordenamiento del territorio y el fortalecimiento de la gobernanza la complejidad del estudio confirma que la labor de nosotros los ingenieros ambientales es fundamental cuyo rol es importante para convertir el conocimiento científico en acciones concentradas que permitan resolver las disputas entre los distintos usuarios garantizar el derecho al agua de la población y proteger la base natural que sustenten el desarrollo económico y social de la gestión

Referencias Bibliográficas

- Constitución Política de Colombia [Const]. (1991). Artículo 79 [Título II, Capítulo 3]. 2da Ed. Legis. <http://www.suin-juriscol.gov.co/>
- Corporación Universitaria Remington. (2026). Guía técnica institucional y matriz de datos para la caracterización e informe técnico de la microcuenca del Río Frío Alto (p. 5). Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental.
- GAVIRIA, C., HOMMES, R., & OCAMPO, J. (1993). Ley 99 de 1993. Departamento Administrativo de la Función Pública, 41146(22), 1-61.
doi:https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=297
- Global Water Partnership (GWP). (2019). Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH): Un enfoque sistémico para la seguridad hídrica (p. 18). GWP Centroamérica.
<https://www.google.com/search?q=https://www.gwp.org/es/gwp-sudamerica/recursos/biblioteca-gwp/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (2013). Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (p. 9, 56). Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico.
<https://faolex.fao.org/docs/pdf/col130738anx.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Guía para la elaboración de Planes de Manejo Ambiental de Microcuencas. Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico.
<https://www.minambiente.gov.co/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018a). Guía para el acotamiento de Rondas Hídricas en Colombia. Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico.

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Decreto-2245-de-2017.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018b). Guía para la elaboración de Planes de Ordenación del Recurso Hídrico (PORH). Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico. <https://corponarino.gov.co/wp-content/uploads/2021/09/41.-DA-PORH.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (p. 45). República de Colombia. <https://www.google.com/search?q=https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/politica-nacional/>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. República de Colombia. PNGIRH.pdf

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [MVCT]. (2015). Decreto 1077 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio (p. 1072). Diario Oficial No. 49.523. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30020036>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2020). Decreto 1232 de 2020, por medio del cual se modifica el Decreto 1077 de 2015 en lo relacionado con la planeación del ordenamiento territorial. Diario Oficial. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=142020>

Presidencia de la República de Colombia. (1974). Decreto 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. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>

Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua:

cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia*

Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 40(155), 253-263. doi.org

<http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0370->

SAMPER, E., OCAMPO, J., CABRALES, O., & VERANO, E. (1997). Ley 388 de 1997.

Departamento Administrativo de la Función Pública(7), 1-48.

doi:https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=339

Uribe, A., Costa, C., Mora, C., Sanclemente, X., Adalgiza, C., & Emilia, M. (2010). Política

Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Viceministro de Ambiente(3), 1-

128. doi:<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica->

[nacional-Gestion-integral-de-recurso-Hidrico-web.pdf](https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica-nacional-Gestion-integral-de-recurso-Hidrico-web.pdf)

VALLEJO, G. (2025). Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Departamento Administrativo de la Función Pública(2), 1- 488.

doi:https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=78153390

[82016000200007&script=sci_abstract&tlng=es](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=7815339082016000200007&script=sci_abstract&tlng=es)