

TRABAJO DE GRADO
Opción Seminario-Diplomado.

Propuesta integral de planificación y gestión del recurso hídrico: caso de estudio Microcuenca de la quebrada El Arrayán.

Corporación Universitaria Remington.
Facultad de ingenierías.
Ingeniería Ambiental.

Katherine Vanegas Marin, Arlis De Hoyos Daza, Angel Manuel Arroyo Franco.
Docente del seminario Carolina María Valencia Tobón
Seminario en Herramientas para la planificación y gestión del recurso hídrico.
2026

Tabla de Contenidos

Resumen.....	3
Marco conceptual y contextual	4
Capítulo 1. Descripción del Territorio	7
Capítulo 2. Análisis normativo e institucional.....	12
Capítulo 3. Diagnóstico técnico del recurso hídrico	16
Índice de calidad del agua (ICA)	16
Cálculos del ICA.....	16
Capítulo 4. Conflictos y propuesta de planificación, gestión de recurso hídrico.	23
.....	24
Conclusiones	33
Referencias.....	34

Resumen

El presente trabajo aborda la gestión y planificación de la microcuenca simulada, El Arrayán, con el propósito de aplicar las herramientas e instrumentos de planificación territorial y gestión del recurso hídrico vistos, orientados al aprovechamiento sostenible del agua, ordenamiento de actividades y territorio. En Colombia el ordenamiento territorial se dispone por escalas, las cuales son: nivel nacional donde se establece las políticas y las normas a nivel estado; nivel regional que son las corporaciones autónomas encargadas de gestionar el recurso hídrico y el seguimiento al estado en que se encuentra; nivel de microcuenca donde se estudia las condiciones propias de una cuenca; y nivel municipal donde se encarga la alcaldía y la empresa de servicios públicos de gestionar el recurso. También son respaldados los proyectos con instrumentos de planificación como el POMCA, PORH, PMAA, PMAM, POT, y Ronda hídrica. Además, se tiene en cuenta la política nacional para la gestión integral del recurso hídrico como la resolución 2115 de 2007, cumpliendo con el objetivo de desarrollo sostenible. El proyecto de Propuesta integral de planificación y gestión del recurso hídrico en el caso de la quebrada El Arrayán, tiene como propósito garantizar la disponibilidad y sostenibilidad del recurso hídrico, y a su vez recuperar el ecosistema dando un equilibrio socioambiental con el fin de plantear medidas que contribuyan al uso sostenible y la conservación del recurso. Para ello, se realizó un análisis integral de las características físicas, ambientales y socioeconómicas de la microcuenca, así como de las principales problemáticas del uso del suelo y del recurso. Con base a la evaluación elaborada, se planteó soluciones integrales de acuerdo a los conflictos encontrados, donde se incorpora estrategias para la conservación de los ecosistemas, la protección de la microcuenca, y satisfacción de la demanda de agua para los diferentes usos antrópicos, donde se dé un equilibrio entre el desarrollo de las actividades productivas y la preservación del ecosistema.

Palabras clave

Microcuenca, planificación, abastecimiento, calidad, ecosistema.

Marco conceptual y contextual

La planificación y gestión ambiental constituye un conjunto de estrategias, políticas y procedimientos orientados a equilibrar el desarrollo socioeconómico con la conservación de los recursos naturales. Corresponde al proceso de toma de decisiones que permite definir los medios y acciones necesarias para alcanzar un objetivo esperado en la sociedad. Con el objeto de implementar, coordinar y ejecutar decisiones mediante estrategias, programas y acciones participativas que permitan transformar positivamente las condiciones ambientales y sociales del territorio. Estos procesos buscan identificar, evaluar y mitigar los impactos negativos sobre el entorno, promoviendo el uso eficiente de los recursos naturales y el cumplimiento de la normatividad vigente. En Colombia, la planificación y gestión ambiental están respaldadas por instrumentos técnicos y legales que favorecen la sostenibilidad, el ordenamiento territorial y la mejora continua de la calidad ambiental. (Minambiente, s. f.)

El fin de los objetivos sostenibles es buscar un equilibrio entre el medio ambiente y la sociedad. Por ejemplo, en el proyecto el objetivo principal es el 6, el cual propone garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, como también el saneamiento para todos. Reduciendo la contaminación y vertimientos de productos químicos, disminuyendo el porcentaje de aguas residuales sin tratar. Al igual que proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua. (United Nations, s. f.). Para alcanzar este objetivo se llevan a cabo proyectos de planificación utilizando herramientas que contribuyen con la gestión, tal como los instrumentos de gestión ambiental, entre ellos, educación ambiental (EA), proceso en el cual el individuo comprende las relaciones de interdependencia con su entorno, a partir del conocimiento reflexivo y crítico, de manera en la que genere en el individuo y su comunidad actitudes de valoración y respeto por el ambiente. Ordenamiento territorial (OT), son las acciones político-ambientales y de planificación física concentradas, que tiene presente el marco constitucional y legal, para ocupar los espacios de acuerdo a estrategias de desarrollo sostenible. Y evaluación de impacto ambiental (EIA), que es la herramienta que se encarga de la identificación y evaluación de los impactos ambientales derivados de actividades que posibilita la formulación de los planes de manejo ambiental como estrategia para mitigar dichos impactos; son mecanismos que nos ayudan a prevenir y reducir el impacto de actividades antrópicas por medio de diseños estratégicos (SINIA, 2021)

Por otro lado, también es importante conocer las leyes que amparan los proyectos de gestión y planificación, esto da un rumbo legal y concreto, para ello se conoce la política nacional que rige la gobernanza hídrica en Colombia (PNGIRH), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los

recursos naturales renovables y del ambiente de la nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible de acuerdo con el Decreto 3570 de 2011. La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico - PNGIRH, fue formulada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el año 2010, dando cumplimiento a lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo 2006 – 2010 “Hacia un estado comunitario”. Considerando que el plazo de ejecución fijado para la implementación de la PNGIRH fue de doce años; las bases del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, Colombia Potencia Mundial de la Vida (Capítulo 1, numeral 2, literal a) disponen la necesidad de actualizarla, alrededor de cuatro dimensiones: Oferta, Demanda, Disponibilidad y Gobernanza. (Minambiente, s. f.)

Como estructura estratégica de la microcuenca se tiene el eje de la política y su objetivo principal, es decir, la oferta tiene como objeto conservar e incentivar la regulación de la oferta de agua de cuencas; la demanda, optimizar el uso eficiente del agua en los principales sectores; la calidad, reducir y monitorear la contaminación del recurso hídrico; el riesgo, reducir la vulnerabilidad ante eventos hidro climáticos y por último la gobernabilidad que su objetivo es fortalecer la participación y gestión de la información. El conjunto de estos ejes tiene como propósito indicar el éxito de una buena planificación y gestión del recurso hídrico, con la aspiración de tener una cuenca eficiente y viable. (Minambiente, s. f.)

Como otra gestión política se tiene la gobernanza, la cual contiene un conjunto de reglas, procesos y sistemas que determinan quien toma las decisiones sobre el agua, como se toman y como se ejecutan, y su objetivo principal es lograr planificar equitativa, sostenible y transparente el recurso hídrico para toda la sociedad; en Colombia se encuentra por niveles los cuales se encargan de gestionar de acuerdo al nivel ya sea nacional, regional, municipal y local, donde hay diferentes corporaciones encargadas del recurso hídrico según la zona. Las corporaciones encargadas son, a nivel nacional, Ministerio e ambiente (MADS), IDEAM y ANLA; a nivel regional, corporaciones autónomas (CAR), POMCA; en nivel municipal, las alcaldías municipales, y las empresas de servicios públicos; y nivel locales, acueductos rurales, consejos de cuencas y comunidades indígenas, estas ayudan a tener un mejor orden y mejorar el trabajo ambiental. (Minambiente, s. f.)

Para la planificación y materialización de los objetivos, se usan instrumentos que buscan el uso sostenible del recurso y la prevención del riesgo, corresponden a, planificación territorial de cuenca (POMCA), es el instrumento vinculante de superior jerarquía que define el ordenamiento de los usos de la cuenca; ordenamiento de calidad y usos (PORH), se encarga de la planificación y control físico-químico detallado de tramos de corrientes hídricas superficiales; planificación del agua subterránea (PMAA), es la herramienta exclusiva para el diagnóstico y preservación de acuíferos subterráneos; gestión local inmediata (PMAM), que es la planificación comunitaria para microcuencas prioritarias y de orden menor abastecedoras de acueductos locales; la ronda hídrica, es el área de mayor importancia ecológica la cual se encarga de proteger el recurso hídrico; y por último plan de ordenamiento territorial (POT), que es encargado a nivel municipal de regular el uso del suelo y de encargarse de la protección ambiental de manera articulada; estas herramientas

son de vital importancia para un buen resultado en el proyecto que se quiera implementar. (Minambiente, s. f.)

Uno de los puntos más importantes para la planeación es conocer el ambiente y sus condiciones, como por ejemplo los vertimientos de aguas residuales, que son las descargas domésticas, agrícolas o industriales que deterioran la calidad del agua si no reciben los tratamientos adecuados. La cobertura boscosa, es vegetación que protege al suelo, favorece la infiltración y mantiene el ciclo hidrobiológico. En la microcuenca el Arrayán este concepto es demasiado importante para comprender las problemáticas identificadas y poder planear acciones de conservación, recuperación y manejo sostenible del recurso. También las rondas hídricas, las cuales protegen alrededor de los ríos y quebradas que nos ayudan a conservar el recurso hídrico, y es una de las herramientas más importantes para generar solución a problemáticas como contaminación o escasez de recurso hídrico. La microcuenca que contribuye en saber cuánta capacidad tiene para el uso del recurso hídrico, cuanta disponibilidad encontramos en ella y como se puede usar de una manera sostenible; por otro lado conocer la relación entre hombre-ecosistema, que actividades se emplean con el uso del recurso hídrico, que necesidades tiene la población que se puedan solucionar de acuerdo a una buena planificación, previniendo conflictos ambientales futuros, y proporcionando una educación ambiental eficiente con el fin de restaurar ecosistemas que tienen conflictos presentes (Minambiente, s. f.)

Por último, es fundamental el análisis físico-químico e hidrobiológico del agua, y los cálculos que contribuyen a la evaluación de calidad del agua, donde se estudian los parámetros como, turbiedad, color, caudal, conductividad eléctrica, DQO, DBO, OD, sólidos suspendidos totales, nitrógeno y fosforo, además las coliformes fecales, todos estos parámetros nos indican en qué condiciones se encuentra el agua, cuanta contaminación hay y de que actividades pueden provenir, dependiendo de esto se pueden generar proyectos que ayuden a la mitigación y prevención del recurso hídrico, al igual que el estado hidrobiológico que nos indica la contaminación por medio de los seres vivos acuáticos que se encuentren, ya que el comportamiento nos puede decir y precaver de contaminación encontrada en la cuenca. Por otra parte, para hacer un análisis más detallado y completo se utilizan herramientas numéricas, las cuales nos dan una calificación de calidad del agua según su puntuación, y así llevar un estudio constante del comportamiento del recurso; algunas de las herramientas son, índice de calidad del agua (ICA), que se encarga de calificar la calidad superficial del agua en un punto de monitoreo; y en las métricas de hidrobiología, encontramos cálculos como, diversidad de Shannon, riqueza de perifiton y BMWP, informan que diversidad de vida acuática hay, cuanta abundancia y las especies que identifican contaminación en el agua. Además, es importante realizar los cálculos de cantidad del agua, porque, así como es necesario saber la calidad, también se debe saber la disponibilidad, y para ello se hacen los cálculos de, índice de uso del agua (IUA) que cuantifica la disponibilidad; índice de regulación hídrica (IRH) mide la capacidad de la cuenca de amortiguar los caudales; índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH) que mide la probabilidad que un sector pueda sufrir desabastecimiento hídrico. (Minambiente, 2018)

El ingeniero Ambiental desempeña un papel importante para la protección del medio ambiente y la promoción de nuevas alternativas sostenibles para el desarrollo, teniendo conocimientos técnicos, científicos, ambientales y sociales. Como futuros ingenieros ambientales tenemos conciencia de las problemáticas que tenemos en la actualidad a nivel mundial.

Nuestra proyección como ingenieros ambientales va encaminada a intentar mitigar el daño que se ha generado de manera antrópica, física y natural. La responsabilidad de ser ingeniero ambiental conlleva un arduo trabajo sobre la protección de los recursos naturales, para poder brindarle un mejor futuro a las generaciones futuras.

En la microcuenca el Arrayán el ingeniero ambiental es una conexión muy importante con las autoridades municipales, las personas y los negocios. Proponiendo maneras adecuadas para que el progreso económico no dañe la naturaleza y las fuentes hídricas. Ayuda a que las personas del presente y las personas en el futuro tengan una mejor oportunidad de los recursos naturales.

Como futuros ingenieros ambientales, nos toca analizar los problemas que hay en una zona, pensar en cómo solucionarlos de forma realista y buscar un equilibrio entre que haya progreso económico, se cubran las necesidades de la gente y, al mismo tiempo, se cuiden los ecosistemas. Este trabajo viene a confirmar una vez más que quien ejerce la ingeniería ambiental tiene que ser una persona ética, responsable y con la mirada puesta en la sostenibilidad. El agua es vital para todos, así que hay que gestionarla pensando en conjunto, asegurándonos de que se conserve tanto para nosotros ahora como para los que vengan después. Por eso, el ingeniero ambiental tiene que ser alguien que sepa unir los conocimientos técnicos con la educación sobre el medio ambiente, involucrar a la gente y tomar decisiones que realmente impulsen un desarrollo sostenible.

Desarrollo e implementación del aprendizaje

La gestión del recurso hídrico consiste en planificar, proteger y administrar el agua para que pueda ser utilizada por las personas sin afectar el medio ambiente ni poner en riesgo su disponibilidad para las futuras generaciones. En Colombia este proceso se desarrolla en diferentes niveles. A nivel nacional, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el encargado de formular las políticas relacionadas con el manejo del agua. A nivel regional, las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) son las responsables de vigilar, proteger y administrar los recursos hídricos en cada región. Finalmente, a nivel local participan las alcaldías, las empresas de servicios públicos, los acueductos rurales y la comunidad, quienes trabajan directamente en el abastecimiento y conservación de las fuentes de agua. (Gobierno de Colombia, s. f.)

Capítulo 1. Descripción del Territorio

La microcuenca de la quebrada El Arrayán corresponde a un territorio ubicado en una región andina colombiana. Es una fuente hídrica que tiene como fin estratégico abastecer de agua los centros poblados rurales, el área urbana del municipio Monteclaro, además se usa para actividades agropecuarias y usos productivos. (Uniremington, 2026)

Población

La microcuenca abastece de agua a una población de aproximadamente 13.200 habitantes, de los cuales 7.600 viven en la zona urbana y 5.600 en la zona rural. Esto demuestra la importancia que tiene esta fuente hídrica para el municipio, ya que de ella depende el suministro de agua para las viviendas, las actividades agrícolas y otras necesidades de la comunidad. A medida que aumenta la población, también crece la demanda de agua, por lo que es necesario realizar un manejo adecuado del recurso. (Uniremington, 2026)

Usos del suelo

En la microcuenca de la quebrada El Arrayán se presentan diferentes usos del suelo que son importantes para el desarrollo del municipio, pero que también influyen en el estado del recurso hídrico. La mayor parte del territorio está destinada a la agricultura 37 %, donde se cultivan principalmente flores y hortalizas. El 35 % corresponde a bosque natural y vegetación secundaria, que consiste en el ecosistema. Además, el 15 % del área está dedicado a pastos para ganadería, el 8 % corresponde a la zona urbana y de expansión, y el 5 % restante está conformado por áreas de protección hídrica y rondas que actualmente se encuentran en recuperación, lo cual nos indica una de las mayores problemáticas ya que esta área es la encargada de proteger los nacimientos y límites del recurso hídrico. (Uniremington, 2026)

Tabla 1. Ficha técnica.

<i>Aspecto</i>	<i>Descripción</i>
Ubicación	Se encuentra la zona andina de Colombia, principalmente en el municipio de monteclaro y también abarca parte de bosques del este, en el oriente antioqueño.
Finalidad	Es garantizar el suministro de agua para la gente tanto del campo como del casco urbano de monteclaro, además de cubrir lo que se necesita para el agropecuarias y otros negocios.
Características físicas	Tiene un Área: 39 km ² , Longitud del cauce: 13 km, Altitud: 1.700–2.950 msnm, Temperatura media: 17 °C, Precipitación promedio anual: 2.350 mm/año.
Red hídrica	Es la Quebrada el Arrayan, que se nutre de las quebradas la pradera y el Roble, junto con el caño el mirador.
Cobertura	Esta microcuenca surte agua a varios acueductos, tanto del campo como del casco urbano, y beneficia de forma directa a cinco veredas junto con el municipio de monteclaro.
Usos del agua	El agua se usa para abastecer a la población tanto del campo como de la ciudad, además de aprovecharse para el ganado, la agricultura, el turismo y otras actividades productivas.
Actores involucrados	la alcaldía municipal de Monteclaro, la empresa de servicios públicos local, las juntas de acueductos veredales y la asociación de productores, floricultores y hortaliceros de la zona media. También

<i>Aspecto</i>	<i>Descripción</i>
	participan la autoridad ambiental regional, junto con toda la comunidad educativa y los líderes de los barrios.
Problemática de gestión	No contamos con ninguna herramienta actual que permita gestionar de forma integral la calidad, la cantidad y los conflictos por el uso del agua en la microcuenca, para colmo el plan de ordenamiento territorial está totalmente desfasado.
Ordenamiento territorial	El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) esta desactualizado y eso nos frena a la hora de gestionar y planificar bien los recursos hídricos
Importancia ambiental	Esta microcuenca es clave para asegurar el suministro de agua en la región, impulsar la economía y proteger los ecosistemas que dependen de ella.

Actividades económicas

Las principales actividades económicas de la zona son la floricultura, el cultivo de hortalizas, el turismo de naturaleza, la avicultura y el comercio. Estas actividades generan empleo e ingresos para muchas familias, pero al mismo tiempo requieren grandes cantidades de agua, especialmente para el riego de los cultivos. Durante la temporada seca esta situación ocasiona conflictos entre el abastecimiento de agua para la población y las necesidades del sector agrícola. Además, el crecimiento de las actividades económicas y de las zonas urbanas ha incrementado la presión sobre la microcuenca, haciendo cada vez más importante su conservación y el uso responsable del recurso hídrico. (Uniremington, 2026)

Entidades relacionadas con el recurso hídrico

En este territorio participan diferentes entidades y actores que tienen responsabilidades sobre el recurso hídrico, Entre ellos se encuentran:

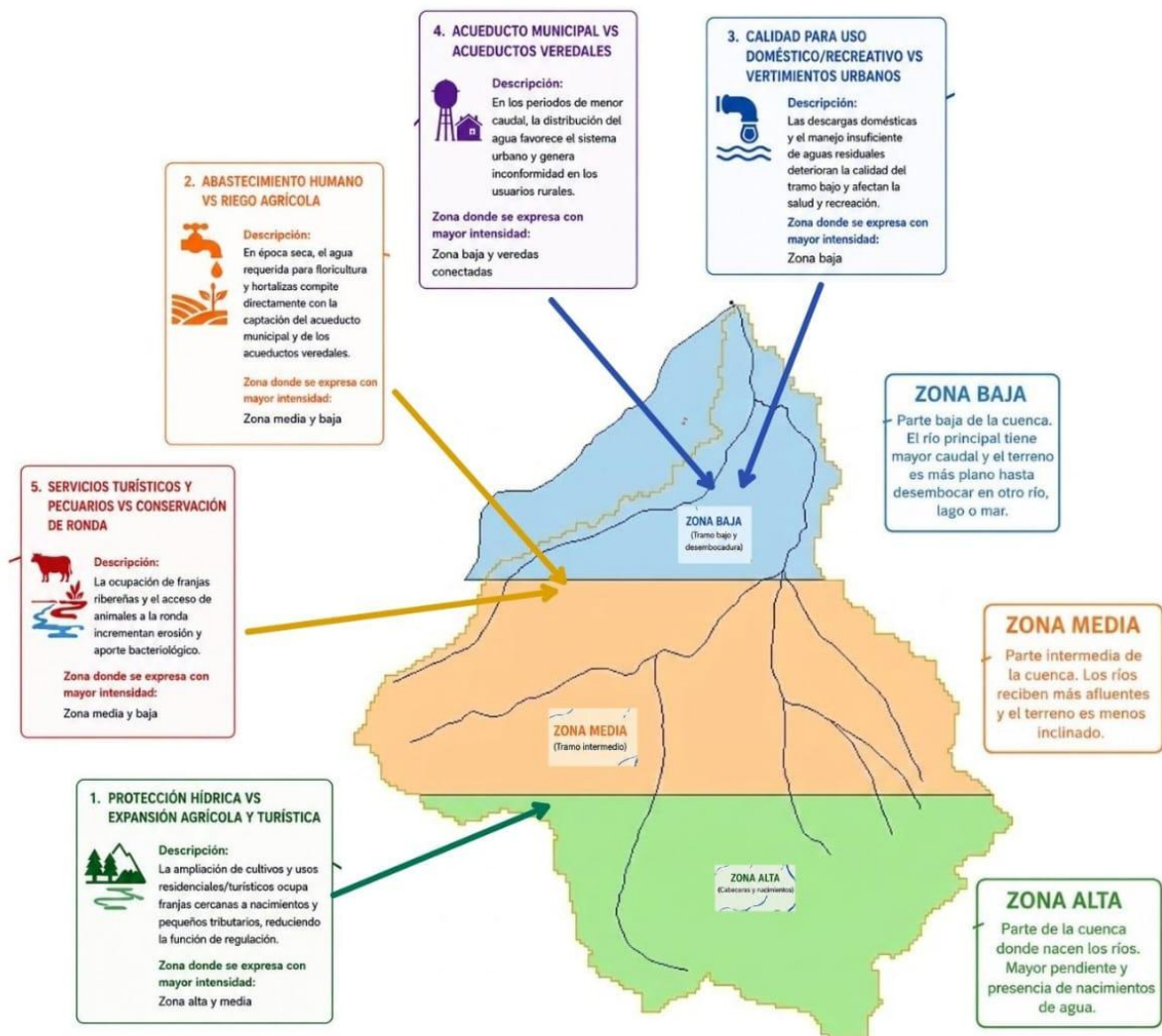
- ✓ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- ✓ Corporación Autónoma Regional.
- ✓ Alcaldía de Monteclaro.
- ✓ Empresa de servicios públicos.
- ✓ Juntas de acueductos veredales.
- ✓ Productores agrícolas.
- ✓ Ganaderos.
- ✓ Habitantes de la zona urbana y rural.
- ✓ Instituciones educativas y líderes comunitarios.

Escala de planificación

Nivel microcuenca o microcuenca: se estudian las condiciones propias de la quebrada El Arrayán, como la oferta de agua, la demanda, la calidad y los conflictos que existen entre los diferentes usuarios.

Nivel municipal: la alcaldía, la empresa de servicios públicos y las juntas de acueductos son las responsables de ejecutar acciones para garantizar el suministro de agua y proteger la microcuenca.

La microcuenca es la unidad más adecuada porque permite analizar todo lo que sucede alrededor de una misma fuente de agua. De esta forma es posible identificar cómo influyen las actividades agrícolas, el crecimiento urbano y las diferentes formas de uso del suelo sobre la cantidad y la calidad del agua. Además, facilita encontrar los problemas y proponer soluciones que beneficien tanto al ambiente como a la comunidad.



DEMANDA DE AGUA ESTIMADA		
Sector	Demanda	Uso
Uso doméstico urbano y rural	0,14 m³/s	
Uso agrícola (riego)	0,27 m³/s	
Uso pecuario	0,04 m³/s	
Pequeña agroindustria y servicios	0,06 m³/s	
Pérdidas en conducción y distribución	0,04 m³/s	
Demanda total estimada	0,55 m³/s	

USO / COBERTURA	
Uso/Cobertura	Porcentaje
Bosque natural y vegetación secundaria	35 %
Pastos y ganadería	15 %
Agricultura transitoria y permanente	37 %
Área urbana y expansión suburbana	8 %
Áreas de protección hídrica y rondas en recuperación	5 %
Total	100 %

AFLUENTES	
	Quebrada Arrayan
	Quebrada La Pradera
	Quebrada El Roble
	Caño El Mirador

ZONAS CRÍTICAS PRELIMINARES	
	Tramo bajo del río principal: impacto por vertimientos urbanos
	Rondas en zona media: erosión y uso pecuario
	Nacimientos y tributarios en zona alta: pérdida de cobertura y expansión agrícola
	Cruces y bocatomas sin manejo adecuado en zonas media y baja

Ilustración 1. Delimitación de la cuenca.

Capítulo 2. Análisis normativo e institucional

Normativa

Todo el manejo de este tema se apoya en la Ley 99 de 1993, la cual creó el Ministerio de Ambiente y fijó las bases para cuidar los recursos naturales. También tenemos el Decreto 1076 de 2015, que recopila toda la reglamentación ambiental del país. Por otro lado, la Resolución 0631 de 2015 pone los límites máximos que se permiten para verter residuos en cuerpos de agua superficial o en el alcantarillado. Finalmente, el Decreto 1640 de 2012 es el que organiza cómo se planifican y manejan las cuencas mediante los POMCA. (Minambiente, s. f.)

Problemática central

La cuenca El Arrayán tiene varios conflictos hídricos, que generan problemáticas en el abastecimiento y protección del ecosistema; la cobertura del suelo es uno de ellos, ya que la demanda hídrica es mayor en el uso agrícola (riego) con $0,27 \text{ m}^3/\text{s}$, uso doméstico urbano y rural con $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que genera una gran contaminación por escorrentía y aguas residuales; otra problemática es el abastecimiento ya que en la época seca, el agua requerida para el acueducto y riego agrícola es muy escasa y esto porque no hay un uso responsable y una planificación definida del recurso; también falta un plan de ordenamiento territorial (POT) ya que esta desactualizado y es importante para orientar el desarrollo físico, económico y ambiental de la cuenca. Las problemáticas se centran en la distribución y usos del agua, ya que no se tiene una buena gestión y orden en las funciones, los servicios agrícolas, turísticos y pecuarios por ejemplo ocupan las franjas de ronda hídrica lo que genera erosión en la cunca, y aparte el uso del recurso se hace sin responsabilidad y conocimiento ambiental, como no hacer uso de alguna herramienta de planificación para resolver los conflictos planteados, esto también indica una problemática.

PNGIRH

La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, de 2010, es la que marca la hoja de ruta para administrar el agua buscando siempre la sostenibilidad, la participación de la gente y una buena planeación. Su objetivo es proteger las cuencas, vigilar cómo está la calidad del agua, coordinar a las entidades involucradas y lograr que el recurso se aproveche mejor. Es la solución integral para los conflictos que se enfrentan en la cuenca El Arrayán, donde se genere una buena planificación con ayuda de herramientas de gestión del recurso hídrico, que logre un equilibrio entre la distribución para uso humano y el cuidado del ecosistema. (Minambiente, 2010)

Herramientas de planificación

El POMCA cumple una función fundamental en la planificación, administración y manejo sostenible de los recursos naturales presentes dentro de una cuenca hidrográfica. En el caso de la quebrada Arrayán, se evidencia una problemática asociada con la falta de un ordenamiento adecuado del uso del suelo, debido a que predominan actividades de uso

doméstico y agrícola desarrolladas sin una adecuada planificación técnica ni medidas de control ambiental suficientes. Esta situación puede generar impactos negativos sobre la cuenca, como la disminución de la calidad del recurso hídrico, procesos de erosión, aumento en la carga de sedimentos, pérdida de cobertura vegetal, alteración de ecosistemas asociados y una mayor vulnerabilidad frente a fenómenos de contaminación y deterioro ambiental. La implementación de un POMCA permitiría establecer lineamientos técnicos para la zonificación y regulación del territorio, identificando áreas de conservación, protección y aprovechamiento sostenible. Asimismo, facilitaría la adopción de estrategias para el manejo adecuado de actividades agrícolas y domésticas, promoviendo buenas prácticas ambientales, la protección de las rondas hídricas, el control de fuentes contaminantes y el uso eficiente del recurso hídrico, garantizando así la sostenibilidad ambiental y el equilibrio entre las necesidades humanas y la conservación del ecosistema. Por otro lado, beneficiaría tener un plan de ordenamiento ya que en temporadas secas aparecen conflictos de riego, abastecimiento y sostenimiento de actividades, entonces podría ser una solución sostenible implementar esta herramienta. (Minambiente, s. f.)

RONDA HIDRICA es fundamental utilizarla ya que el porcentaje de cobertura de suelo de la microcuenca está en un 5%, lo que significa que es la menor parte, y está es muy importante porque cumple la función de proteger los acuíferos y garantizar la cantidad y calidad del agua. (Minambiente, s. f.)

PORH su uso es muy importante ya que la cuenca El Arrayán es utilizada principalmente para el abastecimiento de acueducto urbano y veredales, y también para riego de sembrado, entonces se debe tener un plan hidrológico donde se tenga en cuenta la calidad del agua superficial y sus vertimientos. (Minambiente, s. f.)

PMAA no es necesario ya que la cuenca el arrayan no tiene acuíferos subterráneos. (Minambiente, s. f.)

PMAM se debe emplear esta herramienta ya que el uso hídrico principal son los acueductos rurales y locales, entonces la protección de los nacimientos es de las soluciones principales. (Minambiente, s. f.)

POT y las problemáticas

La relación es directa, porque los principales problemas de la microcuenca están asociados al uso y ocupación del suelo, aspectos que son regulados por el Plan de Ordenamiento Territorial (POT). El crecimiento urbano, la expansión agrícola, la ocupación de las rondas hídricas y los vertimientos aumentan la presión sobre la quebrada y afectan la calidad y disponibilidad del agua. Por ello, el POT debe orientar el desarrollo del municipio protegiendo las zonas de importancia hídrica y definiendo usos del suelo compatibles con la conservación del recurso.

- ✓ Expansión Urbana: controlar el crecimiento y exigir infraestructura de saneamiento.
- ✓ Protección de rondas: delimitar y conservar las franjas de protección.

- ✓ Ocupación del suelo: ordenar las actividades agrícolas y urbanas para evitar impactos.
- ✓ Zonas de protección hídrica: conservar nacimientos, bosques y áreas de recarga.
- ✓ Usos permitidos: conservación, restauración, investigación y ecoturismo.
- ✓ Usos restringidos: agricultura intensiva, ganadería extensiva, urbanizaciones y vertimientos en áreas protegidas.

El POT - Plan de Ordenamiento Territorial es municipal. Para que no choque con la protección del agua, debe ajustarse así:

1. Articularse con la Zonificación del POMCA: Que el POT adopte como suelo de protección las áreas que el POMCA definió como “zonas de importancia hídrica”, rondas hídricas, páramos y nacimientos. Si el POT permite cultivar ahí, el conflicto sigue.
2. Definir usos del suelo rural con restricción: Crear categorías como "Suelo rural de protección hídrica" donde se prohíba o se limite la expansión de monocultivos intensivos en agua cerca de fuentes abastecedoras.
3. Establecer franjas de amortiguación: Exigir en el POT una franja mínima de 30 a 100m sin agricultura a los lados de ríos y quebradas que abastecen acueductos. Ahí solo se permite bosque o agroforestería.
4. Incentivar agricultura sostenible en zonas aptas: El POT puede orientar la expansión agrícola hacia zonas que el POMCA ya identificó como de bajo riesgo hídrico, y exigir prácticas como riego tecnificado, siembra en contorno y conservación de suelos. (Minvivienda, s. f.)

Instrumento más útil para la planificación de la cuenca

El POMCA no mira solo la microcuenca o los cultivos. Analiza toda la cuenca, nacimientos, zonas de recarga, demanda de agua y todos los usuarios al mismo tiempo. Define la oferta real en época seca, con los modelos hidrológicos y el monitoreo, el POMCA calcula cuánta agua sí hay en verano. Eso evita prometer agua que no existe. Zonifica y prioriza usos, Por ley, el uso para consumo humano tiene prioridad. El POMCA deja eso por escrito en la zonificación ambiental: "estas zonas son para acueducto, aquí el riego es restringido en época seca" (Uniremington, 2026). Propone proyectos concretos: Ej: construcción de reservorios comunitarios, modernización de sistemas de riego por goteo, o campañas de uso eficiente. Así no es solo prohibición, es solución. (Minambiente, s. f.)

Nos permite planificar el manejo integral de la cuenca considerando todas las características ambientales, sociales y económicas del territorio. En el caso de nuestra microcuenca el Arrayán, la aplicación del POMCA contribuye a establecer zonas de conservación, restauración y aprovechamientos sostenibles, también regula las actividades agrícolas y domésticas que ejercen presión sobre la fuente hídrica. Este instrumento nos ayuda de manera articulada con otras herramientas a la elaboración de los proyectos orientados al control de vertimientos, la recuperación de las rondas hídricas, la reducción de los procesos erosivos y la implementación de buenas prácticas agrícolas, favoreciendo

la protección del recurso hídrico y la conservación de los ecosistemas asociados. (Minambiente, s. f.)

Tabla 2. Matriz de articulación entre las herramientas de planificación y las problemáticas

<i>Problema de identificación</i>	<i>Instrumento aplicable</i>	<i>Entidad responsable</i>	<i>Alcance del instrumento</i>	<i>Limitaciones o vacíos</i>
Expansión urbana sobre la microcuenca	POT	Alcaldía municipal	Regula el crecimiento urbano y define los usos del suelo	POT desactualizado
Ocupación de rondas hídricas	POT y POMCA	Autoridad ambiental y Alcaldía	Protege rondas hídricas y nacimientos	Control y seguimiento insuficientes
Vertimientos de aguas residuales	PORH	Autoridad ambiental y empresa de servicios públicos	Controla vertimientos y mejora la calidad del agua	Cobertura limitada de tratamientos
Conflicto entre abastecimiento humano y riesgo	POMCA	Autoridad ambiental	Prioriza el consumo humano y regula concesiones	Alta demanda en época seca
Expansión agrícola	POT	Alcaldía municipal	Ordena los usos del suelo y protege áreas sensibles	Escasa articulación institucional

En conclusión, con las herramientas de planificación y el plan de ordenamiento territorial, podemos gestionar soluciones sostenibles, evaluando las problemáticas e implementando los instrumentos necesarios como por ejemplo el POMCA que tiene una visión integral de lo que es necesario ordenar y remediar, así mismo cada una de las herramientas brinda lo necesario para planificar de manera legal y concreta, por esta razón es muy importante analizar y estructurar de forma correcta los instrumentos que nos ayudaran a entregar buenos resultados. (Minambiente, s. f.)

Capítulo 3. Diagnóstico técnico del recurso hídrico

Índice de calidad del agua (ICA)

El índice de calidad del agua es una herramienta clave para evaluar el estado del agua, en función de su nivel de contaminación. Su cálculo permite determinar si el agua es apta para el consumo humano, industrial o ecológico, facilitando la toma de decisiones en sectores que dependen de este recurso. El ICA se determina mediante monitoreo de diversos parámetros físicos, químicos, y biológicos que indican el grado de contaminación, estos indicadores varían dependiendo de la fuente de agua, pero las variables de estudio son, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), coliformes fecales (CF), porcentaje de saturación de oxígeno (OD), conductividad eléctrica (CE), nitrógeno y fósforo (N/F), sólidos disueltos totales (SDT), y pH. Cada parámetro tiene un peso relativo en la fórmula de cálculo del ICA, expresado como W_i . Este cálculo es fundamental ya que permite evaluar la calidad del agua en distintos entornos y determinar su idoneidad para consumo humano, agrícola e industrial, también su monitoreo constante ayuda a prevenir problemas de salud pública, proteger ecosistemas acuáticos y garantizar que las industrias cumplan con normativas ambientales. (GC tratamiento, 2025)

Cálculos del ICA

- Tramo 1: ICA = 0,90
- Tramo 2: ICA = 0,75
- Tramo 3: ICA = 0,49

Categoría de calidad del agua

Tramo 1: Muy buena.

Tramo 2: Buena.

Tramo 3: Regular.

Tabla3. Cálculos ICA (propia, 2026)

Variables	Tramo1	Tramo2	Tramo3
OD %	93	79	55
SST mg/L	10	33	61
DQO mg/L	7	21	45
CE μ S/cm	80	195	410
NT/PT mg/L	15	11,71	8,10
pH	7,1	7,4	7,8

OD	0,93	0,79	0,55
SST	0,99	0,921	0,837
DQO	0,91	0,71	0,26
CE	0,8	0,3	0

W(ponderado)	ICA T1	ICA T2	ICA T3
0,17	0,16	0,17	0,09
0,17	0,17	0,16	0,14
0,17	0,15	0,12	0,04
0,17	0,14	0,05	0,00

NT/PT	0,8	0,6	0,35	0,17	0,14	0,10	0,06
pH	1	1	1	0,15	0,15	0,15	0,15
					0,90	0,75	0,49

Análisis de los resultados

El Tramo 3 presenta la mayor afectación (ICA = 0,49). Las variables que más contribuyen son la alta conductividad eléctrica (410 $\mu\text{S}/\text{cm}$), el incremento de la DQO (45 mg/L), la disminución del oxígeno disuelto (55 %), el aumento de los sólidos suspendidos (61 mg/L) y la presencia de nutrientes (NT/PT). Esto quiere decir que hay actividades antrópicas y naturales que están generando una alta cantidad de estas variables, como las descargas de aguas residuales domésticas, actividades agrícolas con fertilizantes y plaguicidas, ganadería cercana al cauce, deforestación, erosión del suelo y vertimientos de actividades productivas, ya que el tramo tres está ubicado en la parte baja de la cuenca, la cual se encuentra después del centro poblado, la zona agrícola y los vertimientos residuales, pero es un resultado importante ya que nos indica el área con mayor afectación y cuáles son sus razones, y así también brindar la solución y prevención dentro de la planeación y gestión hídrica, entonces con medidas de mejoramiento podrían mejorar las variables la DQO, los SST, el oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica. Con estas acciones el Tramo 3 podría pasar de una calidad regular a una calidad buena. (Uniremington, 2026)

Análisis hidrobiológico

En el tramo 1 de la cuenca, zona alta donde se encuentra los nacimientos y la conservación, indica una buena calidad de agua, ya que se encuentra una buena diversidad de seres vivos acuáticos (Diversidad de Shannon), con predominio de taxones sensibles a la contaminación, y riqueza de perifiton, los cuales generan una biopelícula de protección en el agua, así que la presencia en cantidad de este significa un cuerpo de agua sano, por otro lado el BMWP nos señala con resultado de 138, que hay variabilidad en familias y la confirmación de que el recurso está en buen estado. En el tramo 2 se comienza a evidenciar desmejoramiento en la calidad del agua, porque principian las actividades agrícolas, las cuales generan escorrentías y altas cantidades de elementos como nitrógeno y fósforo, y esto genera pérdidas de perifiton y diversidad, predominando las diatomeas y clorofitas, indicando la problemática de contaminación y una alerta para el consumo; en el tramo 3 se vuelve aún más concentrada la contaminación, porque aparte de las escorrentías agrícolas, se suma las aguas residuales que se generan por la población y actividades industriales, disminuyendo la vida y diversidad en el cuerpo de agua, así dando alerta del estado del agua, tanto para consumo como para salud del ecosistema. (Uniremington, 2026)

Análisis coliformes totales

Los resultados de coliformes evidencian un incremento progresivo de la contaminación microbiológica desde la parte alta hacia la parte baja de la cuenca, lo que indica una mayor influencia de vertimientos domésticos, actividades agropecuarias y escorrentía superficial a medida que el cauce avanza. En la parte alta, se registró una concentración de 720 NMP/100 mL, lo que representa una contaminación microbiológica relativamente baja en

comparación con los demás tramos. Este sector podría considerarse apto para recreación con contacto primario, ya que el valor se encuentra dentro del rango generalmente aceptado para este uso. Asimismo, el agua podría destinarse al abastecimiento como agua cruda requiriendo únicamente un proceso de desinfección, siempre que los demás parámetros fisicoquímicos también cumplan con los criterios de calidad establecidos. En la parte media, la concentración aumentó a 4.300 NMP/100 mL, indicando un deterioro importante de la calidad microbiológica del agua. Este tramo no sería apto para actividades recreativas con contacto primario, debido al mayor riesgo de exposición a microorganismos patógenos. Para su utilización como fuente de abastecimiento sería necesario implementar un tratamiento convencional completo, que incluya procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, con el fin de garantizar la seguridad sanitaria del agua. En la parte baja, se obtuvo la mayor concentración de coliformes, con 16.500 NMP/100 mL, lo que evidencia una alta contaminación de origen fecal y un riesgo significativo para la salud pública. Este tramo no es apto para recreación con contacto primario y el agua no debería emplearse como fuente de abastecimiento mediante tratamientos convencionales simples. Su aprovechamiento requeriría tratamientos de potabilización más avanzados y un estricto control sanitario, e incluso podrían establecerse restricciones para su uso como fuente de abastecimiento hasta reducir las fuentes de contaminación presentes en la cuenca. (Uniremington, 2026)

Análisis de demanda hídrica por sectores

La demanda total estimada es de $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$, en la cual, el mayor uso es agrícola (riego) $0,27 \text{ m}^3/\text{s}$ lo que genera una problemática de abastecimiento y contaminación porque no se tiene un control de cantidad a utilizar, dándole uso al 50% del recurso hídrico, el cual podría distribuirse mejor en las aplicaciones y suministro de otras actividades de una manera equilibrada; el segundo uso es el doméstico urbano y rural con $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$ el cual se cree que sería el uso más importante o el cual lleva mayor demanda, pero por el contrario, es un conflicto de aprovisionamiento ya que por ejemplo, se puede deducir que una gran parte de la zona rural se encuentra sin agua y además también el recurso se ve comprometido por la contaminación por actividades agrícolas y turísticas que generan erosión en la parte media y alta de la cuenca; por otro lado se debe tener presente la pérdida en conducción y distribución que también genera una problemática, donde se genera las pérdidas por la distribución en la tuberías, y aunque es en menos cantidad ($0,4 \text{ m}^3/\text{s}$), con el tiempo se vuelve significativo, más aún en la época seca donde la demanda es menor que la oferta, para ello se debe trabajar en la gestión del uso del recurso hídrico, de manera en la que sea equivalente en los usos, dándole prioridad al abastecimiento humano, pero con planeación y prevención. (Uniremington, 2026)

Actores involucrados

- ✓ Actores estatales: Alcaldía de Monteclaro, Empresa de Servicios Públicos y Autoridad Ambiental Regional.
- ✓ Actores productivos: Asociación de floricultores y hortaliceros, ganaderos y prestadores de servicios turísticos.

- ✓ Actores comunitarios: Juntas de acueductos veredales, comunidad educativa, líderes barriales y habitantes urbanos y rurales.

Los habitantes rurales y las juntas de acueductos veredales son los actores más vulnerables porque durante la época seca reciben menor disponibilidad de agua cuando el recurso se prioriza para el abastecimiento urbano y las actividades productivas. También dependen directamente de la calidad del agua, la cual se deteriora especialmente en la zona baja por los vertimientos domésticos y otras actividades económicas. Y hablando de economía, los productores agrícolas (floricultores y hortaliceros) poseen mayor poder económico debido a que representan una actividad productiva importante para el municipio y demandan grandes volúmenes de agua para riego. Además, el acueducto municipal cuenta con respaldo institucional para garantizar el suministro urbano. (Uniremington, 2026)

Tabla4. Relación actores e incidencia en los tramos. (Uniremington, 2026)

<i>Actor</i>	<i>Tramo alto</i>	<i>Tramo medio</i>	<i>Tramo bajo</i>
Alcaldía de Monteclaro	Protege áreas de conservación y ordenamiento.	Regula uso del suelo.	Gestiona saneamiento y abastecimiento.
Empresa de servicios públicos	Protege fuentes.	Controla captaciones.	Distribuye agua y trata el recurso.
Juntas de acueductos	Administran agua rural.	Gestionan abastecimiento.	Apoyan distribución en sequía.
Floricultores y hortaliceros	Baja incidencia.	Alta demanda de agua y agroquímicos.	Contaminación indirecta.
Ganaderos	Baja incidencia.	Erosión y contaminación.	Aporte de materia orgánica.
Autoridad ambiental	Protege nacimientos.	Controla concesiones.	Vigila calidad del agua.
Comunidad educativa	Educación ambiental.	Campañas de conservación.	Sensibilización ciudadana.
Habitantes	Conservación.	Consumo y agricultura.	Generación de aguas residuales.

Incidencia de los actores en la solución de conflictos por el agua

La solución de los conflictos requiere una gestión articulada entre todos los actores. La autoridad ambiental debe liderar el control de vertimientos, concesiones y protección de rondas hídricas; la Alcaldía debe actualizar el POT y fortalecer el saneamiento; la empresa de servicios públicos debe mejorar el tratamiento de aguas residuales y garantizar una distribución equitativa del agua. Los productores agrícolas y ganaderos deben implementar prácticas sostenibles, reducir el uso de agroquímicos y optimizar el riego. Las juntas de

acueductos, la comunidad educativa y los habitantes deben promover el uso eficiente del agua y participar en procesos de conservación. El trabajo conjunto permitirá disminuir los conflictos, mejorar la calidad del agua y garantizar un abastecimiento sostenible. (Uniremington, 2026)

Tabla5. Análisis de oferta y demanda. (Uniremington, 2026)

Escenario: Año Medio		Escenario: Año Seco	
Oferta: $0,78 \text{ m}^3/\text{s}$ disponibilidad positiva con presión creciente.		Oferta: $0,42 \text{ m}^3/\text{s}$ déficit hídrico simplificado de $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$	
Demanda: $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$ disponibilidad positiva con presión creciente		Demanda: $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$ constante	
IUA: 70,5% muy alto		IRH= 0,71 moderado	
IRH= 0,71 moderado		IUA: 131,0% critico	
IVH resultante= Riesgo alto		IVH resultante= Riesgo muy alto	
Descripción Escenario: Año Medio		Descripción Escenario: Año Seco	
Oferta	La oferta hídrica es de $0,78 \text{ m}^3/\text{s}$, suficiente para cubrir la demanda actual; sin embargo, ya existe una presión creciente sobre el recurso que puede comprometer su disponibilidad en el futuro.	Oferta	La oferta hídrica disminuye a $0,42 \text{ m}^3/\text{s}$, generando un déficit hídrico de $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$, insuficiente para satisfacer la demanda existente.
Demanda	La demanda es de $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$, valor que puede ser atendido por la oferta disponible, aunque el aumento de las actividades agrícolas y domésticas incrementa la presión sobre la cuenca	Demanda	La demanda permanece en $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$, superando la oferta disponible y ocasionando conflictos por el uso del agua durante la temporada seca.
IUA	El Índice de Uso del Agua (70,5 %) indica una presión muy alta sobre el recurso hídrico, lo que evidencia un uso intensivo del agua disponible.	IUA	El Índice de Uso del Agua (131,0 %) se clasifica como crítico, indicando que la demanda excede ampliamente la disponibilidad del recurso.
IRH	El Índice de Retención Hídrica (0,71) corresponde a un riesgo moderado, lo que refleja una capacidad intermedia de la cuenca para regular el agua	IRH	El Índice de Retención Hídrica (0,71) continúa siendo moderado, aunque su capacidad de regulación resulta insuficiente frente al déficit de agua en época seca.

IVH	El Índice de Vulnerabilidad Hídrica clasifica el escenario con un riesgo alto, debido a la elevada presión sobre el recurso y a la necesidad de implementar medidas de manejo y conservación.	IVH	El Índice de Vulnerabilidad Hídrica presenta un riesgo muy alto, debido al déficit hídrico y a la alta presión generada por los diferentes usos del agua, especialmente el abastecimiento y la actividad agrícola.
Análisis general			
Por lo general, hay agua de sobra para cubrir lo que se necesita en la cuenca durante todo el año. Sin embargo, cuando aparece la temporada seca, el agua baja y ya no alcanza para todos, la verdad es que la mayor parte se gasta en el campo, en las casas y en los pueblos de la zona. Esto quiere decir que, en condiciones normales, la cuenca tiene suficiente agua, pero también revela que depende muchísimo de que llueva para mantenerse estable, si las lluvias disminuyen, la disponibilidad de agua cae enseguida, mientras que lo que necesitan las personas y el campo sigue siendo lo mismo. Por otra parte, los datos nos dicen que ya estamos consumiendo demasiada agua, incluso en años normales, básicamente ya usamos casi todo lo que hay, ya no queda mucho margen de maniobra si llega una sequía o si el consumo aumenta más, si no mejoramos la manera en que usamos el agua y empezamos a proteger mejor la fuente, la cosa se va ir complicando con los años. Estar en categoría alta y crítica significa que el recurso escasea: eso quiere decir que corremos un riesgo grande de quedarnos sin agua, sobre todo cuando no llueve, y eso nos va a afectar tanto a la gente como al medio ambiente.			

En conclusión, el análisis muestra que, en un año medio, la oferta hídrica es suficiente para cubrir la demanda, aunque el Índice de Uso del Agua (IUA) evidencia una presión muy alta sobre el recurso. En un año seco, la disminución de la oferta genera un déficit hídrico, elevando el IUA a un nivel crítico y la vulnerabilidad de la microcuenca a un riesgo muy alto. Estos resultados indican la necesidad de fortalecer la gestión del recurso hídrico mediante el uso eficiente del agua, la protección de las fuentes hídricas y la implementación de medidas de conservación que garanticen su disponibilidad y sostenibilidad frente a períodos de sequía. (Uniremington, 2026)

Capítulo 4. Conflictos y propuesta de planificación, gestión de recurso hídrico.

La formulación de las propuestas de planificación para la microcuenca El Arrayán se fundamentó en un diagnóstico integral de las problemáticas ambientales, sociales e institucionales que afectan su gestión. En esta etapa se identificaron conflictos asociados a la disponibilidad y abastecimiento del recurso hídrico, la degradación de la calidad del agua ocasionada por vertimientos de origen doméstico y actividades agropecuarias, la insuficiente protección de las áreas estratégicas para la conservación del recurso y las limitaciones en los procesos de gobernanza y articulación institucional. Con el propósito de comprender la dinámica e interacción de estas problemáticas, se aplicó la metodología del árbol de conflictos como herramienta de análisis sistémico. Este enfoque permitió estructurar y agrupar los conflictos de acuerdo con su relación causal, identificando el conflicto central, las causas directas e indirectas que lo originan y los efectos ambientales, sociales y económicos derivados de su persistencia. El análisis evidenció que las problemáticas presentes en la microcuenca constituyen un sistema altamente interdependiente, en el cual un mismo factor puede actuar simultáneamente como causa y consecuencia de otros conflictos, generando procesos de retroalimentación que incrementan la presión sobre el recurso hídrico y los ecosistemas asociados. Los resultados obtenidos permitieron establecer una base técnica para la formulación de estrategias de planificación orientadas al manejo integral de la microcuenca. En consecuencia, las propuestas de intervención fueron diseñadas con un enfoque preventivo y correctivo, priorizando acciones dirigidas a atender las causas estructurales de los conflictos identificados, fortalecer la gobernanza del recurso hídrico, mejorar la calidad ambiental y promover un modelo de gestión sostenible que garantice la conservación de los ecosistemas y la disponibilidad del recurso para las generaciones presentes y futuras.

Conflictos



Ilustración 2. Árbol de conflictos.

El árbol de problemas de la microcuenca El Arrayán evidencia que el deterioro de la disponibilidad y la calidad del recurso hídrico es consecuencia de múltiples factores interrelacionados, principalmente la alta demanda de agua, los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento adecuado, la ocupación de las rondas hídricas y la débil articulación institucional para la gestión del territorio. Estas causas generan efectos

ambientales, sociales y económicos, entre ellos el desabastecimiento de agua en épocas secas, conflictos entre los usuarios del recurso hídrico, la disminución de la calidad del agua para el consumo y otros usos, así como la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas. En este contexto, se hace necesario implementar una gestión integral de la microcuenca mediante el fortalecimiento de los instrumentos de planificación y ordenamiento, el control de los vertimientos, la protección y restauración de las rondas hídricas, el uso eficiente del recurso y una mayor coordinación entre las instituciones y la comunidad. Estas acciones permitirán recuperar las condiciones ecológicas de la quebrada El Arrayán, garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico y asegurar su disponibilidad para las generaciones presentes y futuras. (Uniremington, 2026)

Propuestas de planificación

A partir del diagnóstico integral y del análisis de los conflictos identificados en la microcuenca El Arrayán, se formularon una serie de proyectos orientados a abordar las principales problemáticas que afectan la sostenibilidad del territorio. Las propuestas se estructuran en tres líneas estratégicas de intervención: control y reducción de la contaminación del recurso hídrico, recuperación y fortalecimiento de las áreas de protección hídrica, y mejoramiento del abastecimiento y la gestión del recurso hídrico. Cada proyecto se presenta con un enfoque integral, considerando sus objetivos, las acciones propuestas, los actores involucrados y los beneficios esperados, con el fin de contribuir a la recuperación de la funcionalidad ecosistémica de la microcuenca y promover una gestión sostenible del recurso hídrico en concordancia con los principios de la planificación ambiental y el manejo integrado de cuencas. (Uniremington, 2026)

Contaminación

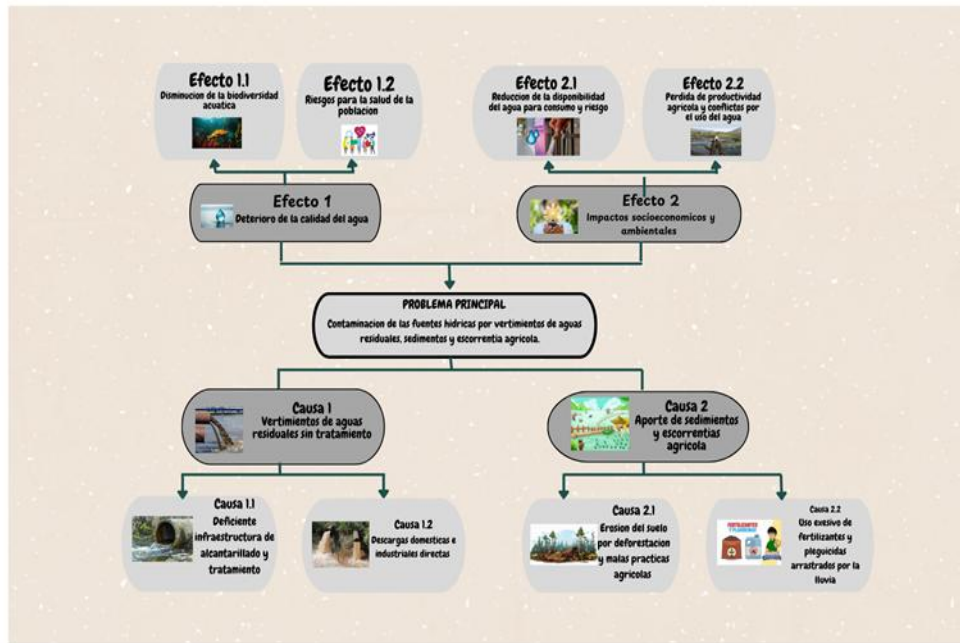


Ilustración 3. Conflicto por contaminación. (propia, 2026)

Proyecto planificado

Programa integral para la recuperación de la calidad del agua, mediante el control de vertimientos, tratamientos de aguas residuales, manejo de sedimentos y agricultura sostenible.

Objetivo general

Disminuir los niveles de contaminación en el recurso hídrico, realizando tratamientos de aguas residuales, e implementar propuestas de mejoramiento en el sector agrícola para disminuir las escorrentías y erosión del suelo contaminado.

Objetivos específicos.

- ✓ Bajar la cantidad de aguas residuales vertidas.
- ✓ Evitar que lleguen sedimentos y desechos, para que no haya vertimiento de agua contaminada hacia los cauces.
- ✓ Recuperar y cuidar las zonas de ronda y las áreas protegidas alrededor del agua, las cuales son muy importantes para evitar mayor contaminación.
- ✓ Incluir una buena educación ambiental a la comunidad para promover el cuidado del ecosistema.

Actividades principales

- ✓ Armar y mejorar sistemas para tratar las aguas residuales, como implementar tratamientos PTAR y PTAP, las cuales son muy eficientes en problemáticas de contaminación hídrica.
- ✓ Para la recuperación de las rondas hídricas, realizar una práctica con la comunidad, donde se siembren árboles y plantas en las zonas afectadas, así promoviendo el cuidado del agua y a su paso restructurando la protección del agua.
- ✓ Hacer barreras vivas, terrazas y otros trabajos para cuidar el suelo.
- ✓ Adoptar buenas prácticas agrícolas, en el cual se prioricen el uso de fertilizantes biológicos y abonos orgánicos.
- ✓ Realizar monitoreos constantes de la calidad del agua, en cuanto las actividades empiecen a ser eficientes en la problemática.
- ✓ Hacer jornadas con la comunidad para limpiar y recuperar quebradas.
- ✓ Implementar herramientas como el POMCA, y PMAM en donde la gobernanza también tenga participación a cerca de la problemática, y estas herramientas nos permiten una buena planificación para los conflictos de cuidado hídrico.

El apoyo normativo para este proyecto se basa en, resolución 0631 de 2015 que limita los vertimientos de aguas residuales, y el decreto 1640 de 2012 que permite un uso correcto del instrumento POMCA. (Minambiente, s. f.)

El actor involucrado es, las empresas de servicios públicos, que cumplen con proteger el recurso hídrico y llevar un buen manejo de las aguas residuales, además de que deben implementar tecnologías y educación a la comunidad que mitigue la contaminación. (Minambiente, 2010)

Indicador

Mejoramiento en la calidad del agua.

Resultados esperados

El fortalecimiento de la gestión integral de la microcuenca permitirá mejorar la calidad del recurso hídrico mediante la reducción del aporte de sedimentos y contaminantes a las fuentes de agua. Asimismo, contribuirá a la recuperación de los ecosistemas acuáticos, favoreciendo la restauración de la biodiversidad y el equilibrio ecológico. Estas acciones disminuirán los riesgos para la salud pública asociados al consumo y contacto con agua contaminada, incrementarán la disponibilidad del recurso para el abastecimiento humano y las actividades agropecuarias, y promoverán un uso más eficiente y sostenible del agua mediante la implementación de buenas prácticas agrícolas y una adecuada gestión de los vertimientos. De igual manera, el fortalecimiento de la participación comunitaria y la educación ambiental incentivará el compromiso de los habitantes con la protección y conservación del recurso hídrico, garantizando su sostenibilidad a largo plazo.

Plazo

Largo plazo, 9 a 12 años.

Podemos notar que la contaminación por las aguas residuales, sedimentos y escorrentía agrícolas que van deteriorando significativamente la calidad del recurso y afecta el equilibrio de los ecosistemas. Encontramos la usencia de sistemas adecuados de alcantarillado y tratamiento, así como son las descargas directas, contribuyen una de las principales fuentes de contaminación hídrica. Las malas prácticas agrícolas, la erosión del suelo y el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas incrementan de manera significativa el aporte de contaminantes a las fuentes hídricas. Podemos observar que estos impactos incluyen pérdida de la biodiversidad, riesgos para la salud, disminución de la disponibilidad del agua como fuente principal de consumo y riego para los cultivos u otras actividades, agregando el conflicto por la escasez del recurso. Para nosotros la recuperación de la calidad del agua requiere acciones integrales como tratamiento de aguas residuales, conservación de rondas hídricas, agricultura sostenible, educación ambiental y monitoreo continuo. (Uniremington, 2026)

Perdida de protección hídrica

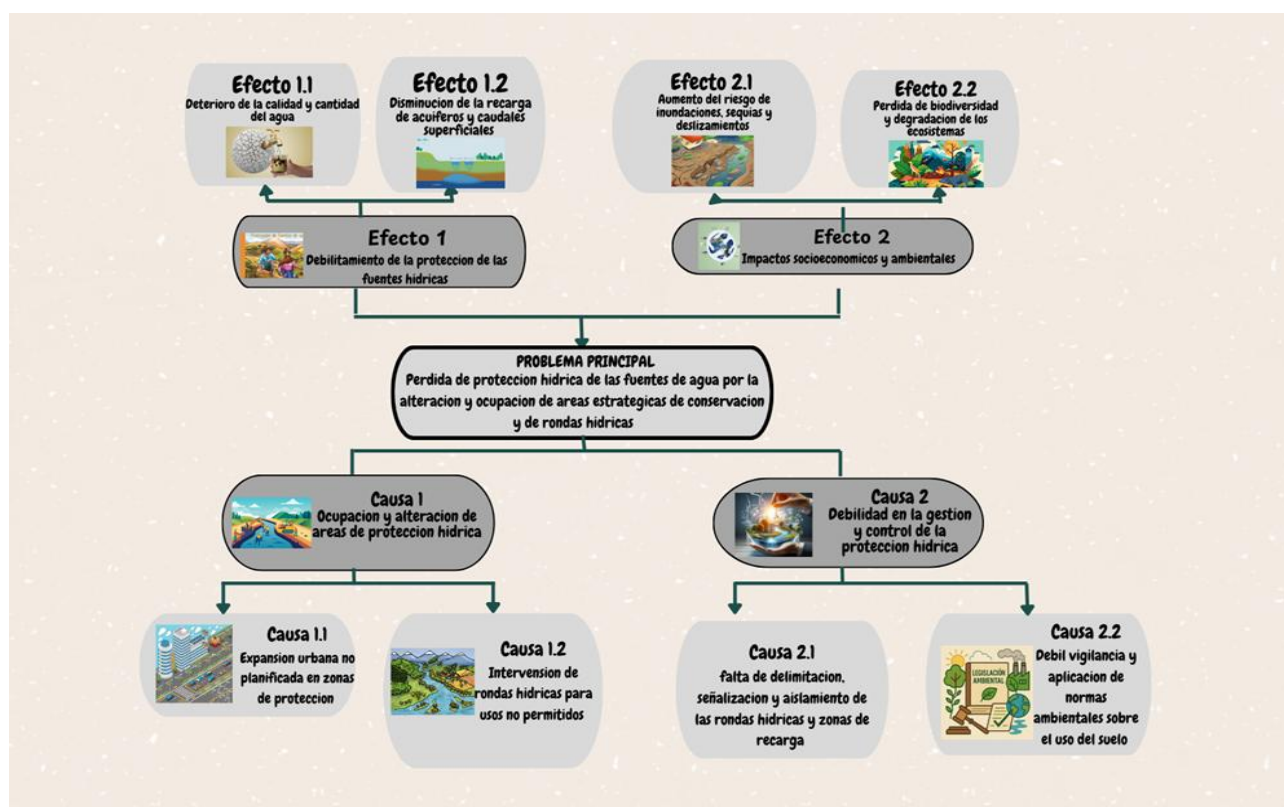


Ilustración 4. Conflicto de zona de protección hídrica.

Proyecto planificado

Programa integral para la recuperación y conservación de la protección hídrica.

Objetivo general

El propósito es conservar, restaurar y fortalecer las zonas de protección hídrica de la microcuenca, con el fin de garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico y mantener las funciones ecológicas de los ecosistemas asociados. Esta estrategia busca mejorar la capacidad de regulación hidrológica de la cuenca, favorecer la recarga de acuíferos, controlar los procesos de erosión y sedimentación, proteger la calidad del agua y reducir la vulnerabilidad frente a los impactos ambientales derivados de las actividades antrópicas, contribuyendo así a una gestión integral y sostenible del territorio.

Objetivos específicos

- ✓ Delimitar y proteger las rondas hídricas y zonas de recarga hídrica.
- ✓ Restaurar ecológicamente las áreas de protección degradadas.
- ✓ Fortalecer el control y la vigilancia del uso de las áreas protegidas.
- ✓ Implementar el monitoreo y seguimiento del cumplimiento de la normativa ambiental.
- ✓ Promover la educación ambiental y la participación comunitaria en la conservación del recurso hídrico.

Actividades principales

- ✓ Delimitar, señalizar y aislar las zonas de protección hídrica y recarga.
- ✓ Restaurar la cobertura vegetal mediante la siembra de especies nativas.
- ✓ Implementar cercas vivas y barreras vegetales para la protección de las fuentes hídricas.
- ✓ Ejecutar jornadas periódicas de limpieza y mantenimiento de cuerpos de agua.
- ✓ Desarrollar programas de educación y sensibilización ambiental para la comunidad.
- ✓ Implementar un programa de monitoreo y seguimiento de las áreas protegidas.
- ✓ Fortalecer las acciones de control y vigilancia por parte de la autoridad ambiental y el municipio.
- ✓ Implementar las herramientas, POT y Rondas hídricas, que cumplen con la función de planificar y gestionar el uso de los suelos para la protección del recurso hídrico.

El apoyo normativo para este proyecto se basa en, la ley 99 de 1993 que son las bases para cuidar el recurso hídrico, y la ley 388 de 1997 que define que es el POT y sus indicaciones. (Minambiente, s. f.)

El actor involucrado es, la autoridad ambiental que rige la zona, ya que es la encargada de proteger tanto el recurso hídrico como el ecosistema a su alrededor, cumpliendo con la prevención y mitigación de deforestación y erosiones. (Minambiente, 2010)

Indicador

Hectáreas restauradas.

Resultados esperados

La implementación de las acciones propuestas permitirá la recuperación y conservación de las fuentes hídricas, mejorando la calidad y disponibilidad del recurso. Asimismo, favorecerá la recarga de acuíferos y la regulación de los caudales, reduciendo la vulnerabilidad frente a inundaciones, sequías y procesos erosivos. Estas medidas contribuirán a la protección de la biodiversidad y los ecosistemas de la microcuenca, al control de la ocupación indebida de las rondas hídricas, al fortalecimiento del cumplimiento de la normativa ambiental y a la promoción de un uso sostenible del suelo en las áreas de importancia ambiental.

Plazo

Corto plazo, 0 a 4 años.

La pérdida de protección hídrica constituye una de las principales amenazas para la sostenibilidad de los recursos naturales, debido a que la ocupación de áreas estratégicas de conservación y la intervención de las rondas hídricas disminuyen la capacidad de los ecosistemas para regular el ciclo del agua. Esta situación favorece el deterioro de la calidad y cantidad del recurso hídrico, reduce la recarga de acuíferos y aumenta la vulnerabilidad frente a inundaciones, sequías y deslizamientos. Además, la degradación de las zonas de protección ocasiona la pérdida de biodiversidad y compromete los servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar de la población y el desarrollo económico.

En este contexto, resulta indispensable fortalecer la planificación territorial, garantizar la delimitación y protección efectiva de las rondas hídricas, promover procesos de restauración ecológica y asegurar el cumplimiento de la normatividad ambiental. La participación de las comunidades, junto con el monitoreo permanente y la educación ambiental, son elementos fundamentales para recuperar las áreas degradadas y conservar las fuentes hídricas. En consecuencia, la protección hídrica debe asumirse como una prioridad dentro de la gestión integral del recurso hídrico, ya que de ella depende la seguridad hídrica, la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible de los territorios. (Uniremington, 2026)

Alta demanda

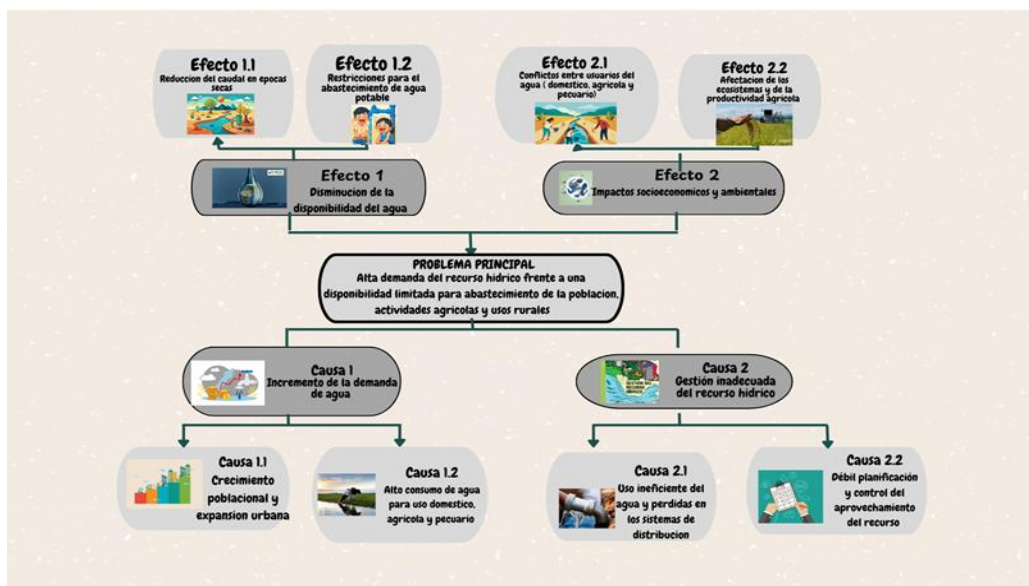


Ilustración 5. Conflicto de alta demanda.

Proyecto Planificado

Gestión integral para garantizar el uso eficiente y sostenible del recurso hídrico.

Objetivo general

Garantizar el uso eficiente y sostenible del recurso hídrico mediante la gestión de la demanda, la optimización del abastecimiento y la protección de las fuentes hídricas.

Objetivos específicos

- ✓ Reducir la demanda hídrica mediante el uso eficiente del agua.
- ✓ Optimizar la infraestructura de abastecimiento y distribución del recurso hídrico.
- ✓ Proteger las fuentes hídricas, rondas hídricas y áreas de recarga.
- ✓ Promover el uso eficiente del agua mediante programas de educación ambiental.
- ✓ Fortalecer la gestión institucional del recurso hídrico.

Actividades principales

- ✓ Reducir las pérdidas de agua mediante la rehabilitación de las redes de distribución.
- ✓ Implementar programas de uso eficiente y ahorro del agua.
- ✓ Proteger y restaurar las zonas de recarga hídrica mediante reforestación.
- ✓ Desarrollar infraestructura para el almacenamiento y regulación del recurso hídrico.

- ✓ Fortalecer la educación ambiental dirigida a la comunidad y al sector productivo.
- ✓ Implementar un programa de monitoreo de la oferta y demanda hídrica.
- ✓ Implementar las herramientas de PORH, y POMCA, que cumplen con planificar y gestionar un uso adecuado del recurso para solucionar el conflicto por abastecimiento.

El apoyo normativo para este proyecto se basa en, la ley 99 de 1993 que son las bases para cuidar el recurso hídrico. (Minambiente, s. f.)

El actor involucrado es, la junta de acueductos, ya que son los encargados en abastecer equitativamente el recurso hídrico, dando una solución sostenible a la oferta y demanda, más que todo en época seca. (Minambiente, 2010)

Indicador

Mejoramiento en el abastecimiento de la red hídrica.

Resultados esperados

La implementación de las estrategias de gestión del recurso hídrico permitirá incrementar la disponibilidad de agua para los diferentes usos, reducir los conflictos asociados a su aprovechamiento y mejorar la cobertura y continuidad del servicio de abastecimiento. Asimismo, fortalecerá la conservación y recuperación de las fuentes hídricas, promoverá el uso eficiente y sostenible del recurso y aumentará la resiliencia de la microcuenca frente a períodos de sequía y variabilidad climática.

Plazo

Mediano plazo, 5 a 8 años.

La alta demanda del recurso hídrico representa uno de los principales desafíos para la gestión ambiental, ya que el incremento por parte de la población, la agricultura y las actividades pecuarias supera, en muchos casos, la capacidad natural de abastecimiento de las fuentes de agua. Esta problemática no solo reduce la disponibilidad del recurso para el consumo y riego, sino que también está generando conflictos con otros usuarios, disminuye la productividad para todas las actividades que se identifican y afectando directamente con el equilibrio de los ecosistemas. Por ello, es indispensable implementar una gestión integral del recurso hídrico que combine medidas de ahorro y uso eficiente del agua, protección de las microcuencas, mantenimiento y modernización de los sistemas de abastecimiento, así como programas permanentes de educación ambiental y monitoreo. Estas acciones no solo permitirán garantizar la disponibilidad de agua para las generaciones presentes y futuras, sino que también fortalecerán la resiliencia de los territorios frente a fenómenos como las sequías y el cambio climático. En consecuencia, la sostenibilidad del recurso hídrico depende de un compromiso conjunto entre las autoridades, los sectores productivos y la comunidad, quienes deben asumir la conservación y el uso responsable del agua como un elemento esencial para el desarrollo social, económico y ambiental del territorio. (Uniremington, 2026)

Conclusiones

El diagnóstico integral que se realizó para la microcuenca el Arrayán nos permitió identificar las principales problemáticas ambientales asociadas a la contaminación de las fuentes hídricas, la alta demanda del recurso hídrico y la pérdida de las áreas de protección hídrica, las cuales afectan de manera directa la calidad, disponibilidad y sostenibilidad del agua. Estas situaciones son consecuencias de factores como los vertimientos de aguas residuales sin tratamientos, la expansión urbana y agrícola, la ocupación de las rondas hídricas, la deforestación, el uso inadecuado del suelo y una gestión insuficiente del recurso hídrico. Como resultado, se genera impactos ambientales, sociales y económicos que comprenden la biodiversidad, el abastecimiento de agua para la población, la productividad agropecuaria y el de comunidades. (Uniremington, 2026)

El análisis de los instrumentos de planificación, como el POMCA, el POT, el PORH y los programas eficientes del recurso hídrico, evidencio que Colombia cuenta con un marco normativo adecuado para las microcuencas; sin embargo, persisten limitaciones relacionadas con la falta de articulaciones institucionales, el seguimiento insuficiente, la escasez de recursos y el bajo cumplimiento de la normatividad ambiental. Esto demuestra que la articulación de instrumentos por si solo no es suficiente y no garantiza la conservación de los recursos hídricos, si no que requiere una implementación efectiva y coordina entre las autoridades ambientales, los gobiernos locales y la comunidad. (Minambiente, s. f.)

A parte, las herramientas de planificación, nos ayudan tanto a identificar la problemáticas presentes como también a plantear soluciones sostenibles, como en el caso de calidad y cantidad de recurso hídrico, para esto se realizaron análisis profundos de los tres tramos, estudios de variables física-químicas que alertaron el deterioro del agua al pasar de zonas, como también la evaluación hidrobiológica que apunta a la biodiversidad de seres vivos acuáticos, además con base a la oferta y demanda se evidencio el conflicto central por abastecimiento y usos del recurso, así proponiendo gestiones que ayuden a mitigar y prevenir escasez en el futuro de la cuenca El Arrayán.

Los proyectos formulados en el trabajo constituyen alternativas viables para recuperar y conservar la microcuenca el Arrayán mediante acciones dirigidas a la contaminación, el uso eficiente del recurso, le restauración de las áreas de protección hídrica y el fortalecimiento de la educación ambiental. Su implementación en el corto, mediano y largo plazo contribuirá a mejorar la calidad y disponibilidad del recurso hídrico, proteger los ecosistemas estratégicos y garantizar un desarrollo sostenible para el territorio. La conservación de esta microcuenca el Arrayán se debe asumir con responsabilidad compartida entre las instituciones y la sociedad, reconociendo que el agua es una fuente vital para vida, también indispensable para el desarrollo ambiental, social y económico de las generaciones presentes y futuras. (Minvivienda, s. f.)

Referencias

- GC tratamiento. (2025). *ICA*. Buenos aires: <https://gctratamiento.mx/indice-calidad-agua/>.
- Gobierno de colombia. (s. f.). *Dos enfoques del ordenamiento territorial en colombia*. Bogotá: <https://www.colombiaot.gov.co/acerca-de/>.
- Minambiente. (2010). *Política nacional para la gestion integral del recurso hídrico*. Bogotá: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica-nacional-Gestion-integral-de-recurso-Hidrico-web.pdf>.
- Minambiente. (2018). *Guia nacional de modelación del recurso hídrico*. Bogotá: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/15.-Anexo-15-Guia-Nacional-de-Modelacion-del-Recurso-Hidrico.pdf>.
- Minambiente. (s. f.). *Gobernanza*. Bogotá: <https://hac2-api.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico>.
- Minambiente. (s. f.). *Instrumentos de Planificación para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en Colombia*. Bogotá: <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/instrumentos-de-planificacion/>.
- Minambiente. (s. f.). *Normativa del recurso hídrico*. Bogotá: <https://hac2-api.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico>.
- Minambiente. (s. f.). *Planificación de cuencas hidrográficas*. Bogotá: <https://hac2-api.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico>.
- Minvivienda. (s. f.). *Plan de ordenamiento territorial*. Bogotá: <https://minvivienda.gov.co/viceministerio-de-vivienda/espacio-urbano-y-territorial/plan-ordenamiento-territorial/pot>.
- SINIA. (2021). *Institucionalidad e instrumentos para la gestión ambiental*. <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/01/C2-instrumentos-para-la-gestion-ambiental-rema-2021.pdf>.
- Uniremington. (2026). *Caso de estudio, microcuenca El Arrayán*. Medellín.
- United Nations. (s. f.). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Nivel Mundial: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>.