Caracterización de Macroinvertebrados Acuáticos, Calidad Físico Química y Microbiológica de la Quebrada el Almorzadero en el Municipio de Mocoa-Putumayo

Autores

Cilena Alejandra Ferrer Mora y Dayan David Jiménez Leiton

Institución Universitaria del Putumayo- UniPutumayo

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Tecnología en Saneamiento Ambiental

Juan Fernando Revelo Enríquez; Asesor

Mocoa, Putumayo

Abril, 2026

Dedicatorias

Dedicamos este logro tan importante para nuestras familias, por su apoyo incondicional y por ser el motor de cada paso y logro que vamos logrando en nuestro camino. A nuestro compañero y colega de estudio Edward Delgado, por su compañía y animo en algunos momentos desafiantes cuando se llevaba a cabo esta investigación y en especial a nuestro asesor de tesis el Ing. Juan Fernando Revelo por hacer de esta experiencia un aprendizaje invaluable.

Agradecimientos

Agradecemos de manera muy especial al Ing. Juan Fernando Revelo, asesor de esta Tesis, por su invaluable orientación, apoyo constante y conocimientos brindados durante todo este proceso de investigación. Su dedicación y compromiso fueron muy fundamentales para el desarrollo y culminación de esta Tesis.

De igual forma, expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a la Asociación de Acueducto Comunitario Alto Afán, por su colaboración, disposición y apoyo logístico durante la realización de muestreos en la quebrada El Almorzadero. Su trabajo en protección del recurso hídrico y la comunidad es un ejemplo de gestión y compromiso ambiental.

También extendemos nuestro agradecimiento a la Institución Universitaria del Putumayo, a los docentes de programa de Tecnología en saneamiento ambiental, y a todas las demás las personas que de una u otra manera contribuyeron a la realización de esta investigación.

Resumen

La quebrada el Almorzadero en Mocoa-Putumayo, abastece a aproximadamente 500 familias de la Asociación de Acueducto Comunitario Alto Afán (ACOOA) sin tratamiento convencional, lo que motivo a evaluar su calidad mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y biológico mediante macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Se realizó un muestreo en 3 zonas (alta, media y baja) los análisis de laboratorio permitieron aplicar los índices BMWP/Col, EPT y ICA IDEAM. Se colectaron 1355 distribuidos en 13 familias, 6 géneros y 20 especies con predominio de la familia Baetidae con (706 individuos) y genero *Baetodes* sp con (453 individuos), indicadores de aguas bien oxigenadas. El índice BMWP/Col fue de 104 clasificando el agua como (Calidad buena a muy buena) y el EPT alcanzo 86.05% confirmando aguas limpias. Los análisis fisicoquímicos reportaron Oxígeno Disuelto 8.68 mg/L, pH 8.0, Conductividad Eléctrica 73.5 µ/cm, SST <10 mg/L, DBO5 <2.0 mg O2/L y DQO <20 mg O2/L, evidenciando baja carga orgánica biodegradable, escaza mineralización y buena calidad fisicoquímica general, el ICA fue de 0.92 clasificando el recurso hídrico como bueno. Aunque los parámetros fisicoquímicos y biológicos reflejan una buena calidad del agua, existe una contaminación microbiológica parcial que podría presentar una amenaza para la salud esto subraya la necesidad de implementar un sistema de tratamiento convencional y medidas de protección. La presente investigación establece una línea base técnica para la gestión y protección del recurso, respaldando la solicitud de concesión de aguas ante Corpoamazonia y orientando estrategias de conservación, restauración ecología de rondas hídricas y educación ambiental.

Palabras clave: Bioindicadores, Calidad del agua, ICA, Macroinvertebrados acuáticos, Piedemonte amazónico, Quebrada El Almorzadero

Abstract

The Almorzadero stream in Mocoa-Putumayo supplies approximately 500 families of the Alto Afan Comunity Aqueduct Association (ACOOA) without conventional treatment, which motivated the Evaluation of is quality Through physicochemical, bioindicators. Sampling was conducted in three zones (upper, middle and lower) the laboratory analyses enabled the application of the BMWP/Col, EPT, and ICA-IDEAM índices. A total of 1.355 individuals distributed across 13 families, 6 genera, and 20 species were collected, with predominance of the family Baetidae (706 individuals) and the genus *Baetodes* sp. (453 individuals), Indicators of well-oxygenated Waters. The EPT reached 86.05 %, confiming clean Waters. Physicochemical analyses reported disolved oxygen at 8.68 mg/L, pH 8.0, electrical conductivity 73.5 µS/cm, TSS <10 mg/L, BOD5 <2.0 mg O2/L, and COD <20 mg O2/L, evidencing a low biodegradable organic load, scare mineralization, and Good overall physicochemical quality, the ICA was 0.92, classifying the resource as good. Although the pysicochemical and biological parameters reflect good water quality, partial microbiological contamination exists that could pose a health threat this underscores the need to implement a conventional treatment system and protection measures. The present research establishes a technical baseline for resource management and protection, supporting the water concession application to environmental authority and guiding conservation strategies, ecological restoration of riparian buffers, and environmental education.

Keywords: Bioindicators, Water quality, ICA, Aquatic macroinvertebrates, Amazonian foothill, Almorzadero stream.

Tabla de Contenido

Resumen 1

Abstract 2

Introducción 7

Planteamiento del Problema 9

Descripción del problema 9

Formulación del Problema 10

Justificación 11

Objetivos 13

Objetivo general 13

Objetivos específicos 13

Marco de Referencia 14

Antecedentes 14

Marco teórico 16

Marco conceptual 18

Marco contextual 23

Marco legal 25

Metodología 27

Enfoque y tipo de metodología 27

Diseño de la investigación 27

Fase 1. Descripción del área de estudio *27*

Fase 2. Trabajo en campo. *29*

Fase 3. Clasificación taxonómica *31*

Resultados 37

Parámetros hidrobiológicos y bioindicación 37

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua 46

Alternativas de manejo y conservación de la microcuenca El almorzadero 53

Discusión 57

Conclusiones 61

Recomendaciones 63

Referencias 64

Anexos 71

Lista de Figuras

Figura 1 *Mapa base Mocoa* 23

Figura 2 *Mapa de la microcuenca y el área de estudio en la quebrada el Almorzadero*..... 28

Figura 3 *Abundancia de macroinvertebrados acuáticos por familias más representativas en la quebrada el Almorzadero* 38

Figura 4 *Clasificación de macroinvertebrados por abundancia y género de la Zona Alta* 39

Figura 5 *Clasificación de macroinvertebrados por abundancia y género de la Zona Media.*..... 40

Figura 6 *Clasificación de macroinvertebrados por abundancia y género de la Zona Baja* 41

Figura 7 *Abundancia de ordenes EPT y composición porcentual por cada Orden (Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera)*..... 45

Figura 8 *DBO5, DQO y OD* 47

Figura 9 *Conductividad* 48

Figura 10 *Solidos Disueltos Totales (SDT) y Solidos Suspendidos Totales* 49

Figura 11 *pH* 50

Figura 12 *Turbiedad*..... 51

Figura 13 *Escherichia Coli y Coliformes Totales*..... 52

Figura 14 *Resultados de laboratorio de análisis fisicoquímicos del agua cruda de la quebrada* 77

Figura 15 *Resultados de laboratorio de análisis microbiológicos del agua cruda de la quebrada* 79

Lista de Tablas

Tabla 1 *Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.* ..19

Tabla 2 *Marco legal vigente*.....25

Tabla 3 *Variables involucradas en la estimación del cálculo de indicador, con sus unidades de medida y el peso relativo*.....32

Tabla 4 *Materiales de fase de campo*.....36

Tabla 5 *Clasificación taxonómica de macroinvertebrados acuáticos*.....37

Tabla 6 *Clasificación de macroinvertebrados por abundancia y género de la Zona Baja.*.....42

Tabla 7 *Calidad biológica del agua – Índice BMWP/Col*.....43

Tabla 8 *Parámetros designados para determinar la calidad del agua mediante el índice EPT* 44

Tabla 9 *Clasificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA*.....53

Tabla 10 *Identificación taxonómica de macroinvertebrados acuáticos por: Orden, Familia, Genero y Abundancia.*.....78

Introducción

El agua constituye un recurso natural esencial para la vida, el bienestar humano y el mantenimiento de los ecosistemas; por esta razón, su calidad se considera un indicador fundamental del estado ambiental de un territorio y de la sostenibilidad para las actividades humanas que dependen de ella (La Importancia de la Calidad del Agua En Colombia – LMB, 2024). En Colombia, pese a la amplia disponibilidad de recursos hídricos, numerosos cuerpos de agua han presentado un deterioro progresivo como consecuencia de presiones antrópicas tales como la deforestación. La expansión de la frontera agrícola, la ganadería, el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento adecuado y los cambios del uso del suelo, lo cual compromete su funcionalidad ecológica y su aptitud para el consumo humano Arquiola et al. (2017),

En el municipio de Mocoa-Putumayo, la quebrada El Almorzadero representa una fuente hídrica estratégica para las comunidades de la vereda Alto Afán, ya que abastece un acueducto comunitario utilizado para actividades domésticas y productivas. No obstante, este afluente ha estado expuesto a múltiples presiones ambientales, asociadas tanto a actividades humanas desarrolladas en el área de influencia como a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos, los cuales han generado alteraciones en su dinámica hidrológica y en la estabilidad de los hábitats acuáticos (Corpoamazonia, 2023). Estas situaciones incrementan la vulnerabilidad del ecosistema y generan riesgos para la biodiversidad acuática y la salud de la población que depende directamente de este recurso hídrico.

La evaluación de la calidad del agua requiere un enfoque integral que permita comprender adecuadamente el estado actual de los sistemas acuáticos. Los análisis físico-químicos posibilitan caracterizar las condiciones instantáneas del agua, mientras que los parámetros microbiológicos permiten identificar los riesgos sanitarios asociados a la

contaminación fecal y al consumo humano, de acuerdo con los lineamientos técnicos normativos vigentes en el país (Resolución 2115/2007; MinVivienda, s. f.). Sin embargo, estos análisis por si solos no siempre reflejan los efectos acumulativos de las alteraciones ambientales a lo largo del tiempo.

En este sentido, los macroinvertebrados acuáticos se reconocen como bioindicadores confiables de la calidad del agua, debido a su sensibilidad diferencial frente a las perturbaciones ambientales, su ciclo de vida relativamente largo y su limitada movilidad, características que les permiten reflejar de manera integrada las condiciones ecológicas del ecosistema acuático (Roldán-Pérez, 2016). Ahora, la combinación de indicadores físico-químicos, microbiológicos y biológicos ofrece una visión más precisa y completa del estado actual en el que se encuentran los cuerpos de agua, fortaleciendo los procesos de diagnóstico ambiental y gestión del recurso hídrico (Redirecting, s. f).

El presente documento tiene como objetivo evaluar la calidad físico-química y microbiológica de la quebrada El Almorzadero y analizar su relación con la diversidad de macroinvertebrados acuáticos, mediante un enfoque cuantitativo descriptivo. Los resultados de esta investigación aportarán información técnica y científica relevante para el diagnóstico ambiental del afluente, el fortalecimiento de la gestión local del recurso hídrico y la formulación de estrategias orientadas a la conservación y el uso sostenible de este ecosistema acuático.

Planteamiento del Problema

Descripción del problema

Colombia posee una vasta riqueza hídrica, albergando algunos ríos más importantes de Sudamérica, como el Amazonas y Orinoco (MADS, 2022). Sin embargo, esta abundancia contrasta con altos niveles de contaminación que aumentan exponencialmente debido a la falta de cultura ciudadana y al desarrollo de prácticas insostenibles. Diariamente, los cuerpos de agua reciben descargas contaminantes por múltiples causas como minería ilegal, vertimientos industriales in tratamiento, aguas residuales domésticas y uso intensivo de pesticidas y fertilizantes en la agricultura. Esta situación contribuye un desafío significativo para las instituciones encargadas de la gestión y protección de los recursos hídricos. De hecho, a pesar de contar con grandes reservas de agua, varias regiones del país enfrentan escasez de agua potables, problemática agravada por la explotación excesiva de actividades agrícolas y minería. Dado a que el agua es un recurso fundamental para el equilibrio del ecosistema, su calidad se convierte en un indicador clave del estado ambiental de una región.

En el departamento del Putumayo, específicamente en el municipio de Mocoa, se encuentra ubicada la quebrada El Almorzadero, una fuente hídrica de gran importancia particular mente para la Asociación de Acueducto Comunitario Alto Afán (ACOOA), que abastece a aproximadamente 500 familias de las veredas Alto Afán, Nueva Esperanza, 15 de mayo, Alto Porvenir y Bajo Porvenir. Adicionalmente, a pesar que en junio del 2025 una creciente súbita destruyo la bocatoma del acueducto, interrumpiendo el suministro de agua y alterando la hidrología y la estabilidad de los hábitats acuáticos (Bedolla et al., 2016). A nivel regional, las fuentes abastecedoras de la cuenca del rio Mocoa han presentado alteraciones fisicoquímicas.

Por ejemplo, tributarios como el rio Mulato ha mostrado altos índices de turbiedad y valores de pH más ácidos, asociados a vertimientos y presiones antrópicas (Agudelo et al., 2023).

Aunque estos eventos no comprometen directamente la quebrada El Almorzadero, evidencian un patrón regional constante relacionado con la conectividad hidrológica y los usos del suelo, el documento técnico del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del rio Mocoa identifica múltiples problemáticas de la calidad de agua y necesidades de ordenamiento y protección en la subcuenca (Corpoamazonia, 2023). Ante este panorama, el monitoreo integral de la calidad del agua se convierte en una herramienta fundamental en el cual se debe considerar parámetros fisicoquímicos como pH, Oxígeno Disuelto, Conductividad. Turbiedad y Nutrientes (Roldán-Pérez, 2016; Gutiérrez et al., 2023; Rincón et al., 2021). Al abordar esta situación requiere por lo tanto de un sistema de monitoreo integrado que incluya bioindicación, análisis fisicoquímicos y microbiológicos que considere el antes y después de eventos de crecientes, con estaciones de muestreo distribuidas al largo del gradiente (alta, media y baja) bajo los lineamientos nacionales del (IDEAM) y sanitarios vigentes, articulado al POMCA del río Mocoa.

Formulación del Problema

A partir de lo anterior, se formula la siguiente pregunta que orienta la investigación: ¿Cómo varía la diversidad de macroinvertebrados acuáticos, la calidad físico-química y microbiológica de la quebrada El Almorzadero en el municipio de Mocoa, Putumayo?

Justificación

El estudio de la calidad del agua de la Quebrada el Almorzadero responde a la necesidad de generar conocimiento científico necesario para evaluar el estado actual ecológico y sanitario de una fuente estratégica de abastecimiento rural del municipio de Mocoa-Putumayo. Desde el punto de vista ambiental, la quebrada el Almorzadero e su ecosistema lotico de alta sensibilidad, ubicado en el piedemonte amazónico, una región reconocida por su elevada biodiversidad y fragilidad hídrica (Corpoamazonia, 2006-2019). Sin embargo, las coberturas vegetales ripiaras ha sido progresivamente sustituidas por sistemas productivos como cultivos de maíz (*Zea mays*), café (*Coffea arabica*) y pasturas para ganadería extensiva. Estos cambios han impulsado procesos de deforestación, perdida de conectividad ecológica y alteración del hábitat acuático. A ello se suman fenómenos de remoción en masa y deslizamientos activos en laderas adyacentes que incrementan el arrastre de sedimentos y contaminantes hacia el cauce y la degradación de la calidad del agua y del ecosistema acuático- POMCAS (Corpoamazonia, 2022).

La caracterización integrada de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos utilizados como bioindicadores confiables de calidad ecológica nos permitirá establecer una línea base robusta del estado actual en el que se encuentra la quebrada. Desde la dimensión social y sanitaria la quebrada el Almorzadero abastece directamente sin tratamiento convencional, a aproximadamente 500 familias en las veredas Nueva Esperanza, 15 de mayo, Alto Afán, Alto Porvenir y Bajo Porvenir. Frente a esta situación genera una vulnerabilidad hídrica significativa, que compromete el ejerció efectivo del derecho humano ala agua potable y al saneamiento básico, exponiendo a la población a riesgos sanitarios continuos por posibles contaminaciones microbiológicas y químicas.

A pesar de su relevancia ecológica y social, no se identifican estudios sistemáticos previos que integran de manera integral variables biológicas, fisicoquímicas y microbiológicas en esta microcuenca. Este vacío de conocimiento documental el diagnostico, la planificación y la toma de decisiones por parte de actores comunitarios e institucionales. La falta de infraestructura de potabilización agrava los riegos, los cuales no han sido suficientemente documentados con rigor científico.

La presente investigación responde directamente a una demanda social de las comunidades organizadas en la Asociación de Acueducto Comunitario Alto Afán (ACOOA), que requiere de información precisa para gestionar mejorar en el sistema de abastecimiento y fortalecer su interlocución con entidades públicas. Desde el ámbito institucional y administrativo, los resultados constituirán un insumo técnico esencia para que ACOOA adelante el trámite de concesión de agua superficiales ante la autoridad competente, Corpoamazonia. Dicho permiso exige, entre otros requisitos, la caracterización hidrobiológica, fisicoquímico y microbiológica de la fuente, así como la evaluación de su oferta hídrica en relación con la demanda actual y proyectada (Corpoamazonia, 2014).

Adicionalmente, los hallazgos podrán apoyar la formulación de un plan de manejo ambiental del acueducto, la delimitación de rondas hídricas y la implantación de estrategias de restauración ecológica participativa en la microcuenca.

Metodológicamente, la investigación es viable al emplear técnicas estandarizadas y validad para muestreo de macroinvertebrados acuáticos como; método BMWP/Col y índice EPT, análisis físico-químico y pruebas microbiológicas, herramientas que garantizan resultados confiables con recursos técnicos y accesibles en el contexto regional.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la calidad del agua a partir de la caracterización de Macroinvertebrados acuáticos (MIA) parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la quebrada el Almorzadero en el municipio de Mocoa-Putumayo

Objetivos específicos

Analizar la calidad del agua de la quebrada el Almorzadero mediante el índice BMWP/Col, EPT.

Determinar la calidad del agua de la quebrada El Almorzadero mediante la medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Proponer alternativas de manejo y conservación para la quebrada.

Marco de Referencia

Antecedentes

La evaluación de la calidad del agua en ecosistemas loticos ha sido un tema de amplio interés en la investigación ambiental, debido a la creciente degradación de los recursos hídricos y sus implicaciones sobre la biodiversidad acuática y la salud humana. En Colombia, numerosos estudios han evidenciado que las actividades antrópicas, tales como la agricultura, la deforestación y los vertimientos de aguas residuales, generan alteraciones significativas en los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y biológicos de ríos y quebradas, afectando su funcionalidad ecológica y su aptitud para consumo humano (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -, 2025b).

Uno de los enfoques más consolidados para la evaluación de la calidad del agua en el país es el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, debido a su sensibilidad diferencial frente a las perturbaciones ambientales y a su capacidad para reflejar los efectos acumulativos de la contaminación. Roldán-Pérez (2016b) adopto el índice BMWP al contexto colombiano (BMWP/Col), demostrando su eficiencia para identificar gradientes de degradación ambiental en cuerpos de aguas superficiales. Posteriormente, Roldán-Pérez (2016b) reafirmo la importancia de este enfoque al evidenciar que la estructura y la composición de las comunidades de macroinvertebrados permiten evaluar de manera integrada la calidad ecológica de los ecosistemas acuáticos, incluso cuando mediciones físico-químicas no muestran variaciones significativas en el momento determinado.

Diversos estudios regionales han aplicado un enfoque integral con resultados consistentes. Enrique (2023b) en un estudio realizado en el rio Otún en Risaralda, en el cual

identificaron una disminución de la diversidad de macroinvertebrados acuáticos asociada al aumento de la demanda bioquímica de oxígeno, la conductividad y la turbidez, atribuyendo estas alteraciones a presiones antrópicas derivadas dl crecimiento urbano y actividades productivas. De manera similar, Álvarez et al. (2023) evaluaron la quebrada La Víbora, en el departamento de Caldas, encontrando que el uso intensivo de agroquímicos y el pastoreo generaron incrementos en los sólidos suspendidos y alteraciones del pH, lo cual se reflejó en la reducción de organismos sensibles pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.

Otros antecedentes resaltan la relevancia del componente microbiológico en cuerpos de agua utilizados para el abastecimiento humano. (Hernández et al. (2021), al evaluar la calidad de la quebrada Jui, afluente del rio Sinú, reportaron concentraciones elevadas de Coliformes fecales y Escherichia coli en estaciones influenciadas por actividades agrícolas, especialmente durante la temporada de lluvias, lo que represento un riesgo sanitario para las comunidades que disponen de este recurso hídrico.

En el suroccidente colombiano, Gutiérrez Garaviz (2010) evaluó la calidad físico-química y biológica de la quebrada El Cofre, en el departamento del cauca, evidenciando que los tramos con menor intervención antrópica presentaron mejores condiciones ambientales y una mayor diversidad de macroinvertebrados acuáticos. Mientras tanto los sectores intervenidos por actividades humanas mostraron una gran afectación en los parámetros físico-químicos y una disminución significativa de la diversidad biológica, lo que confirmo la estrecha relación que existe en el uso del suelo y la calidad del agua.

En el contexto de la Amazonia, Agudelo et al., (2023) analizaron la calidad físico-química del rio Mulato en el municipio de Mocoa-Putumayo, encontrando fluctuaciones en parámetros como DBO_5, la conductividad y la turbidez, asociadas a prácticas agrícolas, ganadera

y a la disposición inadecuada de residuos sólidos. Estos resultados evidenciaron la vulnerabilidad de los cuerpos de agua de la región frente a las presiones antrópicas y a la necesidad de fortalecer los procesos de monitoreo ambiental. De igual manera, en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del rio Mocoa se reconoce problemáticas relacionadas con la calidad del agua en varias de sus subcuencas, asociadas al uso del suelo, la deforestación y los eventos hidrometeorológicos (Corpoamazonia, 2023).

Marco teórico

Calidad del agua es un indicador clave para conocer el estado de salud de los ecosistemas acuáticos y del bienestar de las comunidades humanas que depende de este recurso natural. En años recientes, numerosos estudios en Colombia han demostrado como las actividades humanas, como la agricultura, la ganadería, los vertidos de agua y la deforestación, impactan directamente las propiedades físico-químicas y biológicas del agua. Una de las metodologías más utilizadas para evaluar el estado de los cuerpos de agua es la combinación de análisis físicos-químicos con la caracterización de los macroinvertebrados acuáticos, organismos que actúan como bioindicadores debido a su sensibilidad a los cambios en las condiciones de un entorno.

El índice BMWP/Col, es una herramienta eficaz para diagnosticar el grado de contaminación de ríos, quebradas, lagos etc. Diversos trabajos realizados en Colombia han aplicado esta metodología en diferentes regiones del país, por ejemplo, el estudio realizado en el rio Otún (Risaralda) por Enrique (2023b) quienes investigaron sobre la disminución en la calidad del agua, evidenciada por niveles elevados de DBO5, conductividad y turbiedad, así como una reducción en la diversidad de macroinvertebrados acuáticos por dichas actividades antrópicas del ser humano.

De manera similar otro estudio realizado en la quebrada la Víbora (Caldas), realizado por Álvarez et al. (2023) quienes identificaron impactos significativos provocados por el pastoreo y el uso de agroquímicos, los cuales reflejaron en un aumento considerable de solidos suspendidos y una alteración del pH. Esto derivo en una menor presencia de macroinvertebrados de diferentes órdenes que son utilizados como indicadores para detectar si hay calidad del agua en los afluentes.

También se revisó el estudio realizado por Gutiérrez Garaviz (2010) en la quebrada el cofre (Cauca) quien aplico un enfoque integral para evaluar la capacidad de autodepuración del ecosistema, demostrando que los sectores con menor intervención humana presentaban mejores condiciones físico-químicas y mayor diversidad biológica a diferencia de sectores en los cuales si había presencia de actividad humana dando como resultado unas malas condiciones físico-químicas y biológicas del agua.

Otro de los estudios fue el realizado por Hernández et al. (2021) quienes evaluaron la calidad del agua de la quebrada Jui, afluente del rio Sinú, encontrando que las estaciones localizadas en zonas de actividad agrícola intensa presentaban una calidad de agua media, atribuida por el aumento de Coliformes fecales y turbidez, especialmente durante las temporadas de lluvia.

El contexto de la Amazonio Colombiana, un estudio realizado en el rio mulato, en Mocoa Putumayo, demostró que las prácticas agrícolas, la ganadería y la disposición inadecuada de residuos sólidos generaban una presión considerable sobre este recurso hídrico. En particular se observaron fluctuaciones en los parámetros como la DBO5 y la conductividad eléctrica, lo que

reflejo grandes impactos negativos de la intervención antrópica en la cuenca según (Agudelo et al.,2023).

Es importante tener en cuenta algunos estudios realizados en entornos urbanos que han revelado impactos relevantes, como el de la quebrada padre de Jesús ubicada en los cerros oriental de Bogotá, en la cual se observó una disminución del oxígeno disuelto y un incremento en nutrientes como el fosfato, en razón a la relación con la tala indiscriminada y la canalización del cauce, se evidencio un gran impacto negativo de la urbanización y la perdida de la cobertura vegetal sobra la calidad del agua (Patiño y Osorio, 2011).

En la quebrada Malpaso, en Antioquia, se encontró que las aguas presentaban una calidad fuertemente contaminada, según los índices-bióticos empleados, esto atribuyo a la presencia de aguas residuales domésticas y a la falta de tratamientos adecuado antes de su vertimiento al cuerpo de agua (Acevedo y Durando,2021). Estos estudios e investigaciones realizados a lo largo de la geografía colombiana donde resaltan la importancia del porque cuidar y proteger este recurso hídrico.

Marco conceptual

Ecosistema acuático

Los macroinvertebrados acuáticos comprenden cuerpos de agua que varían en tamaño, composición y característica físico-químico. En ellos se relacionan factores como la temperatura, la salinidad, el contenido orgánico y los ciclos naturales que determinan su estructura y funcionamiento ecológico. En estos entornos son fundamentales para el mantenimiento de la biodiversidad, ya que proporciona hábitats para numerosas especies y garantizan procesos

ecológicos esenciales, como la regulación del ciclo hidrológico y purificación naturales del agua (Oficina internacional del agua, s.f.).

La biodiversidad acuática, entendida como la variedad de organismos que habitan en los ecosistemas del agua dulce y salada, constituyen un indicador clave para el estado de salud ambiental. La presencia y abundancia de diferentes especies reflejan la estabilidad del ecosistema y su capacidad de autorregulación. No obstante, esta biodiversidad es vulnerable a alteraciones físicas-químicas y biológicas derivadas de las actividades humanas (Oficina internacional del agua, s.f.).

Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad del agua

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos visibles a simple vista, generalmente mayores a 500 micrómetros que habitan ríos, quebradas y lagunas. Incluyen grupos como gusanos, sanguijuelas, crustáceos e insectos acuáticos pertenecientes a orden como Ephemeroptera, Plecoptera, Odonata, Hemiptera, Coleóptera, Trichoptera y Díptera (Ldara, 2021).

Tabla 1

Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.

Familia	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidride, Lampyride, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophelebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	9

Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolicopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae	2
Tubificidae	1

Fuente: Roldán, 2016.

Formula de índice de abundancia de EPT

$$\boldsymbol{EPT} = \left(\frac{\textbf{Total de individuos de EPT}}{\textbf{Total de individuos de la muestra}}\right) * \textbf{100}$$

Parámetros físicos-químicos del agua

Los parámetros físicos-químicos constituyen indicadores esenciales para evaluar la calidad de agua, ya que reflejan su composición, su estado natural y su aptitud para distintos usos entre los más relevantes se encuentra el PH, los sólidos suspendidos totales (SST), turbidez (UNI), oxígeno disuelto (OD) y la alcalinidad (Institutodelaguaes, 2024).

PH es una medida que determina el grado de acidez o alcalinidad del agua, representa el (potencial de hidrogeno) y su valor influye directamente en la disponibilidad de nutrientes y en la supervivencia de organismos acuáticos (Ondarse, 2025). Los sólidos suspendidos totales (SST) indican la cantidad de partículas suspendidas en el agua que pueden ser retenidas en un filtro. Altas concentraciones de SST reducen la penetración de la luz y afectan los procesos fotosintéticos en los ecosistemas (Industriapedia, s.f.). la turbidez (NTU) se refiere a la transparencia del agua causada por partículas en suspensión, como sedimentos, materia orgánica o microorganismos. Este parámetro puede aumentar debido a la erosión, actividades agrícolas o construcción, afectando la calidad del agua y los hábitats acuáticos (Aquaes, 2025).

El oxígeno disuelto (OD) representa la cantidad de oxígeno presente en el agua, esencialmente para la respiración de los organismos acuáticos, sus niveles varían con la temperatura, la presión atmosférica y la fotosíntesis de las plantas acuáticas (M&M,2024). La alcalinidad mide la capacidad del agua para neutralizar ácidos la cual depende principalmente de la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos y está relacionada con la geología del entorno y la composición mineral del agua (Gutiérrez et al., 2023).

Índice de Calidad del Agua (IDEAM)

Fórmula de cálculo de indicador es:

$ICAj= (\sum Wi * Iij)$

Donde:

ICAj: Es el índice de calidad del agua calculando a la altura de un punto de monitoreo j.

Wi: Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

Ii: Es el valor calculado de la variable i, obtenido al ingresar el valor en el punto de monitoreo j, en la curva funcional o ecuación correspondiente.

i: Corresponde a la variable que hace parte del indicador.

Parámetros microbiológicos

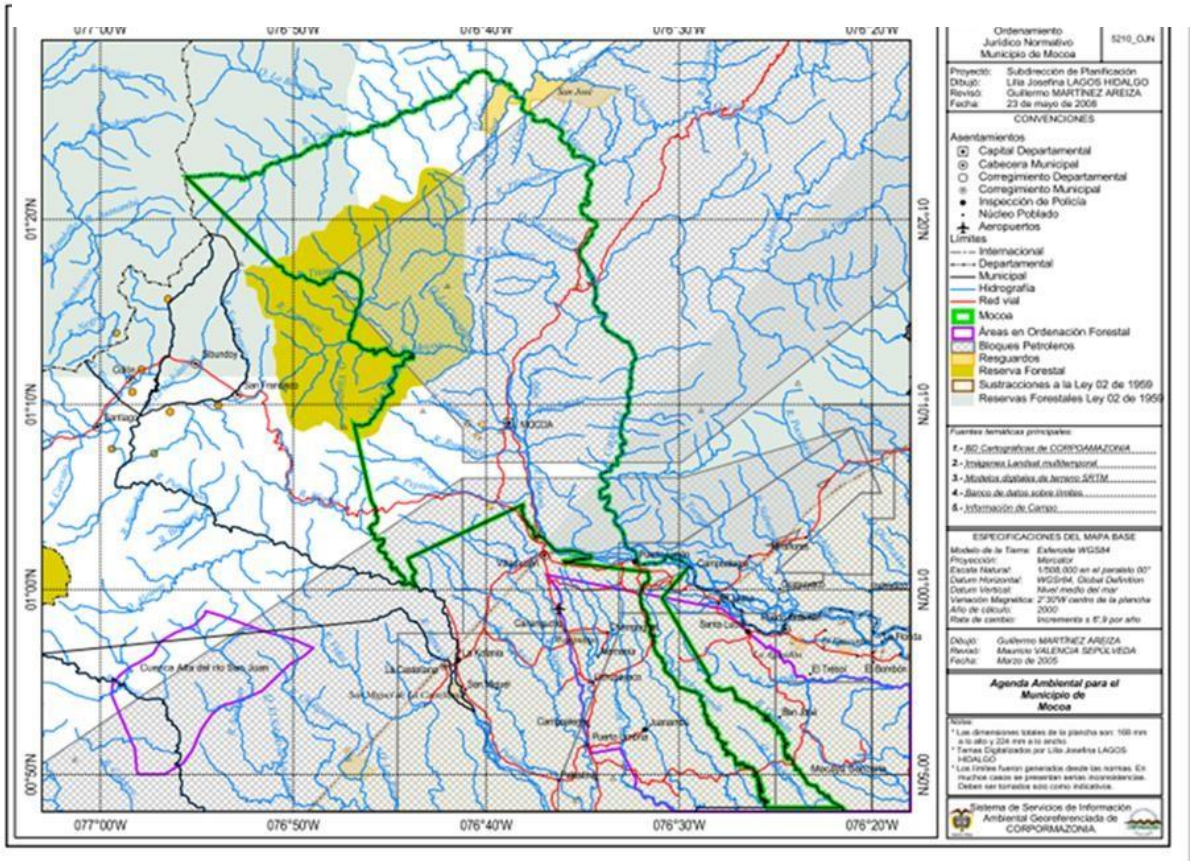
Los aspectos microbiológicos del agua son cruciales para evaluar su calidad y su idoneidad para el consumo humano. Hay múltiples indicadores que sirven para analizar la posible presencia de microorganismos nocivos en el agua, que pueden suponer un alto riesgo para la salud de las personas. Por ejemplo, los Coliformes totales son un conjunto de bacterias que se encuentran comúnmente en el agua. Aunque no todos ellos son dañinos, su detección sugiere que el agua podría estar contaminada con otros patógenos. Otro microorganismo relevante es Escherichia Coli, frecuentemente conocido como E. Coli. Esta bacteria, que forma parte del grupo de los Coliformes, se encuentra en los intestinos de humanos y animales, y su presencia en aguas superficiales indica una reciente contaminación fecal, lo que implica un mayor riesgo para la salud humana y el equilibrio del ecosistema acuático. (Institutodelaguaes, 2024a).

La evaluación conjunta de los parámetros físicos-químicos, microbiológicos y biológicos nos ofrecen una versión más clara y completa del estado ecológico del agua. Mientras los parámetros físicos-químicos y microbiológicos muestran las condiciones actuales del recurso, los macroinvertebrados acuáticos reflejan efectos acumulativos de las alteraciones ambientales. Por lo tanto, las integraciones de estos indicadores nos permiten diagnosticar con mayor precisión la calidad del agua de la quebrada el Almorzadero.

Marco contextual

Figura 1

Mapa base Mocoa



Fuente: Alcaldía Municipal de Mocoa, Putumayo.

Nota: Este mapa indica las coordenadas de la ronda hídrica del municipio de Mocoa. Fuente Corpoamazonia.

El municipio de Mocoa, capital del departamento del Putumayo, se localiza en la región del piedemonte amazónico, al suroccidente de Colombia. Su posición geográfica está definida por las coordenadas 1°08’ de latitud norte y 78°38’ longitud oeste. Limita al norte con el municipio de El Tablón (Nariño); al sur con Puerto Caicedo y Villagarzón; al oriente con Puerto

Guzmán, Santa Rosa y Piamonte (Cauca); al oeste con San Francisco y Santiago Putumayo. (GIPMocoa, s. f.).

El territorio municipal comprende zonas ubicadas en la parte de las cuencas de los ríos Mocoa y Cascabel, en las estribaciones del cerro Juanoy, con altitudes que oscilan entre los 2000 y 3200 metros sobre el nivel del mar. Asimismo, se identifican áreas correspondientes a bajas laderas de cordillera, las cuales constituyen zonas de transición entre los ecosistemas de alta montaña y piedemonte amazónico. Estas áreas presentan pendientes moderadas y altitudes que varían entre los 1200 y 2000 metros sobre el nivel del mar.

Las laderas cordilleranas se localizan principalmente en las zonas de influencia de los ríos Pepino, Rumiyaco y Mulato, así como en las partes medias y altas de la subcuenca del rio Mocoa y la Serranía del Churumbelo. Dentro de esta unidad fisiográfica se encuentra el piedemonte cordillerano, caracterizado por colinas de altura media, con pendientes pronunciadas y superficies planas intermedias. Las colinas de altura media se encuentran en zonas con pendientes entre el 10% y el 50%, especialmente en las microcuencas de los ríos Pepino y Rumiyaco, así como en sectores de la Serranía del Churumbelo, incluyendo veredas como La tebaida, Pepino, San Antonio, Monclart y Rumiyaco, ubicadas entro los 600 y 1200 m.s.n.m.

Por otra parte, sectores como Puerto Limón, El Picudo. Con colinas de bajas estribaciones cordilleranas que presentan relieves de llanura ligeramente ondula, con pendientes entre el 0% y el 10% y altitudes que oscilan entre los 400 y 600 m.s.n.m. (Alcaldía Mocoa. S.f.).

No obstante, el sector secundario del Municipio de Mocoa está conformado por diversos grupos productivos de pequeña escala dedicados a la transformación de materias primas en bienes elaborados, contribuyendo al fortalecimiento de la economía local. Actividades que favorecen la generación de empleo y mejoramiento de calidad de vida de la población,

promoviendo además procesos productivos orientados al desarrollo regional. En el municipio se estima la existencia de aproximadamente 60 asociaciones, empresas y organizaciones sin ánimo de lucro que desarrollan sus actividades mediante convenios y contratos con entidades del sector público y privado.

Por otra parte, la principal actividad económica de los habitantes del municipio de Mocoa se centra en el sector agrícola, el cual comprende una amplia variedad de productos, entre los que se ellos el maíz, la yuca, el plátano, la caña panelera y diversas frutas especialmente piñas y cítricos, constituyéndose como la base del sustento económico y alimentario de la población (Alcaldía Mocoa, s.f.).

Marco legal

Tabla 2

Marco legal vigente

Ley, Decreto, Resolución	Descripción
Decreto 1210 de 2020	Se actualiza y se complementa de manera parcial el decreto 1076 del año 2015, referente al registro de personas que utilizan el recurso hídrico.
Ley 99 de 1993	Se crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y el Ministerio de Medio Ambiente.
Ley 373 de 1997	Se crea el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA),
Decreto 1076 de 2015	El cual describe los procedimientos para la gestión del agua, incluidas las pautas para el uso del agua.

Decreto 1608 de 1978	Establece los parámetros y los límites máximos aceptables para los vertidos puntuales en cuerpos de agua superficial y en los sistemas de alcantarillado público, además de establecerse otras regulaciones.
Ley 611 de 2000	Esta ley establece reglas para cuidar la vida silvestre y los animales acuáticos Dice que no debemos usarlos demasiado o dañarlos, para que no desaparezcan ni sufran.
Ley 2111 de 2021	Puntualiza la ley que, si alguna persona o entidad daña o afecta la flora, fauna o el recurso hídrico, serán sancionado y castigados.
Decreto 2041 de 2014	Establece cómo funcionan las licencias ambientales La ley trata sobre el Título VIII de la Ley 99 de 1993, que trata sobre el medio ambiente - Se asegura de que los proyectos que puedan dañar el medio ambiente, como los que afectan el agua, obtienen los permisos correctos.
Decreto 1541 de 1978	Por medio del cual se regula el dominio, el aprovechamiento y la protección de aguas no marítimas en Colombia.
Ley 1333 de 2009	Se determina el proceso de sanciones ambientales y se emiten otras regulaciones.
Decreto 3930 de 2010	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 99 de 1993 y el Capítulo II del Título VI del Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto al uso, manejo y conservación del recurso hídrico.
Resolución 2115 de 2007	A través de la cual se destacan las especificaciones, herramientas fundamentales y la periodicidad del sistema de supervisión y control. Es fundamental conocer la pureza del agua destinada al uso humano y que no cause perjuicios a la salud de las personas.

Nota. Esta tabla indica el marco normativo vigente utilizado para este estudio

Metodología

Enfoque y tipo de metodología

La presente investigación siguió un enfoque cuantitativo y una metodología descriptiva (Hernández et al., 2014), mediante la cual se busca un diagnóstico ambiental con el propósito de describir las características del agua y su relación con factores antropogénicos como la agricultura, ganadería y deforestación en zonas de ronda hídrica de la quebrada que podría afectar su calidad.

Permisos y consideraciones: Antes de la ejecución de la fase de campo, se gestionó un oficio de solicitud formal ante la Asociación Acueducto Comunitario Alto Afán, con el fin de obtener la autorización respectiva para el ingreso al área de estudio y la realización de las actividades de muestreo que se consideraban llevar a cabo en durante la práctica de campo. Todas las actividades se realizaron respetando el entorno natural y minimizando la alteración del ecosistema acuático de la fuente.

Diseño de la investigación

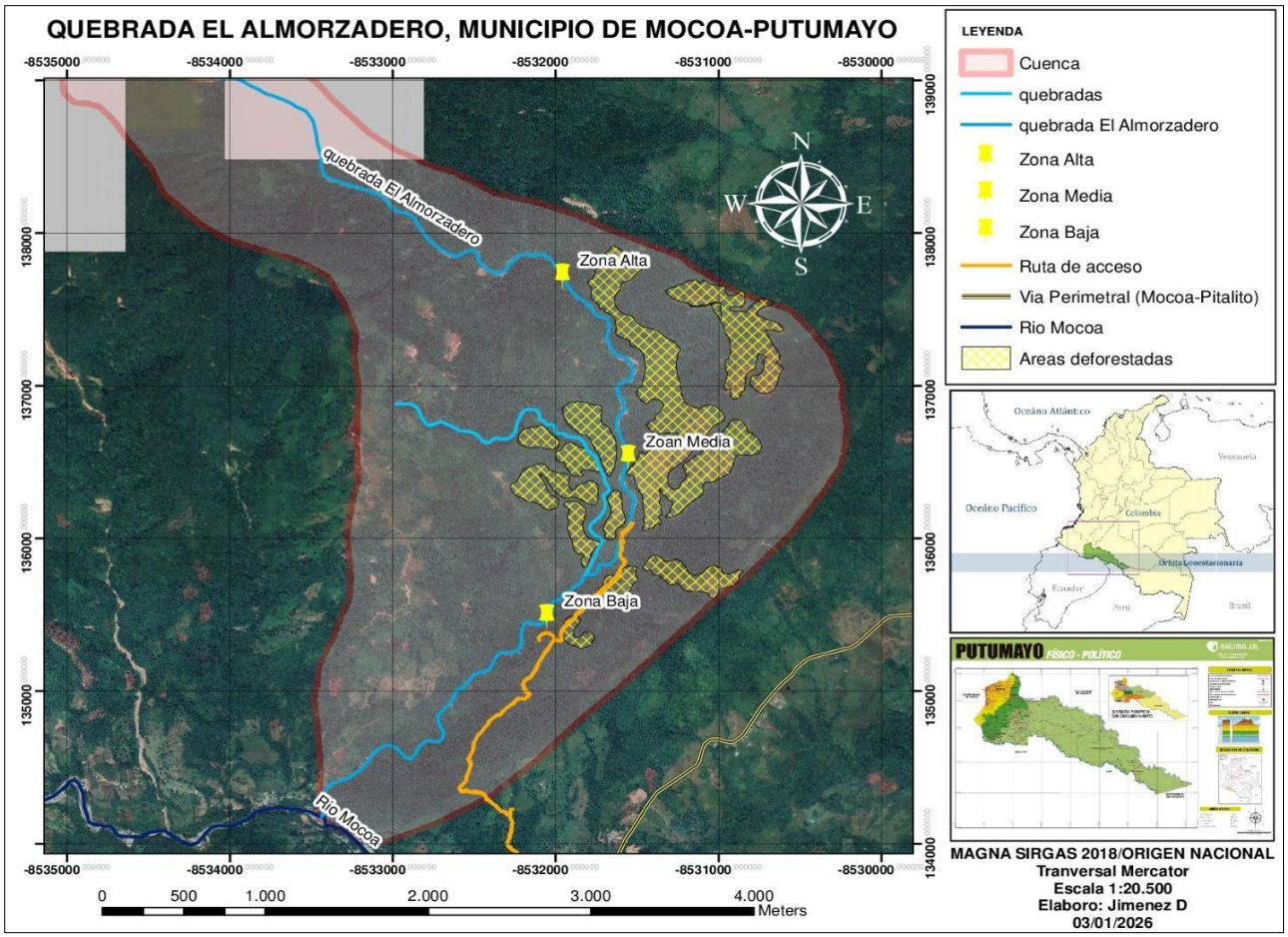
Fase 1. Descripción del área de estudio

La quebrada El Almorzadero se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 1°13’46.8” N, 76°38’26.30” W, a una altitud de 988 m.s.n.m en la vereda Alto Afán, municipio de Mocoa-Putumayo (Fig. 2). De acuerdo con información reportada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Mocoa se encuentra ubicada a una altitud de 650 m.s.n.m, presentando temperaturas que oscilan entre los 19 °C a 29 °C, con un promedio de precipitación anual de 3769 mm/año (IDEAM, 2025). La zona de vida corresponde

a un bosque húmedo tropical (bh-T) y bosques muy húmedos premontanos (bmh-PM) según clasificación bioclimática (Holdridge, 1967).

Figura 2

Mapa de la microcuenca y el área de estudio en la quebrada el Almorzadero.



Fuente: Investigación propia.

Nota. Esta figura muestra el recorrido de la Quebrada el Almorzadero

Fase 2. Trabajo en campo

La colecta de macroinvertebrados acuáticos

Se realizó de forma manual en cada una de las zonas establecidas (alta, media, baja) de la quebrada.

El procedimiento consistió en la remoción cuidadosa de las piedras y sustratos del lecho de la quebrada, principalmente en sectores con corriente moderada, donde este tipo de organismos suelen presentar mucha mayor abundancia.

Los macroinvertebrados adheridos a las superficies del sustrato fueron capturados utilizando una pinza entomológica, procurando una manipulación adecuada para evitar daños y afectación morfológicas en los especímenes que pudieran afectar identificación taxonomía.

Una vez colectados, los individuos se almacenaron inmediatamente en tarros previamente rotulados con la siguiente información:

- Fecha de muestreo
- Zona de colecta
- Nombre del responsable

Los tarros se llenaron con alcohol al 70% en una proporción adecuada para garantizar la conservación optima de los organismos durante el transporte y almacenamiento hasta su procesamiento en laboratorio.

Este procedimiento se aplicó de manera sistematizada y estandarizada en cada zona de la quebrada, con el objetivo de asegurar una representatividad biológica adecuada y permitir comparaciones confiables entra las diferentes secciones de la quebrada.

Toma de muestras de agua

Durante la fase de campo se realizaron dos tomas de muestras de agua en la quebrad, destinadas a los siguientes análisis; análisis físico-químico del agua y análisis microbiológico del agua.

La recolección de las muestras se llevó a cabo cumpliendo estrictamente los lineamientos y estándares establecidos por la normativa vigente para el muestreo de aguas superficiales en las guías del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), también se garantizaron condiciones adecuadas de asepsia mediante el uso de elementos de protección personal (tapabocas, guantes de látex y trajes antifluidos), así como protocolos apropiados de conservación, rotulación y trasporte.

Adicionalmente, se seleccionaron condiciones favorables a para la jornada de muestreo, evitando periodos de precipitación en el área de estudio que pudieran alterar la calidad del agua o comprometer la representatividad y validez de los resultados.

Las muestras fueron debidamente identificadas con la siguiente información de etiqueta:

Tipo de muestra

Tipo de muestreo

Fecha y hora recolección

Sitio exacto de muestreo georreferenciado

Firma del responsable

Posteriormente, se colocaron con cuidado en una cava isotérmica con geles refrigerantes para mantener una temperatura aproximada de 4°C durante el transporte. Las muestras se

enviaron al laboratorio de química de aguas de la Universidad de Nariño, donde se realizaron los análisis correspondientes.

Fase 3. Clasificación taxonómica

Los macroinvertebrados acuáticos colectados fueron trasladados al laboratorio de biología de la Institución Universitaria del Putumayo (IUP), donde se realizó su procesamiento y análisis taxonómico.

La clasificación taxonómica se llevó a cabo mediante la observación directa y análisis de características morfológicas de cada organismo, empleando criterios de la taxonómicos estandarizados y material de referencia especializado (claves taxonómicas, guías de identificación y literatura reconocida para macroinvertebrados acuáticos de Colombia; Macroinvertebrados asociados a macrófitas acuáticas, Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos y iNaturalist). Este procedimiento permitió determinar los taxones hasta el nivel taxonómico requerido generalmente orden, familia y género, en medida en que las condiciones morfológicas de los individuos lo permitieron. Asimismo, se efectuó el conteo del número de individuos por cada taxón identificado, información que posteriormente fue utilizada para el análisis de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados y la evaluación biológica del agua mediante el método BMWP/Col, EPT y ICA.

Tabla 3

Variables involucradas en la estimación del cálculo de indicador, con sus unidades de medida y el peso relativo

Variable	Unidades	Peso De Importancia 1 (Ica 5 Variables)	Peso De Importancia 2 (Ica 6 Variables)
Oxigeno Disuelto – OD	% saturación	0,2	0,17
Solidos Suspendidos Totales SST	mg/L	0,2	0,17
Demanda Química De Oxigeno	mg/L	0,2	0,17
Conductividad	µS/cm	0,2	0,17
N total/ P total -NT/PT	mg/L	--	0,17
pH	Unidades de pH	0,2	0,15

Fuente: Adaptado de Ramírez y Viña (1998), para OD, SST y CE; Universidad Politécnica de Cataluña 2006 para DQO; Departamento de Calidad Ambiental de Oregón pH y Rueda 2008.

Nota. En este apartado se integran de manera resumida las variables involucradas en la estimación del cálculo de indicador, con sus unidades de medida y el peso relativo que cada uno posee dentro del modelo del cálculo aplicado.

A continuación, se describen las expresiones aritméticas utilizadas en el desarrollo del cálculo.

Oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno disuelto constituye una variable de gran importancia biológica, ya que permite establecer la posible presencia o ausencia de organismos acuáticos en el ecosistema. Para su evaluación, inicialmente se determina el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (PSOD), mediante la siguiente expresión aritmética:

$$\text{PSOD} = \frac{Ox * 100}{CP}$$

Donde Ox corresponde a la concentración de oxígeno disuelta medida en (mg/L), la cual se encuentra influenciada por factores como la elevación, el caudal y la capacidad de reoxigenación del cuerpo de agua. Por su parte, CP representa la concentración de equilibrio de oxígeno en (mg/L) bajo condiciones de presión no estándar, es decir, el oxígeno en estado de saturación.

Una vez obtenido el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, se calcula el subíndice de oxígeno disuelto (IOD) mediante la siguiente relación: *IOD= 1-(1-0,01*PSOD)*

Cuando el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto supera el 100%, el subíndice se determina empleando la siguiente expresión aritmética: *IOD*= 1-(0.01**PSOD*-1*)*.

Sólidos suspendidos totales (SST)

Los sólidos suspendidos totales constituyen un indicador de estado de las condiciones hidrológicas de un cuerpo de agua, ya que su presencia refleja alteraciones en la dinámica natural de la corriente. Estos pueden asociarse a procesos erosivos, descargas industriales, actividades de extracción de minerales y disposición inadecuada de escombros. Asimismo, presentan una relación directa con la turbiedad del agua.

El subíndice de la calidad correspondiente a los sólidos suspendidos totales (ISST) se determina mediante la siguiente expresión: *ISST*= 1-(-0,02+0,003**SST)*

Donde SST corresponde a la concentración de solidos suspendidos totales expresada en mg/L.

Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

Si $SST \leq 4.5$, entonces $ISST = 1$

Si $SST \geq 320$, entonces $ISST = 0$

Demanda química de oxígeno (DQO)

Es un parámetro que indica la cantidad de sustancias susceptibles de oxidación química bajo condiciones fuertemente ácidas y altas temperatura. Este indicador permite estimar la presencia de materia orgánica total en el agua, tanto biodegradable como no biodegradable, constituyéndose en un referente importante del nivel de contaminación del cuerpo hídrico.

A partir de la adaptación metodológica propuesta por la Universidad de Cataluña, el subíndice de calidad asociado a la demanda química de oxígeno (IDQO) se determina según los siguientes rangos de concentración:

Si $DQO \leq 20$, entonces $IDQO = 0.91$

Si $20 < DQO \leq 25$, entonces $IDQO = 0.71$

Si $25 < DQO \leq 40$, entonces $IDQO = 0.51$

Si $40 < DQO \leq 80$, entonces $IDQO = 0.26$

Si $DQO > 80$, entonces $IDQO = 0.125$

Conductividad eléctrica (C.E.)

La conductividad eléctrica asociada a la presencia de sales disueltas en el agua, cuya disociación produce cationes y aniones capaces de conducir corriente eléctrica. Este parámetro permite evaluar el grado de mineralización del cuerpo de agua y constituye un indicador indirecto de la concentración de sólidos disueltos.

El subíndice de calidad correspondiente a la conductividad eléctrica (ICE) se calcula de mediante la siguiente expresión aritmética: $ICE = 1\text{-}10^{(-3.26+1.34 \log_{10}(CE))}$

Donde CE representa la conductividad eléctrica del agua. Adicionalmente, se establece la siguiente condición:

Cuando $ICE < 0$, entonces $ICE = 0$
pH Es un parámetro que permite determinar el grado de acidez o basicidad del agua. Valores extremos pueden llegar a generar alteraciones en los procesos de osmorregulación afectando el equilibrio biológico del ecosistema hídrico. El subíndice de calidad asociado al (IpH) se calcula de acuerdo a los siguientes rangos: Si $pH < 4$, entonces $IpH = 0{,}1$ Si $4 \leq pH \leq 7$, entonces $IpH = 0{,}02628419 \cdot e^{(pH \cdot 0{,}520025)}$ Si $7 < pH \leq 8$, entonces $IpH = 1$ Si $8 < pH \leq 11$, entonces $IpH = 1 \cdot e^{[(pH-8) * -5187742]}$ Si $pH > 11$, entonces $IpH = 0{,}1$
ICAj= (∑Wi * Iij) ∑ (0.2*IOD) +(0.2*$ISST$) +(0.2*$IDQO$) +(0.2*$I.C.\ E$) +(0.2*IpH) ICAj= ∑ (0.2*0.95) +(0.2*0.99) +(0.2*0.91) +(0.2*0.82) +(0.2*1) = 0.92
Caudal Para determinar el caudal de la quebrada el Almorzadero, se optó por emplear el método de flotador. Este procedimiento consistió en seleccionar un tramo recto del cauce con flujo uniforme, mínima turbulencia y sin obstrucciones significativas tales como; rocas de gran tamaño, curvas pronunciadas que pudieran inferir en el cálculo del caudal. Dichos valores se remplazan en la siguiente relación aritmética: Q= A/V Donde A= Área transversal del cauce en (m^3), y V= Velocidad superficial del agua en (segundos).

Fuente: IDEAM, 2025.

Tabla 4

Materiales de fase de campo

GPS	Nevera de icopor
Cronometro	Machete
Guantes de látex	Alcohol al 70%
Pinza entomológica	Traje antifluido
Frascos de muestreo	Tapaboca
Decámetro	Cinta de enmascarar
Bolas de pin pon	Cinta transparente
Rapidógrafo	Turbidímetro
pHmetro	Marcador Sharp pie

Fuente: Investigación Propia.

Nota. Esta tabla relaciona los materiales utilizados para recoger las muestras para el desarrollo de la investigación

Resultados

Parámetros hidrobiológicos y bioindicación

En el presente apartado se exponen los principales hallazgos correspondientes al primer objetivo específico de esta investigación relacionado con la aplicación de los índices BMWP/Col y EPT. En este contexto, vale la pena mencionar que se colectaron 1355 individuos, distribuidos en 7 órdenes, 13 familias y 20 géneros presentes en el área de estudio, como se presenta en la tabla 5.

Tabla 5

Clasificación taxonómica de macroinvertebrados acuáticos

Orden	Familia	Genero
Megaloptera	Corydalidae	*Nigronia* sp
Trichoptera	Hydropsychidae	*Hydropsyche* sp
	Hydrobiosidae	*Aptosyche* sp
	Leptoceridae	*Antanatolica* sp
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	*Tepakia* sp
		Thraulophebia sp
		Thraulodes sp
		Zephilibia sp
	Baetidae	*Parocloedes* sp
		Baetodes sp
		Dactylobaetis sp
		Baetis sp
Díptera	Tipulidae	*Nippotipula* sp
		Hexatoma sp
	Blepharoceridae	*Limonicola* sp
	Simuliidae	*Simulium* sp
	Dixidae	*Dixa* sp

Odonata	Gomphidae	*Progomphus* sp
Plecóptera	Perlidae	*Anacroneuria* sp
Coleóptera	Psephenidae	*Psephenops* sp

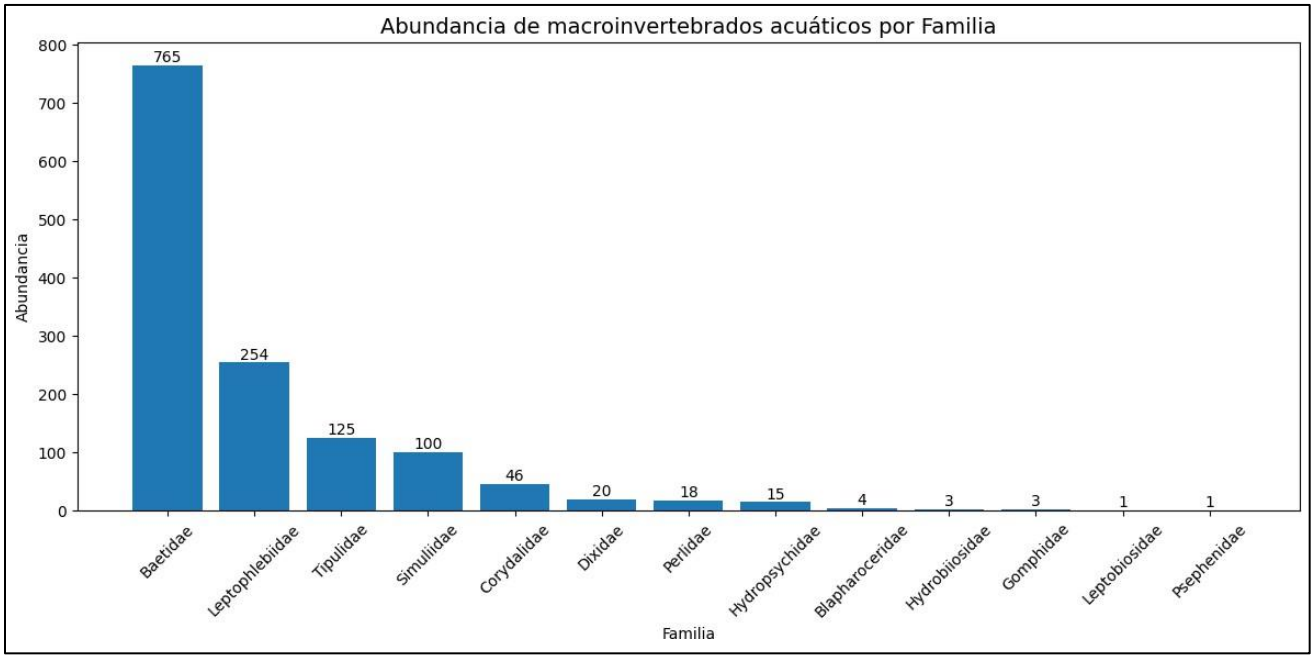
Fuente: Investigación Propia.

Nota. Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos distribuidos a lo largo de la Quebrada el Almorzadero.

De acuerdo con los resultados presentados en la figura 3, y considerando la abundancia total de los de organismos colectados, la familia con mayor predominio fue Baetidae, con un total de 765 individuos, destacándose el género *Baetodes* sp con una abundancia de 453 individuos, organismos que son ampliamente reconocidos como bioindicadores de aguas bien oxigenadas y con baja carga contaminante.

Figura 3

Abundancia de macroinvertebrados acuáticos por familias más representativas en la quebrada el Almorzadero



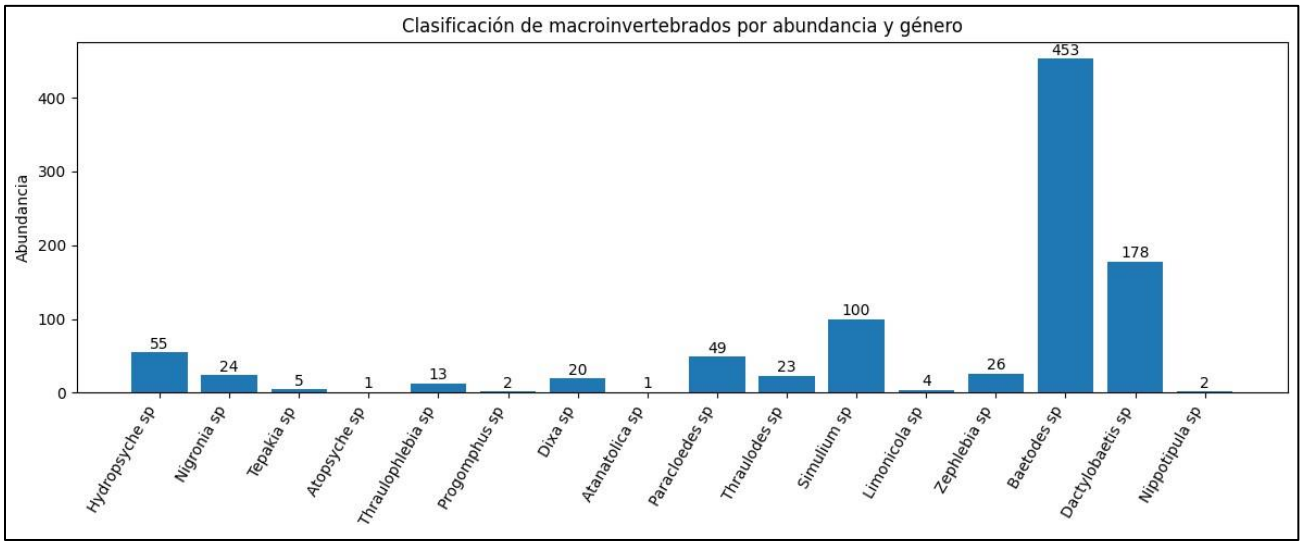
Fuente: Investigación Propia.

Nota. Esta figura muestra la cantidad macroinvertebrados acuáticos por familias

Por otra parte, en las figuras 4, 5 y 6 se presenta la clasificación de macroinvertebrados en términos de abundancia y género, diferenciados por estaciones de muestreo ubicadas en las zonas alta, media y baja de la quebrada. Esta distribución espacial permitió identificar variaciones en la composición y estructura de la comunidad biológica a lo largo del gradiente altitudinal del afluente, lo cual resulta clave para comprender posibles cambios en la calidad del agua entre los distintos tramos evaluados.

Figura 4

Clasificación de macroinvertebrados por abundancia y género de la Zona Alta.

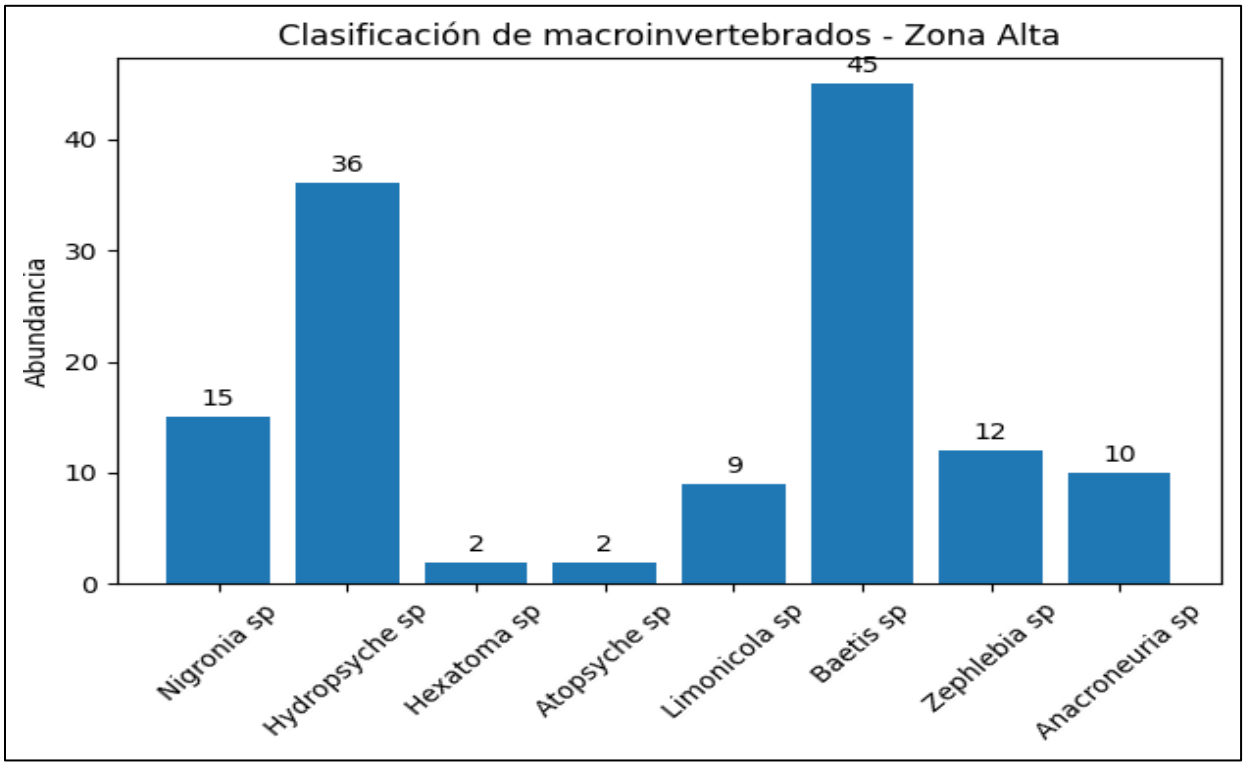


Fuente: Investigación Propia.

Nota. Esta figura muestra la cantidad y clasificación de macroinvertebrados por abundancia y género encontrados en la Zona Alta.

Figura 5

Clasificación de macroinvertebrados por abundancia y género de la Zona Media.

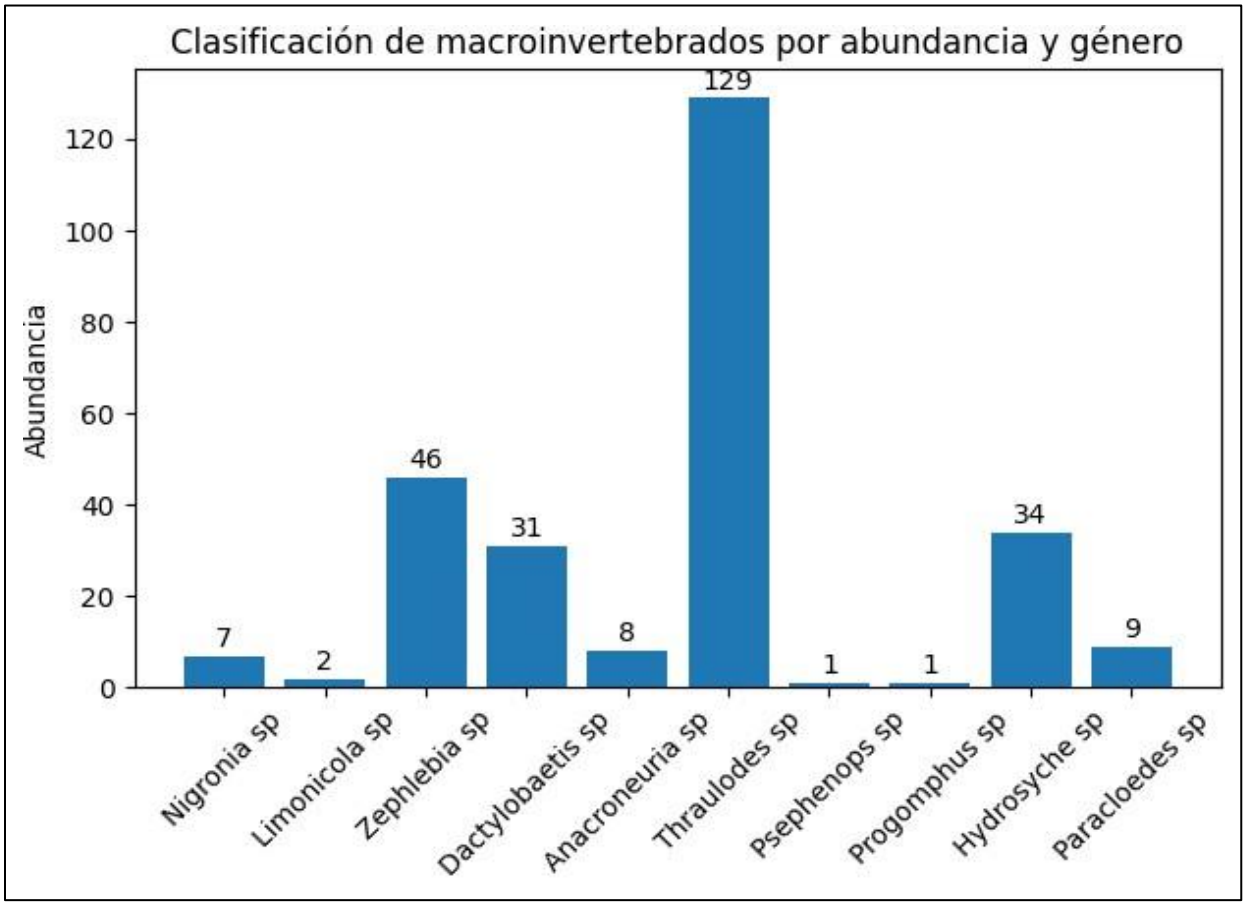


Fuente: Investigación Propia.

Nota. Esta figura muestra la cantidad y clasificación de macroinvertebrados por abundancia y género encontrados en la Zona Media.

Figura 6

Clasificación de macroinvertebrados por abundancia y género de la Zona Baja.



Fuente: Investigación Propia.

Nota. Esta figura muestra la cantidad y clasificación de macroinvertebrados por abundancia y género encontrados en la Zona Baja.

A partir de esta caracterización biológica, se procedió aplicar el índice BMWP/Col, obteniéndose una puntuación de 104, valor calculado con base al total de familias identificadas en el afluente. Este resultado permitió clasificar la calidad del agua dentro de una categoría buena, de acuerdo a los rangos establecidos por Roldan Pérez (2016) tal como se evidencia en las tablas 6 y 9.

Tabla 6

Clasificación de macroinvertebrados por abundancia y género de la Zona Baja.

Familia	Frecuencia	BMWP/Col
Corydalidae	3	6
Hydropsychidae	3	7
Hydrobiosidae	2	9
Leptoceridae	1	8
Leptophlebiidae	7	9
Baetidae	6	7
Tipulidae	2	3
Blepharoceridae	3	10
Simuliidae	1	8
Dixidae	1	7
Gomphidae	2	10
Perlidae	2	10
Psephenidae	1	10

Fuente: Investigación Propia.

Nota. Esta tabla indica la clasificación de macroinvertebrados por abundancia y género de la Zona Baja en la Quebrada el Almorzadero.

Tabla 7

Calidad biológica del agua – Índice BMWP/Col

CLASE	CALIDAD	BMWP/Col	SIGNIFICADO	COLOR
I	BUENA	>150 101-120	Agua muy limpia a limpias	Azul
II	ACEPTABLE	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	DUDOSA	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	CRITICA	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	MUY CRITICA	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Instituto de investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

El puntaje obtenido refleja la presencia de familias con baja tolerancia a la contaminación, lo cual indica condiciones ambientales favorables y un bajo nivel de alteración en el ecosistema acuático. En este sentido, la dominancia de grupos como la familia Baetidae, junto con la diversidad registrada, respalda la interpretación de una buena calidad del agua desde el punto de vista biológico. Complementariamente, se aplicó el índice EPT, basado en los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, el cual registro un total de 1166 macroinvertebrados acuáticos pertenecientes a estos ordenes, con mayor representatividad del orden Ephemeroptera, con 1019 individuos, tal como se muestra en la figura 7. En relación con los parámetros establecidos para este índice, se obtuvo un porcentaje de 86.05% lo que clasifica

la calidad del agua como muy buena, dentro del rango de 75-100%, según lo indicado en la tabla 8.

Tabla 8

Parámetros designados para determinar la calidad del agua mediante el índice EPT.

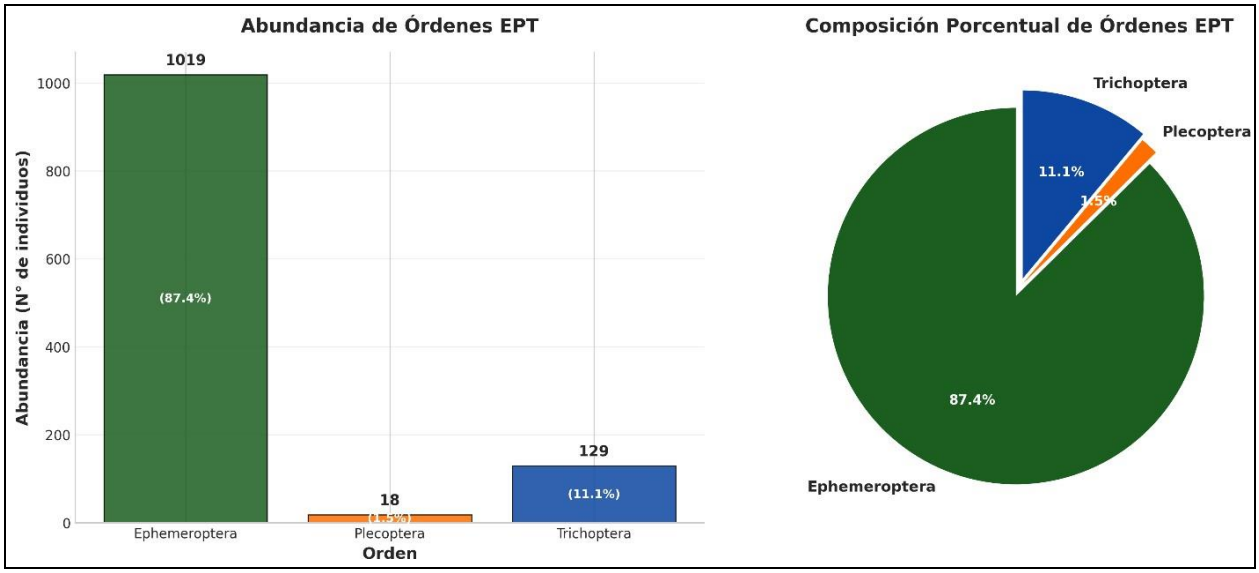
Parámetros de la calidad del agua EPT	
75-100%	Muy buena
50-74%	Buena
25-49%	Regular
0-24%	Mala

Fuente: Investigación Propia.

Nota. La tabla muestra los parámetros de la calidad del agua EPT

Figura 7

Abundancia de ordenes EPT y composición porcentual por cada Orden (Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera).



Fuente: Investigación Propia.

$$\boldsymbol{EPT} = (\frac{\mathbf{1166}}{\mathbf{1355}}) * \mathbf{100}$$

$$\boldsymbol{EPT} = (\mathbf{0.8605}) * \mathbf{100}$$

$$\boldsymbol{EPT} = \mathbf{86.05}\%$$

Según los parámetros designados para determinar la calidad del agua mediante el índice EPT se evidencia que la calidad del agua es muy buena, ya que esta se encuentra en con un porcentaje del 86.05 dentro del rango de 75-100%, según lo indicado en la tabla 8.

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua

Al aplicar el método de flotador para determinación del caudal de la quebrada, se estimaron valores entre 0.8 m^3/s y 1.0 m^3/s correspondientes a la temporada seca, valores correlacionados con trabajos de campo desarrollados por Corpoamazonia (2011). En relación con los parámetros fisicoquímicos, se obtuvieron valores de DBO_5 < 2 mg O2/L y la DQO < 20 mg O2/L, indican la predominancia de materia orgánica de difícil degradación biológica y una baja proporción de compuestos biodegradables presentes en el agua. Por otro lado, el Oxígeno disuelto registro un valor de 8.68 mg O2/L, lo cual refleja una adecuada disponibilidad de oxígeno presente en el cuerpo de agua (figura 8). Ahora bien, respecto a la variable Conductividad los valores fueron de 73.5 µS/cm, indicando una baja concentración de sales disueltas en el agua y baja intervención por contaminación de origen antrópico (figura 9).

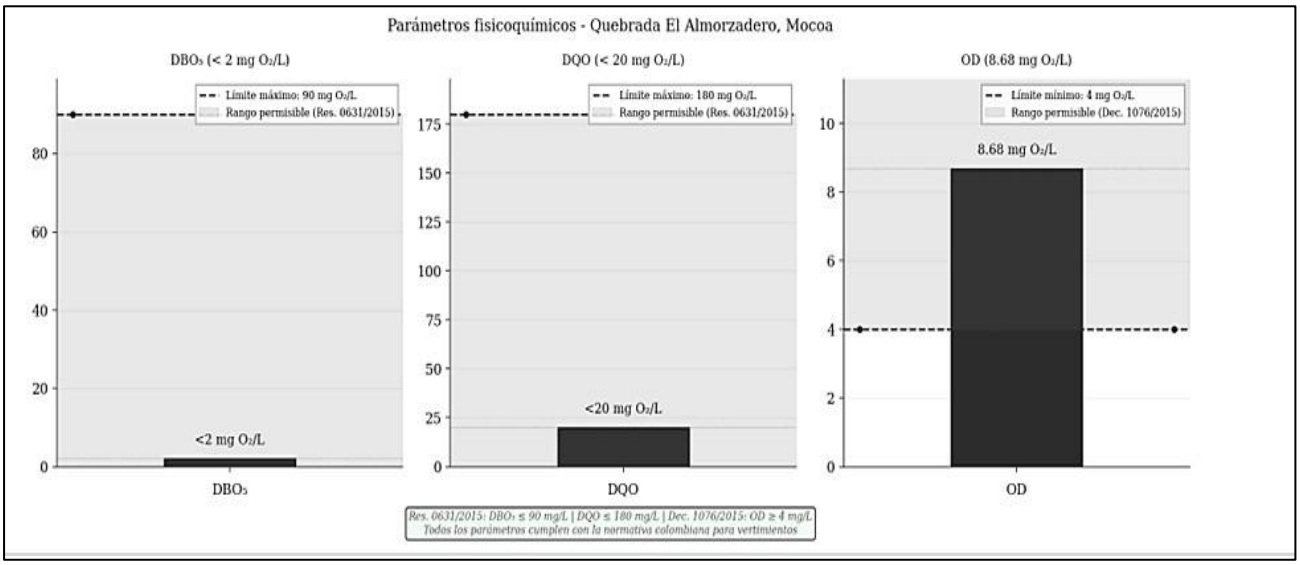
En cuanto los sólidos, los Solidos Suspendidos Totales (SST) presentaron valores < 10 mg/L, lo que refleja una baja concentración de partículas en suspensión y, por tanto, buenas condiciones de calidad físico química del cuerpo hídrico. Asimismo, los Solidos Disueltos Totales (SDT) alcanzaron 35 ppm, evidenciando una baja concentración de sales y minerales disueltos, lo cual sugiere una escasa mineralización y una adecuada calidad fisicoquímica del agua (figura 10).

Con respecto al pH, este fue de 8.0, indicando condiciones ligeramente alcalinas lo cual favorece la estabilidad de procesos biológicos sin representar condiciones extremas de acidez o alcalinidad (figura 11). Finalmente, la Turbiedad presento un valor de 10.25 NTU, lo que indica un nivel moderado de partículas suspendidas, posiblemente asociado a procesos de escorrentía superficial o arrastre de suelos presentes en la microcuenca (figura 12).

En cuanto a los análisis microbiológicos, los coliformes totales registraron valores correspondientes a 3500 NMP/100 cm^3, lo que evidencia una alta concentración de contaminación por materia orgánica y la posible presencia de microorganismos patógenos. De igual forma, *Escherichia coli* presento un valor de 230 NMP/100 $cm^{3,}$ indicando contaminación fecal y una presencia parcial de microorganismos patógenos (figura 13).

Figura 8

Grafico valores DBO5, DQO y OD

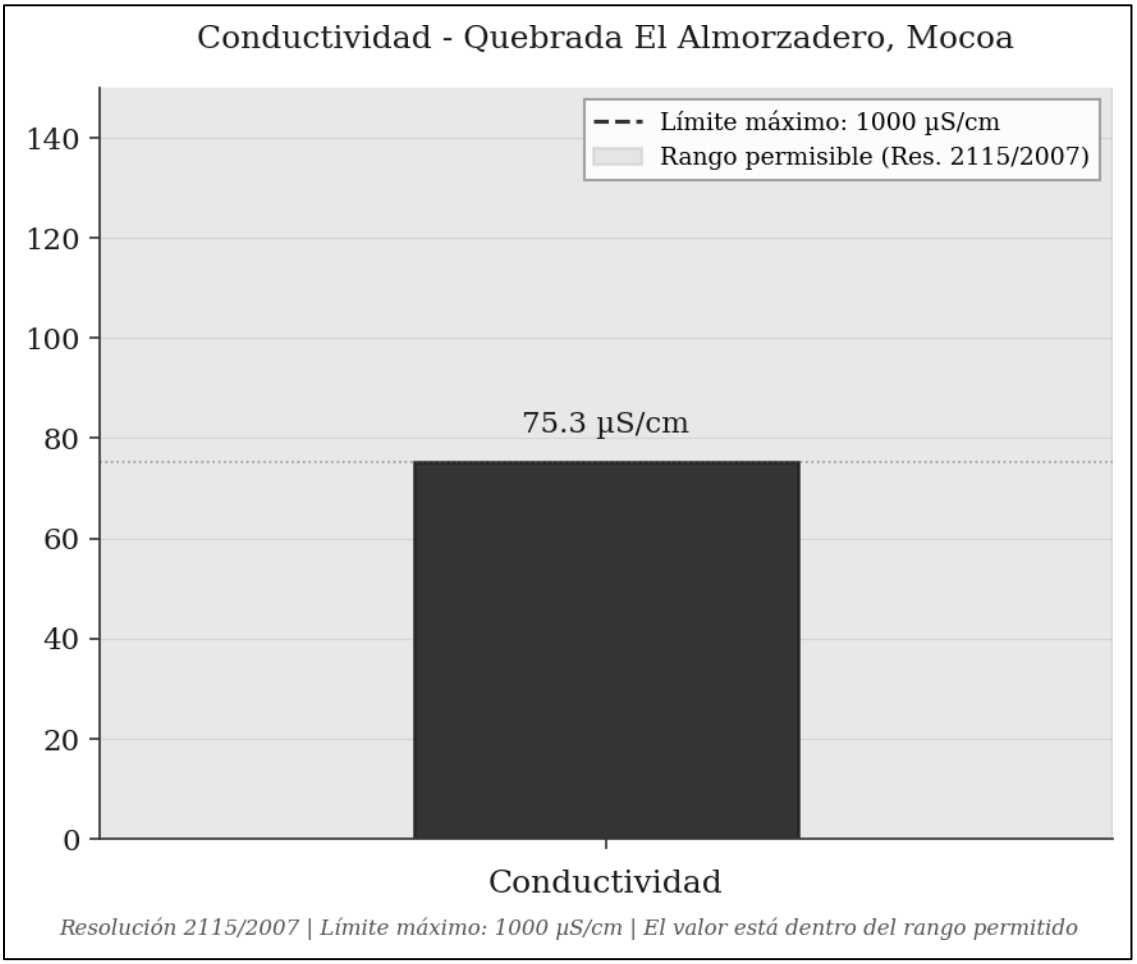


Fuente: Investigación propia.

Los bajos niveles de DBO_5 DQO expresan la predominancia de materia orgánica de difícil degradación biológica y una baja proporción de compuestos biodegradables en el agua, mientras que el Oxígeno disuelto refleja una excelente condición de autodepuración y buena oxigenación del cuerpo hídrico.

Figura 9

Grafico valores de Conductividad

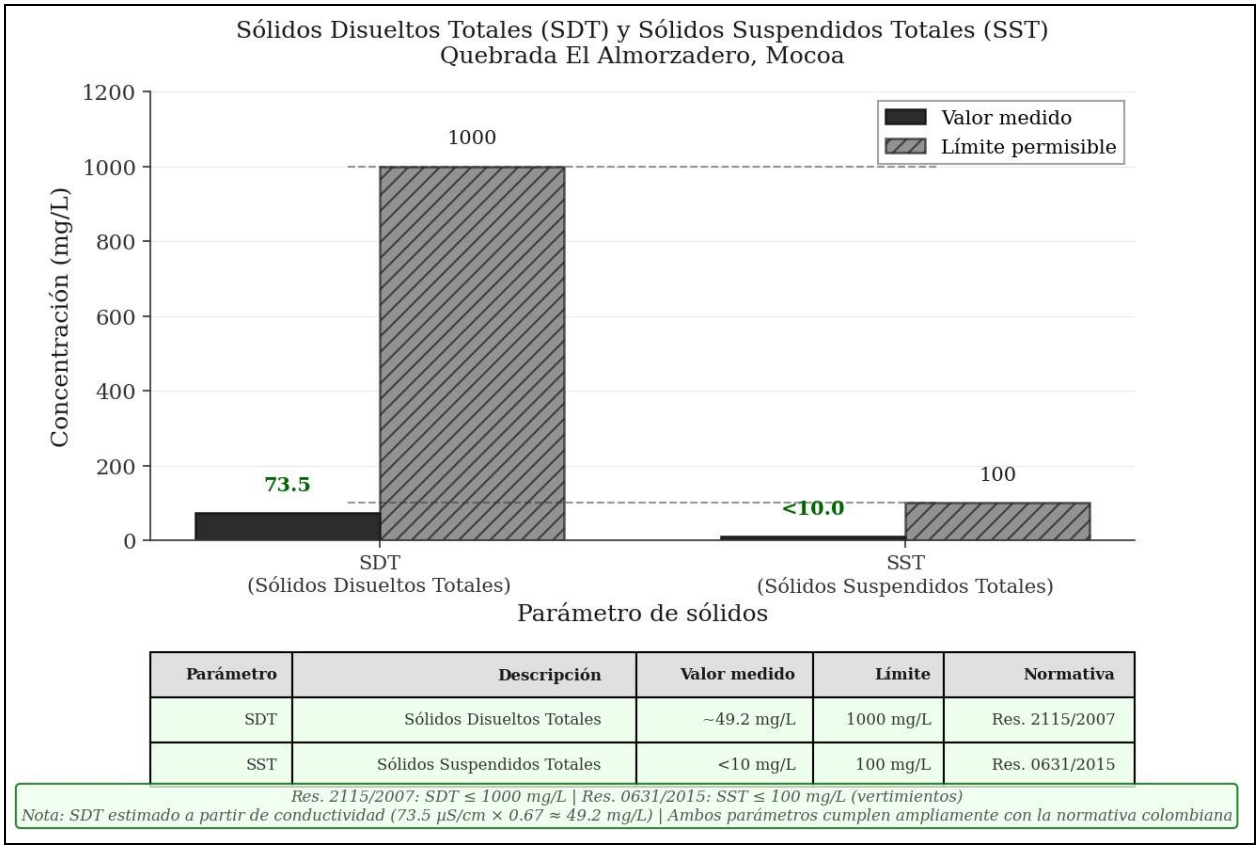


Fuente: Investigación Propia.

El resultado obtenido de conductividad indica una baja concentración de sales disueltas y iones en el agua, lo que sugiere una baja influencia de contaminantes de origen antrópico.

Figura 10

Solidos Disueltos Totales (SDT) y Solidos Suspendidos Totales



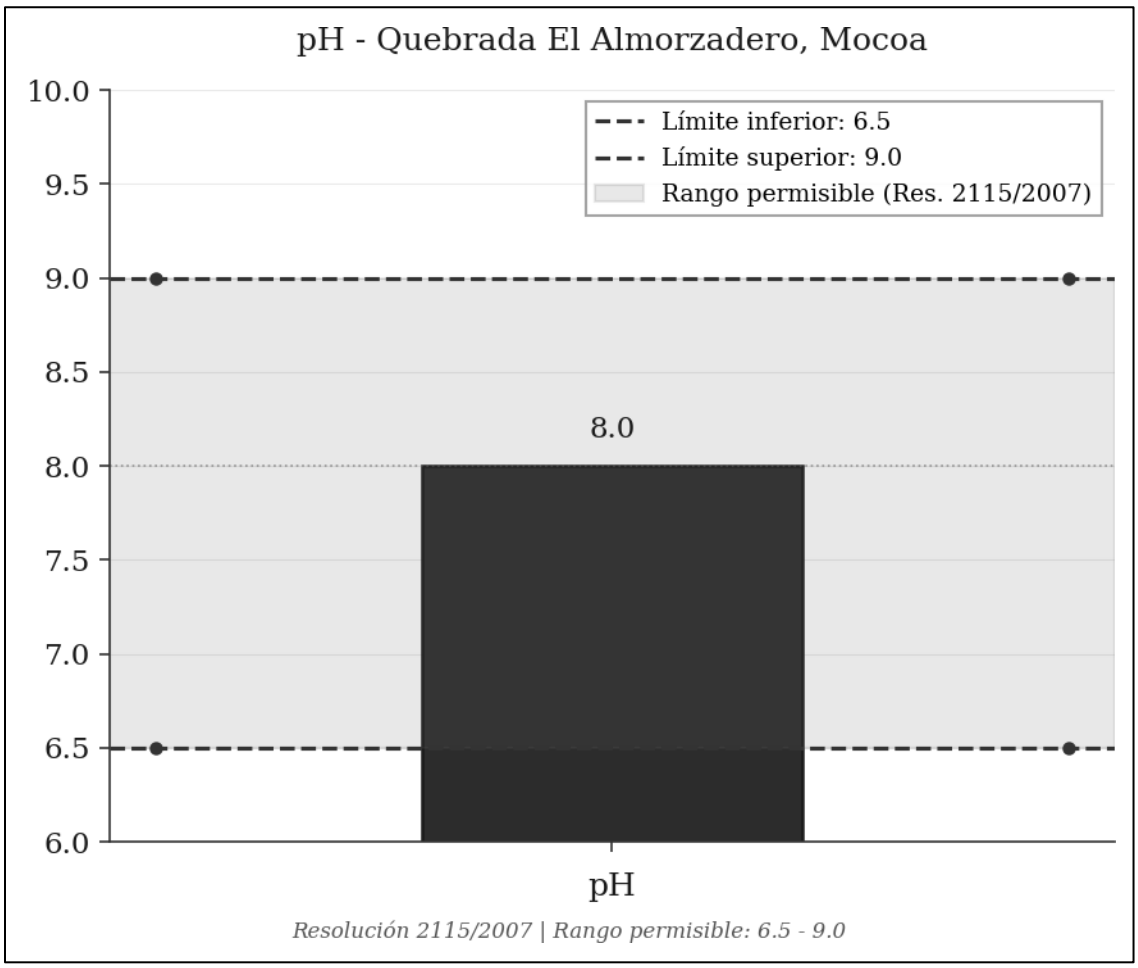
Parámetro	Descripción	Valor medido	Límite	Normativa
SDT	Sólidos Disueltos Totales	~49.2 mg/L	1000 mg/L	Res. 2115/2007
SST	Sólidos Suspendidos Totales	<10 mg/L	100 mg/L	Res. 0631/2015

Res. 2115/2007: SDT ≤ 1000 mg/L | Res. 0631/2015: SST ≤ 100 mg/L (vertimientos)
Nota: SDT estimado a partir de conductividad (73.5 µS/cm × 0.67 ≈ 49.2 mg/L) | Ambos parámetros cumplen ampliamente con la normativa colombiana

Fuente: Investigación Propia.

Los bajos niveles de concentración de Solidos disueltos totales y Solidos suspendidos totales, indican una baja mineralización y baja concentración de partículas suspendidas en el cuerpo de agua, lo que refleja una excelente calidad fisicoquímico del cuerpo hídrico.

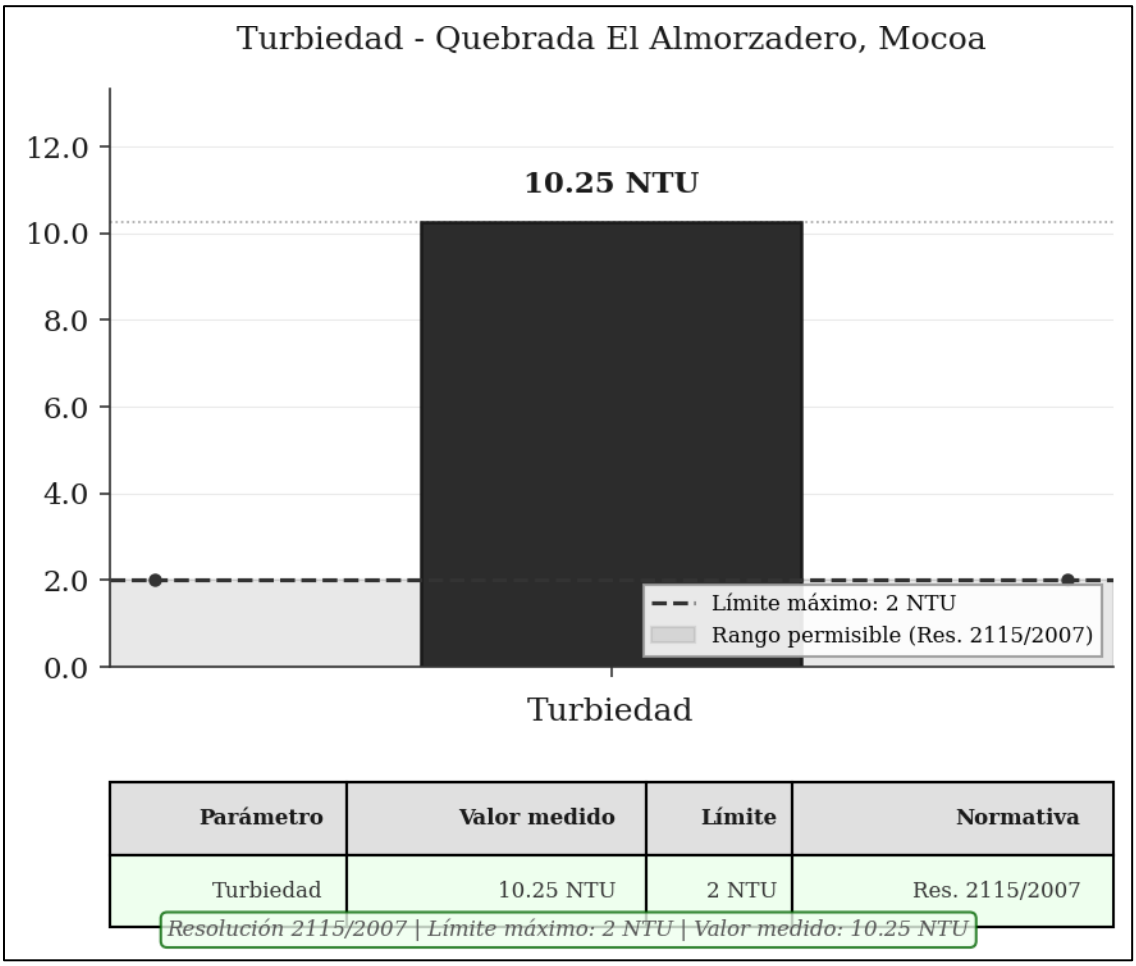
Figura 11
Grafico valores de pH



Fuente: Investigación Propia.

El resultado de pH indica condiciones ligeramente alcalinas, dentro del rango aceptable para aguas naturales superficiales. Este valor favorece la estabilidad de procesos biológicos y no representa condiciones de acidez o alcalinidad extrema.

Figura 12
Grafico valores Turbiedad

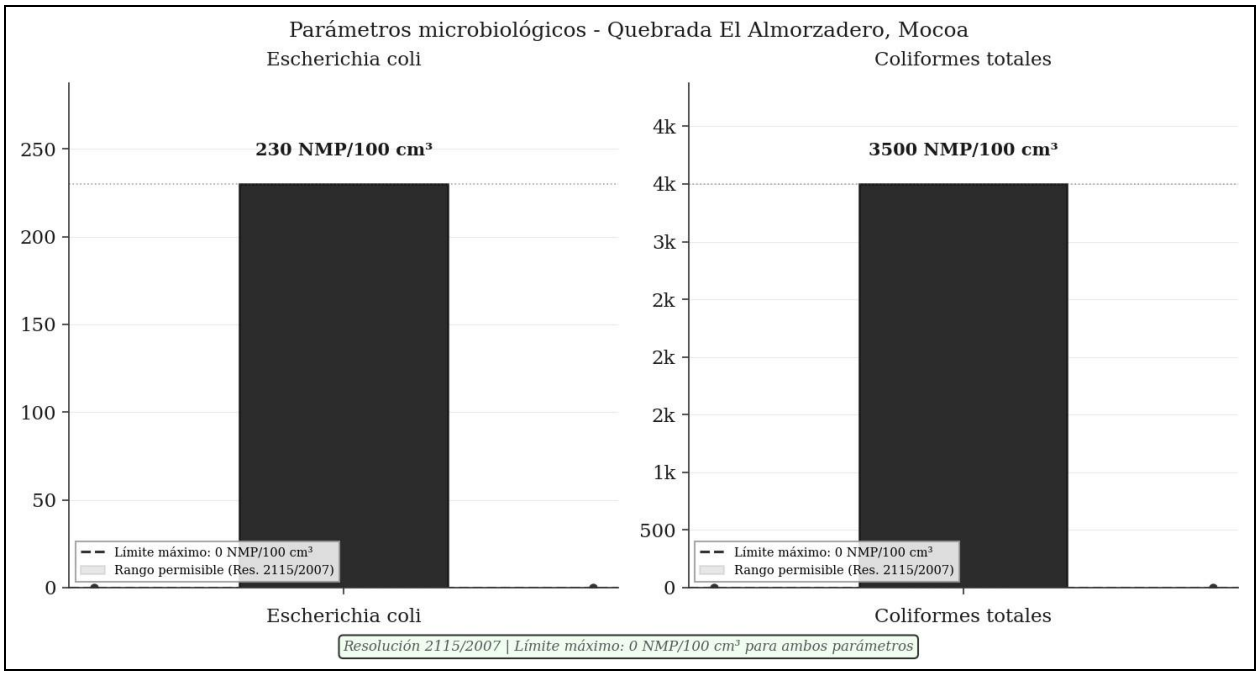


Fuente: Investigación Propia.

El resultado de Turbiedad indica un nivel moderado de partículas suspendidas en el agua, posiblemente a asociado a procesos de escorrentía superficial o arrastre de suelos en la microcuenca.

Figura 13

Parámetros microbiológicos para Escherichia Coli y Coliformes Totales



Fuente: Investigación Propia.

El Resultado de *Escherichia Coli* indica una presencia parcial de este microorganismo por contaminación fecal, lo cual representa un riesgo sanitario y significativo para la salud poblacional. Asimismo, los Coliformes totales indica una alta concentración de contaminación por materia orgánica y posible presencia de microorganismos patógenos.

Finalmente, al aplicar el Índice de Calidad del Aguas Superficiales (ICA), según la metodología estandarizada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), se consideraron cinco variables principales: Oxígeno Disuelto (OD), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Química de Oxigeno (DQO), Conductividad Eléctrica (C.E) y pH respectivamente.

Como resultado, se obtuvo una puntuación de 0.92, lo que permite clasificar el agua dentro de la categoría buena, correspondiente al rango de 0.91-1.0, tal como se evidencia en la tabla 9.

ICAj= (∑Wi * Iij) ICAj= (∑ Peso de importancia * Valor calculado de la variable)

ICAj= ∑ (0.2*0.95) +(0.2*0.99) +(0.2*0.91) +(0.2*0.82) +(0.2*1)

ICAj= 0.19+0.19+0.18+0.16+0.2

ICAj= 0.92

Tabla 9

Clasificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA

Descriptor	Rango	Color
Bueno	0,91 - 1,00	Azul
Aceptable	0,71 - 0,90	Verde
Regular	0,51 - 0,70	Amarillo
Malo	0,26 - 0,50	Naranja
Muy Mala	0 - 0,25	Rojo

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Alternativas de manejo y conservación de la microcuenca El almorzadero

A partir, de los resultados obtenidos en la presente investigación los cuales incluyeron análisis fisicoquímicos, microbiológicos y la caracterización de macroinvertebrados acuáticos mediante los índices BMWP/Col y índice EPT, y en cumplimiento al tercer objetivo orientado a proponer alternativas de manejo y conservación para la quebrada, se recomienda implementar las siguientes acciones encaminadas a la necesidad de robustecer los esquemas de gobernanza comunitaria del recurso hídrico, formulando una propuesta integral de manejo y conservación

bajo el enfoque de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH). Conforme a los lineamientos de la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de Rondas Hídricas para Colombia, así como el marco normativo sanitario y ambiental vigente, incluyendo disposiciones de planificación territorial, uso eficiente del agua y participación comunitaria.

En primera instancia, considerando el riesgo sanitario asociado a la presencia parcial de microrganismos patógenos, se recomienda la implementación de un sistema de potabilización, el cual debe constar con procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, garantizando el cumplimiento de valores mínimos y máximos establecidos en la resolución 2115 de 2007. Asimismo, se recomienda la implementación de un Plan Operativo y Mantenimiento (POM) y el seguimiento del Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA), en concordancia con los lineamientos de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano.

De manera complementaria, y en reconocimiento del rol estratégico de la Asociación de Acueducto Comunitario Alto Afán (ACCOA), se recomienda que la autoridad ambiental competente Corpoamazonia fortalecer mecanismos de asistencia técnica, acompañamiento institucional y cofinanciación. Este fortalecimiento debe articularse con los instrumentos de planificación ambiental y territorial, particularmente con el POMCA del rio Mocoa, en coherencia con lo establecido en la ley 388 de 1997, la cual reconoce las determinantes ambientales como elementos estructurantes de ordenamiento territorial.

Por otro lado, para garantizar la sostenibilidad y adaptabilidad del sistema, se propone la implementación de un programa de monitoreo integral sistemático, estructurado bajo protocolos estandarizados y con aseguramiento de calidad. Este deberá incluir monitoreo biológico (Índices BMWP/Col y EPT), fisicoquímico y microbiológico, recomendándose una periodicidad estacional, complementada con monitoreo ante eventos extremos. Lo anterior en concordancia,

con el Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEEA), el cual promueve la gestión sostenible del recurso hídrico mediante el control de perdidas, optimización del consumo y cultura de ahorro.

En cuanto a la protección de la ronda hídrica, se plantea la delimitación técnica de una franja de protección de ancho variable, basada en criterios geomorfológicos, hidrológicos y ecosistémicos, en cumplimiento de la Guía Técnica de Criterios Ambientales para el Acotamiento de Rondas Hídricas para Colombia (2018). Esta delimitación debe incorporar variables como el cauce activo, zonas de inundación, dinámica de sedimentos y áreas de recarga hídrica, constituyéndose como una determinante ambiental de obligatorio cumplimiento en los instrumentos de ordenamiento territorial, conforme a la Ley 388 de 1997. Posteriormente, esta zona debe ser objeto de restauración ecológica, que incluirá revegetación con especies nativas, aislamiento de áreas sensibles y control de presiones antrópicas, garantizando que la franja de protección no supere los 30 metros de ancho, conforme al límite máximo establecido en el Decreto 2245 de 2017, por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas, considerando que la zona media de la microcuenca es la mayormente sometida a presiones antrópicas como se puede evidenciar en la figura 2.

Adicionalmente, para mitigar las fuentes difusas de contaminación, se recomienda la implementación de buenas prácticas agropecuarias, incluyendo el manejo integrado de plagas (MIP), el uso eficiente de fertilizantes, sistemas silvopastoriles y franjas de amortiguamiento ribereñas. Estas acciones deben ser fortalecidas mediante procesos de educación ambiental participativa, orientados en la apropiación social del recurso hídrico.

Finalmente, se recomienda la integración de todos los componentes del estudio en un instrumento de planificación unificado, como el Plan de Manejo Ambiental (PMA), que consolide acciones de tratamiento, conservación, monitoreo y educación. Dicho instrumento permitirá articular las medidas propuestas con la normativa vigente y procesos de planificación territorial y ambiental, garantizando la sostenibilidad del recurso hídrico, la protección del ecosistema y el acceso al agua potable bajo principios de equidad, participación y sostenibilidad integral.

Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que la quebrada El Almorzadero presenta un estado ecológico favorable desde el componente biológico, con un índice BMWP/Col de 104 puntos, lo cual lo clasifica dentro de la categoría de aguas limpias según los criterios establecidos por Roldán-Pérez (2016b). Este valor indica la presencia predominante de familias sensibles y modernamente sensibles a la contaminación, reflejando condiciones de buena oxigenación y estabilidad del hábitat bentónico. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Gutiérrez-Garaviz et al. (2023b) en la quebrada el Cofre (Cauca), donde los tramos con menor intervención antrópicos presentaron mejores condiciones ambientales y mayor diversidad de macroinvertebrados sensibles. No obstante, el valor obtenido supera significativamente los reportados sensibles. Sin embargo, el valor obtenido supera significativamente los reportados por Enrique (2023b) en el rio Otún (Risaralda), donde identificaron una disminución de la diversidad de macroinvertebrados asociados al aumento de DBO_5, conductividad y turbidez por presiones urbanas, lo cual confirma que la quebrada el Almorzadero mantiene condiciones de referencias o muy cercanas a las naturales.

El índice EPT alcanzo un valor de 86.05 %, con 1.166 individuos de los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera sobre un total de 1.355 organismos colectados. Este porcentaje clasificado como muy buena calidad según los criterios de (Instituto Humboldt, s. f.), indica un ecosistema acuático con alta integridad ecológica y condiciones óptimas de oxigenación y calidad de sustrato. La familia Baetidae del orden (Ephemeroptera) presento la mayor abundancia con 765 individuos, destacándose el género *Baetodes* SP con 453 organismo, lo que confirma aguas bien oxigenadas y con baja perturbación. Este patrón es similar al observado por Álvarez et al. (2023) en la quebrada la Víbora (Caldas), donde los sectores con

menor uso agroquímicos y pastoreo mantuvieron poblaciones significativas de Ephemeroptera sensibles.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, el oxígeno disuelto es de 8.68 mg/L, pH de 8, conductividad de 73 µS/cm y solidos suspendidos totales <10 mg/L los cuales cumplen ampliamente con los límites máximos establecidos por la normativa colombiana. Estos resultados obtenidos son previamente comparables con los valores reportados por (Agudelo ealt.,2023) en el rio Mulato de Mocoa-Putumayo para sectores con baja intervención, aunque superiores en oxigenación encontrados en zonas de influencia agrícola y ganadería de la misma región. El índice de Calidad del Agua (ICA) calculado según la metodología del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) fue de 0.92, clasificado el recurso en la categoría Bueno el cual tiene un rango de (0.91-1.0), lo cual lo consolida el diagnostico positivo desde la perspectiva fisicoquímica del agua.

A pesar de los resultados obtenidos del análisis microbiológico del agua evidenciaron presencia de Coliformes totales, lo que contrasta con los resultados biológicos y fisicoquímicos. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Hernández et al. (2021) en la quebrada Jui afluente del rio Sinú, donde encontraron concentraciones elevadas de Coliformes totales en estaciones influenciadas por actividades agrícolas, especialmente durante temporadas de lluvias. De manera similar, Ávila et al. (2012b) en el municipio de Guatavita- Cundinamarca, encontraron que el agua de consumo humano en zona rural presentaba recuentos de Coliformes totales y E. Coli superiores a lo establecido por la normativa, mientras que en la zona urbana cumplía con los parámetros, evidenciando la vulnerabilidad sanitaria en zonas rurales que carecen de un sistema de tratamiento convencional. De Navia Msc y Msc (2010b) evaluaron la calidad del agua en comunas rurales de Cundinamarca encontrando que el Índice de Riesgo de

Calidad del Agua oscilaba entre 1.2 y 95.2, con solo el 3% de las muestras sin riesgo, concluyendo que los residentes enfrentaban grandes riesgos para la salud relacionados con el agua.

La presencia de Coliformes totales en la quebrada Almorzadero adquiere especial relevancia a considerar ya que aproximadamente 500 familias se abastecen del agua de la fuente sin tener ningún tratamiento convencional. Rodríguez et al. (2024b) evaluaron la calidad el agua subterránea en la región del Valle Medio del Magdalena encontrando presencia de Coliformes totales y fecales en el 89% y 58% de las muestras respectivas, con más del 84% de las muestras representando un alto riesgo para la salud humana según el IRCA, y documentando dos muertes en el año 2019 por Enfermedades de Diarrea Agua (EDA) asociadas al consumo de agua contaminada. Antecedente que resulta particularmente preocupante para el caso de estudio, ya que a pesar de la calidad ecológica que presenta esta fuente, el riesgo sanitario es latente. Guzmán et al. (2015) analizaron la calidad del agua para consumo humano en Colombia (2008-2012) encontrando una correlación significativa entre la calidad del agua y su mortalidad infantil, siendo uno de los problemas más considerable en las zonas rúales de Colombia, lo que refuerza la necesidad de intervención en la quebrada Almorzadero para llegar a prevenir cualquier tipo de caso de enfermedades por el consumo de agua cruda sin tratamiento convencional.

Además, la delimitación y restauración de rondas hídricas propuestas en la presente investigación coinciden con estrategias implementadas en diferentes cuencas ribereñas de Colombia. Dichas estrategias, han incorporado la participación comunitaria en procesos de reforestación y protección de zonas ribereñas adyacentes a los cuerpos de agua, lo cual resulta fundamental no solo para la conservación de macroinvertebrados acuáticos, macrófitas, peces y fauna, sino también para la generación de oxigeno y mantenimiento de servicios ecosistémicos

de aprovisionamiento, regulación, soporte y cultura (Rodríguez, 2026). Este enfoque participativo refuerza las medidas propuestas para la Quebrada el Almorzadero, al articular la gestión ambiental comunitaria con la protección de la microcuenca.

En concordancia con lo anterior, la presente investigación coincide parcialmente en la necesidad de implementar medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación, con los planteamientos del trabajo de grado desarrollado en las microcuencas de las quebradas Charco Negro y Sonora, en el corregimiento de Tribuna – Córcega, zona rural de Pereira. Dicho estudio tuvo como propósito formular un Plan de Manejo Ambiental (PMA) a partir de variables ambientales afectadas por actividades antrópicas (Valencia & Hidalgo, 2009).

Conclusiones

El desarrollo de la presente investigación permitió realizar una evaluación integral de la quebrada El Almorzadero, estableciendo una línea base técnica fundamental para la gestión del recurso hídrico y el trámite de concesión de aguas ante la autoridad ambiental

Desde el componente biológico, se determinó que la calidad ecológica de la quebrada es buena a muy buena, evidenciada por el registro de 1355 individuos distribuidos en 3 órdenes, 13 familias y 20 géneros, con un claro predominio por la familia Baetidae del género *Baetodes* sp, cuya abundancia representativa es indicativa de aguas bien oxigenadas. En coherencia con lo anterior los índices biológicos corrobora el buen estado del ecosistema acuático: el índice BMWP/Col obtuvo un puntaje de 104, clasificando el agua con calidad buena a muy buena, lo que refleja una baja afectación por contaminación orgánica; mientras que el índice EPT alcanzo un 86.05%, confirmando el predominio de organismos sensibles a alteraciones ambientales los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, característicos en ecosistemas acuáticos bien conservados. Esta buena salud ecológica se ve respaldada por los análisis fisicoquímicos, cuyos resultados demostraron que parámetros como oxígeno disuelto 8.68 mg/L, pH 8.0, una conductividad eléctrica 73.5 µS/cm, los sólidos suspendidos totales < 10mg/L, DBO_5 < 2 mg O2/L y DQO < 20 mg O2/L indican condiciones adecuadas para el sostenimiento de la vida acuática. El índice de Calidad del Agua (ICA), calculado según la metodología del IDEAM, fue de 0.92 clasificándolo el recurso hídrico en la categoría buena.

Sin embargo, a pesar de la excelente calidad ecológica y fisicoquímica, se evidencio la presencia parcial de Coliformes totales y *Escherichia coli*, hallazgo que contrasta con los demás resultados y presenta un riesgo sanitario significativo, especialmente debido a que el agua es

captada y distribuida a aproximadamente 500 familias sin ningún tipo de tratamiento convencional.

Por lo tanto, se concluye la importancia de implementar un sistema de tratamiento convencional para garantizar la protección y cuidado de la población beneficiaria.

Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se recomienda

- Implementación de tratamiento; en los resultados pudimos observar presencia parcial de *Coliformes totales y E. Coli,* se recomienda de manera prioritaria la implementación de un sistema de tratamientos convencional para garantizar la potabilidad del agua y mitigar el riesgo de enfermedades de origen hídrico (EDA) en la población.
- Se recomienda a la autoridad competente Corpoamazonia brindar un acompañamiento técnico y financiero continuo a la Asociación de Acueducto Comunitario Alto Afán (ACOOA), reconociendo su labor en la protección del recurso hídrico.
- Establecer un programa permanente de monitoreo integral que incluya análisis biológicos (BMWP/Col y EPT), físicos químicos y microbiológicos en épocas secas y lluviosas.
- Realizar monitoreos posteriores a eventos hidrometeorológicos extremos para evaluar posibles afectaciones en la calidad del agua.
- Fortalecer la protección de la ronda hídrica con base a los criterios geomorfológicos, hidrológicos y ecosistémicos establecidos en el Decreto 2245 de 2017.
- Promover buenas prácticas agropecuarias con el fin de reducir la contaminación difusa por agroquímicos y sedimentos mediante acciones del (MIP).
- Desarrollar programas de educación ambiental dirigidos a la comunidad usaría del acueducto y actores clave de la microcuenca.
- Utilizar los resultados del estudio como soporte en el trámite de concesión de aguas ante la autoridad competente y así como en la formulación de un Plan de Manejo Ambiental.

Referencias

Acevedo Agudelo, Yobany; Durango Tangarife, William Ferman (2021) Programa de recuperación urbana y descontaminación de la quebrada Malpaso del barrio Robledo Bello Horizonte, en el sector que comprende de la carrera 80 a 85, comuna 7- Robledo Medellín. Universidad Pascual Bravo. https://repositorio.pascualbravo.edu.co/server/api/core/bitstreams/2302177f-7b8d-45f0-9b1f-f2516e6b11fc/content

Acevedo Agudelo, Yobany; Durango Tangarife, William Ferman (2021) Programa de recuperación urbana y descontaminación de la quebrada Malpaso del barrio Robledo Bello Horizonte, en el sector que comprende de la carrera 80 a 85, comuna 7- Robledo Medellín. Universidad Pascual Bravo. https://repositorio.pascualbravo.edu.co/server/api/core/bitstreams/2302177f-7b8d-45f0-9b1f-f2516e6b11fc/content

Agudelo, L., Muñoz, A., Enríquez, V., Silva Castillo, N. A., & Lozano, R. (2023). Calidad fisicoquímica del río Mulato en Mocoa Putumayo-Colombia. Tecnología Y Ciencias Del Agua, 14(6), 158–203. https://doi.org/10.24850/j-tyca-14-06-05

Alcaldía de Mocoa. (s. f.). https://www.mocoa-putumayo.gov.co/Paginas/Inicio.aspx

Álvarez Beltrán, Valeria; Ramírez Giraldo, Juan José; Cardona Uran, Juan David (2023) Diagnostico Ambiental Quebrada La Víbora. https://es.scribd.com/presentation/635018337/Untitled

Aquaes (2025) Turbidez del agua: Causas, Medición y Soluciones. https://aquaes.com.co/entender-la-turbidez-del-agua-causas-medicion-y-soluciones/

Arquiola, J. P., Solera, A. S., & Alvarez, J. A. (2017). Tecnología y ciencias del agua. *Tecnología y Ciencias del Agua*. https://doi.org/10.24850/j-tyca-imta

Carmona, A. (2023, 10 mayo). *Descubre la solubilidad del oxígeno en agua a 25ºC*. Química. https://quimica.diaonia.com/descubre-la-solubilidad-del-oxigeno-en-agua-a-25oc/

Corpoamazonia. (2023). POMCA Río Mocoa – Documento consolidado (14 de agosto de 2023). https://www.corpoamazonia.gov.co/files/consultas/2023/20230814_POMCA_Rio_Mocoa.pdf

De Navia Msc, S. L. Á., & Msc, S. M. E. T. (2010b). Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca. Nova, 8(14), 206-212. https://doi.org/10.22490/24629448.451

Decreto 1076 de 2015 (2025, 17 de junio) Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153

Decreto 1210 de 2020 (2020, 2 de septiembre) Congreso de la República. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=141359}

Decreto 1541 de 1978. (1978, 28 julio). Función Pública. Recuperado 2 de marzo de 2026, de https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1250

Decreto 1608 de 1978 (1978, Julio 31). Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.funcionpublica.gov.co/eva//gestornormativo/norma.php?i=8241

Decreto 2041 de 2014 (2014, 15 de octubre) Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/decreto-2041-2014/

Decreto 3930 de 2010 (2010, 6 de junio). Congreso de la República. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=40620

Enrique, Z. M. N. (2023b, mayo 27). Análisis sobre los riesgos ambientales y zonificación de las áreas de afectación por amenaza volcánica hidrográfica del rio Otún ubicado en el municipio Dosquebradas del departamento de Risaralda. https://repository.unad.edu.co/jspui/handle/10596/56116?locale=es

Guerra, B. E., & Chacon, M. R. (2012b, diciembre 1). Simbiosis micorrizica arbuscular y acumulación de aluminio en brachiaria decumbens y manihot esculenta. https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/812

Gutiérrez Garaviz, Jhonatan (2010) Evaluación de la calidad biológica y físico-química del agua y su capacidad de autodepuración en un tramo del Río Cofre con base en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/7679/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20biol%C3%B3gica%20y%20f%C3%ADsico-qu%C3%ADmica%20del%20agua%20y%20su%20capacidad%20de%20autodepuraci%C3%B3n.pdf?sequence=1

Gutiérrez, S. (2023). Qué significa alcalinidad: Un concepto clave para entender la química del agua - Domingo El Universal. Domingo el Universal. https://www.domingoeluniversal.mx/que-significa-alcalinidad/

Gutiérrez-Garaviz, J., Zamora-González, H., & Jiménez, N. M. A. (2023b). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la zona de autodepuración en un sistema lótico andino colombiano. Revista Novedades Colombianas, 18(2). https://doi.org/10.47374/novcol.2023.v18.2360

Guzmán, B. L., Nava, G., & Díaz, P. (2015). Calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012. Biomédica, 35(0). https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2511

Hernández-Álvarez, Urledys; Pinedo-Hernández, José; Paternina-Uribe, Roberth; Marrugo Negrete, José Luis (2021) Evaluación de calidad del agua en la Quebrada Jui, afluente del río Sinú, Colombia. ISSN 0123-4226. https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1678

Holdirdge (1967). (2019). Biogeografia. Recuperado 27 de febrero de 2026, de https://biogeografia.net/bioclima06e.html

IDEAM. (2025, 22 diciembre). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Recuperado 27 de febrero de 2026, de https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/informes/Normales%20clim%C3%A1ticas%20est%C3%A1ndar

Industriapedia.com (s.f) Qué es Sólidos Totales Suspendidos (TSS) https://industriapedia.com/que-es-solidos-totales-suspendidos-tss/

Inicio - Bienvenido al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -. (2025b, diciembre 22). https://www.minambiente.gov.co/

Instituto Humboldt. (s. f.). Instituto Alexander Von Humboldt. https://www.humboldt.org.co/

Institutodelaguaes. (2024, 21 enero). Parámetros Químicos Esenciales para Determinar la Calidad del Agua: Una Guía Completa | Instituto del Agua. Instituto del Agua. https://institutodelagua.es/calidad-del-agua/son-parametros-quimicos-de-la-calidad-del-aguacalidad-del-agua/#google_vignette

Institutodelaguaes. (2024a, enero 20). *Microorganismos Indicadores de la Calidad del Agua: Guía Completa para Entender su Importancia | Instituto del Agua*. Instituto del Agua. https://institutodelagua.es/calidad-del-agua/microorganismos-indicadores-de-la-calidad-del-aguacalidad-del-agua/

La Importancia de la Calidad del Agua en Colombia – LMB. (2024, 10 mayo). https://www.lmb.com.co/2024/05/10/la-importancia-de-la-calidad-del-agua-en-colombia/

Ley 1333 de 2009. (2009, 21 de julio) Senado de la República de Colombia. Diario Oficial No. 53.223 - 25 de agosto de 2025. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1333_2009.html

Ley 2111 de 2021 (2021, 6 de junio). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/norma-de-reuso/

Ley 373 de 1997 (1997, 6 de junio) Diario Oficial No. 43.058 de 11 de junio de 1997. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-373-1997.pdf

Ley 611 de 2000. (2000, 6 de junio). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/norma-de-reuso/

Ley 99 de 1993 (1993, 22 de diciembre) Ministerio de Medio Ambiente. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297

M&M (2024). El Oxígeno Disuelto y su Importancia en la Calidad del Agua https://myminstrumentostecnicos.com/el-oxigeno-disuelto-y-su-importancia-en-la-calidad-del-agua/

Mocoa – GIPMocoa. (s. f.). https://www.gipmocoa.com/mocoa/

Oficina Internacional del Agua - OiEau (s. f.). Biodiversidad acuática. https://www.oieau.org/es/temas/biodiversidad-acuatica

Ondarse Álvarez, Dianelys (2025). Enciclopedia Concepto. pH - Concepto, escala de medidas, cómo se mide y ejemplos. https://concepto.de/ph/.

Patiño Silva, Omar Francisco; Osorio Baquero, Ismael (2011) Estudio físico-químico de la quebrada padre de Jesús, desde la vereda Fátima hasta su canalización en la avenida circunvalar de la ciudad de Bogotá (2011) Revista UD Geomática. https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/UDGeo/article/view/3650

Redirecting. (s. f.-b). https://ideamcol-my.sharepoint.com/personal/hidrologia_ideam_gov_co/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fhidrologia%5Fideam%5Fgov%5Fco%2FDocuments%2FPublicaciones%20Hidrolog%C3%ADa&ga=1

Resolución 2115 - 2007 | MinVivienda. (s. f.). https://www.minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2115-2007

Resolución 2115 de 2007. (2007, 22 de junio) Ministerio de vivienda, Ciudad y Territorio https://www.minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2115-2007

Rodríguez, C. (2026). La restauración de las rondas hídricas del país y la forma en que la sociedad debe contribuir a la conservación hídrica. El Colono del Sur. https://elcolonodelsur.com/2024/02/23/la-restauracion-de-las-rondas-hidricas-del-pais-y-la-forma-en-que-la-sociedad-debe-contribuir-a-la-conservacion-hidrica/

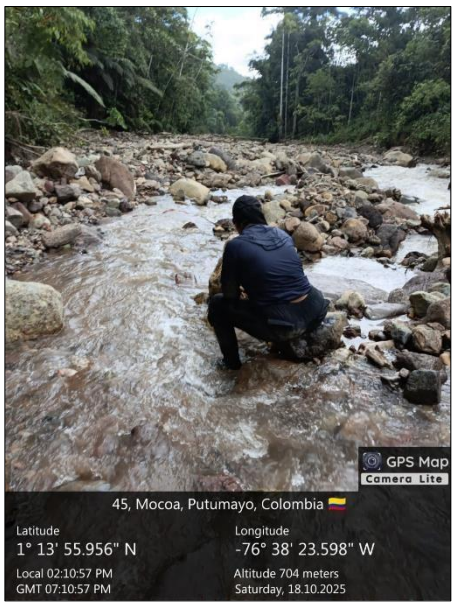
Rodríguez, Y. C. C., Domínguez, P. A. P., Melo, H. E. P., & Molano, N. P. C. (2024b). Relación entre la calidad del agua y la mortalidad por enfermedad diarreica aguda en menores de cinco años, Colombia, 2018 a 2021. Reporte Epidemiológico Nacional, 6(4), 4-19. https://doi.org/10.33610/28059611.167

Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamerica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, *40*(155), 254. https://doi.org/10.18257/raccefyn.335

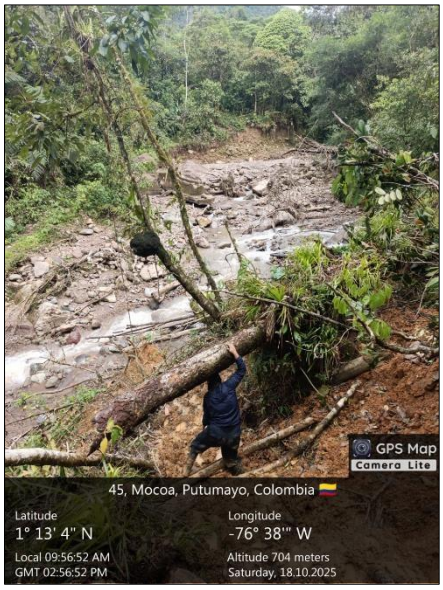
Roldán-Pérez, G. (2016b). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamerica. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, 40(155), 254. https://doi.org/10.18257/raccefyn.335

Valencia, A., & Hidalgo, R. (2009). Plan de Manejo Ambiental de las microcuencas de las quebradas charco negro y sonora en el corregimiento de tribunas - Córcega centro poblado el manzano zona rural de la ciudad de Pereira. universidad libre seccional pereira.https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/18565/PLAN%20MANEJO%20AMBIENTAL%20DE%20LAS%20MICROCUENCAS.pdf

Anexos

<table>
<tr>
<td>

Nota: colecta de macro invertebrados</td>
<td>

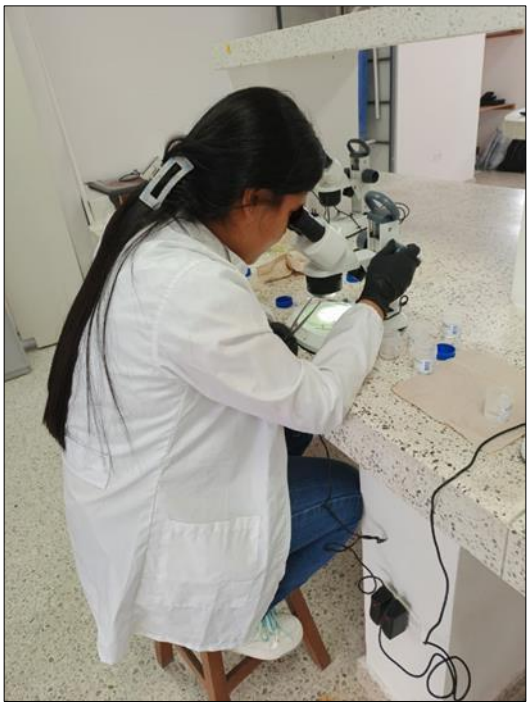
Nota: toma de primera muestra de agua.</td>
</tr>
<tr>
<td>

Nota: quebrada luego de ser afectada por avenida fluvio-torrencial.</td>
<td>

Nota: sellado de frasco de primera muestra de agua.</td>
</tr>
</table>



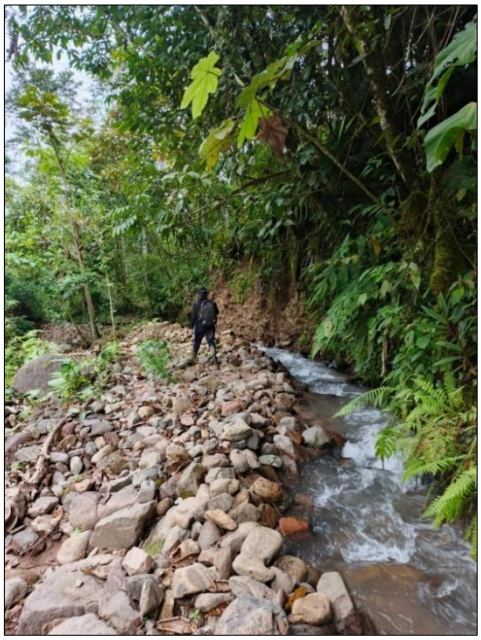
Nota: rotulacion de tarros.



Nota: identificacion de taxones en laboratorio.



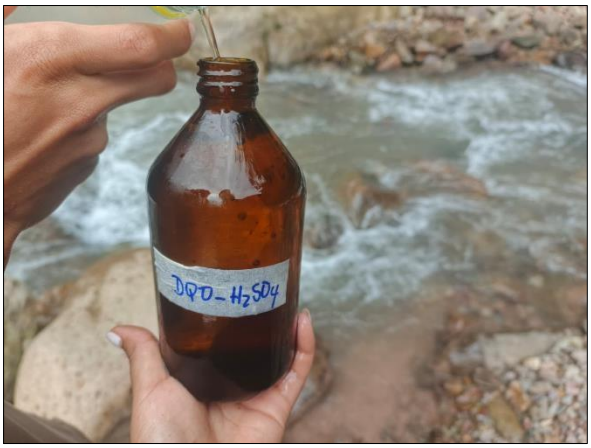
Nota: identifacion de taxones en laboratorio.



Nota: cauce de bocatoma de abastecimiento.



Nota: materiales para muestreo de agua.



Nota: envasado de muestra de agua.



Nota: frasco para conservar muestra de agua.



Nota: estereoscopio.



Nota: rotulación de frascos de material biológico.



Nota: medición de caudal.



Nota: aforo de estaca para medición de profundidad del cauce.



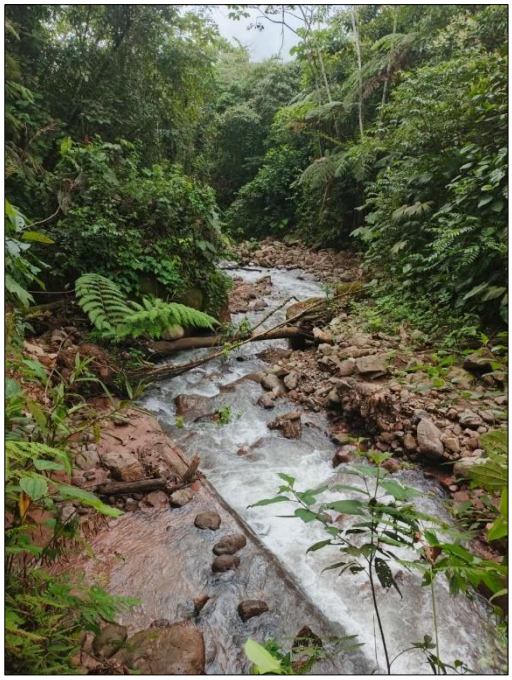
Nota: toma de medidas del cauce para calcular caudal de la quebrada.



Nota: medición de profundidad del cauce.



Nota: aforo de estaca.



Nota: quebrada antes de ser afectada por avenida fluvio-torrencial.



Nota: quebrada luego de ser afectada por avenida fluvio-torrencial.

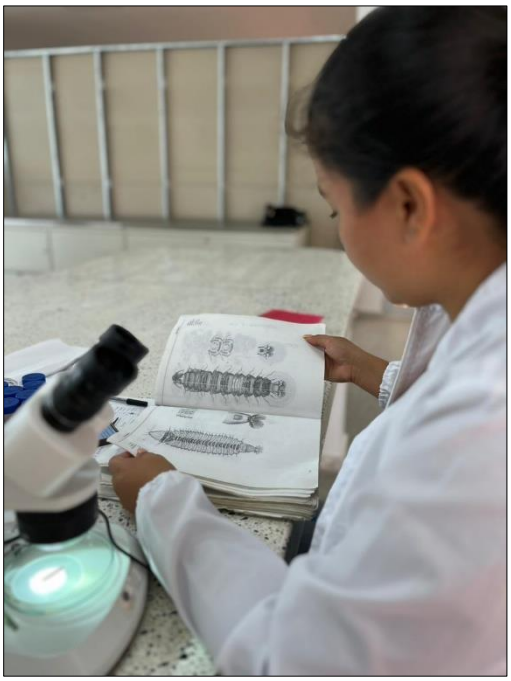
	
Nota: Revisión de información para identificación taxonómica.	**Nota:** Clasificación de macroinvertebrados por zona de muestreo.

Figura 14

Resultados de laboratorio de análisis fisicoquímicos del agua cruda de la quebrada

Universidad de Nariño
FUNDADA EN 1904

SECCION DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y AGUAS
INFORME DE RESULTADOS MUESTRAS AMBIENTALES

Código: LBE-
Página: 1 de 1
Versión: 05
Vigente a partir de:
2022-03-10

"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parametros: Alcalinidad, Conductividad a 25°C, Nitritos, Sulfatos, Grasas y aceites, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Toma de muestra simple o puntual: pH (SM 4500-H+B), : Fósforo total, Fosfatos, Turbiedad, Cloruro, Dureza Total, Dureza Calcio, Toma de muestra simple o puntual: Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua. IDEAM 2021. Variables medidas en campo: Sólidos sedimentables (SM 2540 F), Oxígeno disuelto (SM 4500 OH). Temperatura (SM 2550 B), Conductividad eléctrica (SM 2510 B), Caudal (Volumétrico).

IDEAM
Laboratorio Acreditado por el IDEAM Resolución No 0523 de 04 de junio de 2024

FECHA EMISION RESULTADOS: 2025-06-24 **INFORME No:** LAQ-R-088-25

AREA:

DATOS USUARIO		DATOS MUESTRAS	
Solicitante:	DAYAN DAVID JIMENEZ LEITON	Tipo de Muestra:	**AGUA CRUDA**
Dirección:	VEREDA PORVENIR,SALIDA MOCOA, PITALITO	Tipo de Muestreo:	SIMPLE
Teléfono:	3115811393	Sitio de Toma:	MOCOA, PUTUMAYO
nit:	1.077.849.281	Responsable del Muestreo:	EXTERNO: DAYAN DAVID JIMENEZ
e-mail	ddjimenez24@itp.edu.co	Fecha de Muestreo:	2025-05-28
Cotización No:	LAQ-C-199-25	Fecha Recepción Muestra en Laboratorio:	2025-05-29

TIPO DE ANALIS SOLICITADOS: FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO PARCIAL

Código Muestra LAQ-167-25	Descripción
	QUEBRADA EL ALMORZADERO, VEREDA EL ALTO AFAN-MUNICIPIO MOCOA

PARAMETRO	METODO	TECNICA	CODIGO MUESTRA LAQ-167-25	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	HORA DE ANALISIS
CONDUCTIVIDAD A 25 °C	SM EDICION No 24 2510 - B	ELECTROMETRICA	73,5	us/cm	2025-05-29	10:25:00
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM EDICION No 24 2540 - D	GRAVIMETRICA	<10,0	mg/L	2025-05-30	9:00:00
OXIGENO DISUELTO	SM EDICION No 24 4500-O-C	AZIDA-TITULOMETRICO	8,68	mg Co / L	2025-05-29	9:42:00
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	Incubación a 5 días SM ED. 24-5210- B, 4500 OH	FOTOMETRICA	<2,00	mg O2/ L	2025-05-29	10:00:00
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	SM EDICION No 24 5220- D	COLORIM. REF. CERRADO	<20,00	mg O2/ L	2025-06-18	10:00:00

OBSERVACIONES

DESVIACIONES / EXLCUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME (El Laboratorio solo es responsable del analisis de la muestra)

Los resultados aquí reportados corresponden a la muestra conforme se recibió en el laboratorio.

El análisis de la muestra registrada se realizó de acuerdo a los Protocolos establecidos dentro del Laboratorio de Análisis Químico y Aguas de la Universidad de Nariño.

Prohibida su reproducción parcial o total sin previa autorización del laboratorio.

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

ESTE INFORME REEMPLAZA AL ORIGINAL

Elaboró: 2025-06-11 A.A.
Revisó: 2025-06-24 JR

original firmado
RUTH JOHANA RODRIGUEZ L.
Química PQ -2828 CPQ
Universidad de Nariño

FIN INFORME DE RESULTADOS

Nuestro Compromiso Universitario es la Excelencia
Ciudad Universitaria- Torobajo - Telefónos 7244309 - 7311449 Extensión 2120

Fuente: Investigación propia.

Tabla 10

Identificación taxonómica de macroinvertebrados acuáticos por: Orden, Familia, Genero y Abundancia.

Especies	Abundancia	Taxonomía
	46	Orden: Megaloptera Familia: Corydalidae Género: *Nigronia* sp
	125	Orden: Ephemeroptera Familia: Hydropsychidae Género: *Hydropsyche* sp

	2	Orden: Diptera Familia: Tipulidae Género: *Hexatoma* sp
	15	Orden: Diptera Familia: Blepharoceridae Género: *Limonicola* sp
	152	Orden: Ephemeroptera Familia: Leptophlebiidae Género: *Thraulodes* sp

	84	Orden: Ephemeroptera Familia: Leptophlebiidae Género: *Zephilibia* sp
	18	Orden: Plecoptera Familia: Perlidae Género: *Anacroneuria* sp
	209	Orden: Ephemeroptera Familia: Baetidae Género: *Dactylobaetis* sp

	1	Orden: Coleóptera Familia: Psephenidae Género: *Psephenops* sp
	3	Orden: Odonata Familia: Gomphidae Género: *Progomphu*s sp
	58	Filo: Arthropoda Orden: Ephemeroptera Familia: Baetidae Género: *Parocloedes* sp

	5	Orden: Ephemeroptera Familia: Leptophlebiidae Género: *Tepakia* sp
	3	Orden: Trichoptera Familia: Hydrobiosidae Género: *Aptosyche* sp
	13	Orden: Ephemeroptera Familia: Leptophlebiidae Género: *Thraulophebia* sp

	20	Orden: Diptera Familia: Dixidae Género: *Dixa* sp
	1	Orden: Trichoptera Familia: Leptoceridae Género: *Atanatolica* sp
	100	Orden: Diptera Familia: Simuliidae Género: *Simulium* sp

	453	Orden: Ephemeroptera Familia: Baetidae Género: *Baetodes* sp
	2	Orden: Diptera Familia: Tipulidae Género: *Nippotipula* sp
	45	Orden: Ephemeroptera Familia: Baetidae Género: *Baetis* sp

Fuente: Investigación propia.

Figura 15

Resultados de laboratorio de análisis microbiológicos del agua cruda de la quebrada

Universidad de Nariño
FUNDADA EN 1904

SECCION DE LABORATORIOS DE DOCENCIA E INVESTIGACIÓN
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y AGUAS
INFORME DE RESULTADOS MUESTRAS AMBIENTALES

Código: LBE-
Página: 1 de 1
Versión: 06
Viegente a patir de :
2025-09-30

"Laboratorio Acreditado por el IDEAM bajo Resolución N°. 0523 del 04 de junio de 2024 para las variables: Alcalinidad, Conductividad a 25°C, Cloruro, Sulfato, Dureza Total, Dureza Cálcica, Nitrito, Fósforo Reactivo Total, Fósforo Total, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Turbidez, Aceites y Grasas, Muestreo Puntual de acuerdo al Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua. IDEAM 2021. Variables medidas en campo: (pH, Temperatura, Conductividad, Sólidos Sedimentables, Caudal, Oxígeno Disuelto, Muestreo Compuesto de acuerdo al Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua. IDEAM 2021. Variables medidas en campo: (pH, Temperatura, conductividad, Oxígeno Disuelto, Sólidos Sedimentables, Caudal)".

IDEAM
LABORATORIO ACREDITADO
NTC-ISO/IEC 17025
Resolución 0523 de 2024

FECHA EMISION RESULTADOS:	2026-02-11	**INFORME No:**	LAQ-R-003-26

DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS	
Solicitante:	Estudiante Dayan David Jimenez-Instituto Técnico del Putumayo, Proyecto de investigación titulado: "Evaluación de calidad fisicoquímica y microbiológica de la quebrada El Almorzadero, Mocoa-Putumayo."		Tipo de Muestra:	**Agua cruda**
Dirección:	Vereda Porvenir, Salida Mocoa (Putumayo)		Tipo de Muestreo:	Simple
Teléfono:	3115811393		Sitio de Toma:	Vereda Alto Afan, Municipio de Mocoa, Putumayo.
nit:	Cédula ciudadanía	1.077.849.281	Responsable del Muestreo:	Externo: Dayan Jimenez Leyton.
e-mail	ddjimenez24@itp.edu.co		Fecha de Muestreo:	2026-01-27
Cotización No:	LAQ-C-004-26		Fecha Recepción Muestra en Laboratorio:	2026-01-27

TIPO DE ANALIS SOLICITADOS	FISICOQUIMICO Y MICROBIOLÓGICO PARCIAL

Código Muestra	**Descripción**
LAQ-005-26	Quebrada El Almorzadero, Vereda Alto Afán, Municipio de Mocoa, Putumayo.

PARAMETRO	METODO	TECNICA	CODIGO MUESTRA LAQ-005-26	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	HORA DE ANALISIS	
COLIFORMES TOTALES	SM ED. 24 9221 C	DENSIDAD BACTERIANA	**3500**	NMP/100 cm³	2026-01-28	8:40:00	
ECHERICHIA COLI	SM ED. 24 9221 C	DENSIDAD BACTERIANA	**230**	NMP/100 cm³	2026-01-28	8:40:00	

OBSERVACIONES

CONDICIONES DE MUESTREO

DESVIACIONES / EXLCUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME (El Laboratorio solo es responsable del analisis de la muestra)	Los resultados aquí reportados corresponden a la muestra conforme se recibió en el laboratorio. El análisis de la muestra registrada se realizó de acuerdo a los Protocolos establecidos dentro del Laboratorio de Análisis Químico y Aguas de la Universidad de Nariño. Prohibida su reproducción parcial o total sin previa autorización del laboratorio.

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

ESTE INFORME REEMPLAZA AL ORIGINAL

Elaboró:	2026-02-09 RH.
Revisó:	2026-02-10 JR

original firmado
NANCY GALINDEZ
Bacterióloga Registro No 125
Universidad de Nariño

original firmado
RUTH JOHANA RODRIGUEZ L.
Química PQ -2828 CPQ
Universidad de Nariño

FIN INFORME DE RESULTADOS

Nuestro Compromiso Universitario es la Excelencia
Ciudad Universitaria Torobajo, Calle 18 No. 50-02. Telefónos 7244309 - 7311449 Extensión 2120
Celular-Whatsapp: 3156848036
Correo electrónico: labquimicoaguas@udenar.edu.co

Fuente: Investigación propia.