

**Evaluación de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Guachicos,  
fuente abastecedora del municipio de Pitalito - Huila: Un enfoque basado en indicadores**

Faiver Esteban Meneses Guerrero

Ingrid Katherine Suarez Bermeo

Asesor:

Ing. MSc. PhD. Andres Mauricio Munar Samboni

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Agronomía e Ingeniería Agroforestal

2024

## **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado a Dios, por ser nuestra guía y fortaleza en cada paso de este camino académico. A nuestros padres, por su amor incondicional, sacrificios y apoyo constante, que nos han permitido llegar hasta aquí. A nuestros hermanos y familiares, por su comprensión y ánimo en los momentos difíciles, y por celebrar con nosotros cada logro alcanzado. A nuestros amigos, por su compañía, por hacer de este viaje una experiencia inolvidable y por estar siempre dispuestos a ofrecer una palabra de aliento. A nuestros tutores y directores, por compartir su sabiduría, por inspirarnos a alcanzar la excelencia y por su dedicación incansable a nuestra formación. A nuestros compañeros de estudio, por su colaboración, por los momentos compartidos y por ser una fuente constante de motivación. A nuestros compañeros de trabajo, por su apoyo, camaradería y por contribuir a un ambiente laboral enriquecedor. A nuestros jefes, por su liderazgo, orientación y por brindarnos oportunidades para crecer profesionalmente. A todas las personas que de alguna manera han contribuido a nuestro crecimiento personal y profesional, ya sea con un consejo, una sonrisa o un gesto de apoyo. Esperamos que la información presentada en este archivo sea de amplia utilidad para quienes accedan al mismo.

## **Agradecimientos**

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que han contribuido de manera significativa a la realización de este proyecto. Sin su apoyo y colaboración, este estudio no habría sido posible.

En primer lugar, agradecemos al Ing. MSc. PhD. Andrés Mauricio Munar Samboní, nuestro asesor, por su invaluable guía y apoyo durante todo el proceso de investigación. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para superar los desafíos que se presentaron y para el desarrollo exitoso de este trabajo. Su dedicación y compromiso con la excelencia académica nos han inspirado a alcanzar nuestros objetivos.

Agradecemos también a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), por brindarnos la oportunidad de participar en este proyecto aplicado y por el apoyo logístico y académico proporcionado. Agradecemos a los tutores y directores de la UNAD por compartir generosamente sus conocimientos y por su dedicación en cada una de las actividades desarrolladas en la institución.

Nuestro agradecimiento se extiende a AMBILAB S.A.S., especialmente a Juan Felipe Ramos y Aldemar Calvache, por su asistencia técnica en la toma y análisis de muestras de agua. Su profesionalismo y dedicación fueron esenciales para la obtención de datos precisos y confiables. Agradecemos también a AMBILAB S.A.S. por el uso de sus instalaciones y equipos avanzados, que permitieron realizar análisis detallados y rigurosos.

A la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), en particular al Ing. William Montealegre, por su colaboración en el monitoreo y seguimiento de la calidad

del agua, así como por su apoyo en la logística de campo. Su conocimiento del área y su experiencia en gestión ambiental fueron invaluable para el éxito de este proyecto.

A la Empresa de Servicios Públicos de Pitalito (EMPITALITO E.S.P.), especialmente a Jesus Robinson Muñoz y Licimaco Leiva Petto, por su apoyo en la infraestructura y logística necesarias para la realización de los monitoreos. Su colaboración fue crucial para asegurar que todas las actividades de campo se llevaran a cabo de manera eficiente y segura.

Este proyecto fue posible gracias al apoyo financiero y material proporcionado por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) y AMBILAB S.A.S.. Agradecemos profundamente su contribución, que permitió la adquisición de equipos y materiales necesarios para la investigación.

## Resumen

Este estudio se centra en la evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Guachicos, que abastece al municipio de Pitalito, Huila, Colombia. La investigación es crucial debido a la creciente preocupación por la contaminación del agua causada por actividades agrícolas y urbanas en la región (Cruz Ospina & Ortega Astudillo, 2020). El objetivo principal es determinar los índices de calidad del agua y los índices de contaminación por mineralización, materia orgánica y sólidos suspendidos. Para ello, se realizaron seis monitoreos entre abril y agosto de 2024, midiendo parámetros fisicoquímicos y microbiológicos como temperatura, conductividad eléctrica, dureza, alcalinidad, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), coliformes totales, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno (DQO) y pH. Los resultados indican que la calidad del agua es generalmente aceptable a buena en los puntos de monitoreo aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito. Sin embargo, se observa una disminución significativa en la calidad del agua aguas abajo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, especialmente en términos de contaminación por materia orgánica. Este hallazgo sugiere que las descargas de la PTAR están afectando negativamente la calidad del agua en esta sección del río. Se concluye que es necesario mejorar los procesos de tratamiento de aguas residuales y promover prácticas agrícolas sostenibles para asegurar la calidad del agua a largo plazo. Además, se recomienda implementar un sistema de monitoreo continuo de la calidad del agua, mejorar la infraestructura de la PTAR y desarrollar programas de educación ambiental para la comunidad local.

**Palabras clave:** Agua potable, contaminación, monitoreo, salud pública, recurso hídrico, riesgo sanitario, sostenibilidad.

## Abstract

This study evaluates the water quality in the Guachicos River micro-basin, the main water source for Pitalito, Huila, Colombia. The research addresses the critical issue of water contamination due to agricultural and urban activities. The primary objective is to determine water quality indices and contamination indices for mineralization, organic matter, and suspended solids. Six monitoring sessions were conducted between April and August 2024, measuring physicochemical and microbiological parameters such as temperature, electrical conductivity, hardness, alkalinity, biochemical oxygen demand (BOD5), total coliforms, dissolved oxygen, total suspended solids, chemical oxygen demand (COD), and pH.

Results indicate that the water quality is generally acceptable to good upstream of the intake channel of Pitalito's aqueduct. However, there is a significant decline in water quality downstream of the Wastewater Treatment Plant (WWTP) in Bruselas, particularly concerning organic matter contamination. This suggests that effluents from the WWTP are negatively impacting water quality in this section of the river.

The study concludes that improving wastewater treatment processes and promoting sustainable agricultural practices are essential to ensure long-term water quality. It also recommends implementing a continuous water quality monitoring system, enhancing WWTP infrastructure, and developing environmental education programs for the local community.

**Keywords:** Drinking water, contamination, monitoring, public health, water resource, health risk, sustainability.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	23
Planteamiento del Problema .....	26
Justificación .....	29
Objetivos.....	31
Objetivo General.....	31
Objetivos Específicos.....	31
Marco Conceptual y Teórico .....	32
Agua potable .....	32
Ciclo del agua .....	32
Hidrología de aguas superficiales .....	32
Cuenca hidrográfica .....	32
Escorrentía superficial .....	32
Monitoreo del agua .....	32
Monitoreo de agua superficial .....	33
Monitoreo de calidad .....	33
Muestreo y medición de parámetros fisicoquímicos .....	34
Tipo de muestra.....	34
Parámetros para el monitoreo de calidad del agua.....	34
Variables in situ .....	34

Físicos .....	34
Nutrientes .....	34
Materia Orgánica .....	35
Microbiológicos .....	35
Metales .....	35
Iones Principales, Sales Disueltas.....	35
Temperatura .....	35
Conductividad eléctrica .....	35
Dureza del agua.....	36
Alcalinidad.....	36
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) .....	36
Coliformes totales .....	36
Porcentaje de saturación del oxígeno.....	36
Oxígeno disuelto (OD).....	36
Sólidos suspendidos totales (SST).....	36
Demanda química de oxígeno (DQO) .....	37
pH.....	37
Evaluación de la calidad del agua.....	37
Índice de calidad del agua.....	37
Índices de contaminación (ICO) .....	38

ICOMI, ICOMO e ICOSUS .....	38
Índice de contaminación por mineralización (ICOMI).....	38
Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) .....	39
Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) .....	39
Metodología .....	40
Área de estudio .....	40
Selección de puntos de monitoreo .....	41
Procedimiento de muestreo.....	43
Cálculo de índices de calidad del agua e índices de contaminación.....	44
Índice de calidad del agua (ICA) .....	45
Índice de contaminación por mineralización (ICOMI).....	47
Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) .....	48
Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) .....	48
Análisis de índices de calidad del agua e índices de contaminación .....	48
Evaluación de la calidad del agua.....	49
Estrategias de Gestión Integrada del Recurso Hídrico GIRH.....	50
Resultados y Discusión.....	51
Monitoreo No. 1 - Fecha: 26/04/2024.....	54
Monitoreo No. 2 – Fecha: 24/05/2024.....	58
Monitoreo No. 3 – Fecha: 07/06/2024.....	61

	10
Monitoreo No. 4 – Fecha: 28/06/2024.....	63
Monitoreo No. 5 – Fecha: 12/07/2024.....	65
Monitoreo No. 6 – Fecha: 02/08/2024.....	67
Evaluación de la calidad del agua.....	69
Índice de Calidad del Agua (ICA) .....	69
Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI) .....	72
Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO).....	73
Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS).....	76
Estrategias de Gestión Integrada del Recurso Hídrico GIRH.....	77
Oferta de agua.....	77
Demanda de agua.....	78
Calidad del agua.....	79
Riesgo asociado al agua.....	80
Conclusiones.....	82
Recomendaciones .....	84
Referencias Bibliográficas .....	86
Anexos .....	91

## Lista de Imágenes

**Imagen 1.** *Distribución espacial de los puntos de monitoreo en la cuenca hidrográfica del río Guachicos, en las inmediaciones del punto de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito. .... 42*

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1.</b> <i>Las variables y sus ponderaciones para el caso de 5 variables</i> .....	45
<b>Tabla 2.</b> <i>Índice de Calidad del Agua (ICA)</i> .....	49
<b>Tabla 3.</b> <i>Rangos de los índices de contaminación (ICO)</i> .....	49

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Índice de Calidad del Agua (ICA) a partir de los seis monitoreos realizados en el rio Guachicos</i> .....	69
<b>Figura 2.</b> <i>Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI) a partir de los seis monitoreos realizados en el rio Guachicos</i> .....	72
<b>Figura 3.</b> <i>Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) a partir de los seis monitoreos realizados en el rio Guachicos</i> .....	74
<b>Figura 4.</b> <i>Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) a partir de los seis monitoreos realizados en el rio Guachicos</i> .....	76

## Lista de Fotografías

<b>Fotografía 1.</b> <i>Equipo multiparámetro Hanna HI 991300.....</i>	44
<b>Fotografía 2.</b> <i>Punto de muestreo de aguas superficiales 1, ubicado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora de este municipio. Fecha: 26/04/2024 ....</i>	51
<b>Fotografía 3.</b> <i>Punto de muestreo de aguas superficiales 2, ubicado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila. Fecha: 26/04/2024 .....</i>	51
<b>Fotografía 4.</b> <i>Reconocimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito con el equipo de la UNAD (Faiver Esteban Meneses Guerrero, Ing. MSc. PhD. Andrés Mauricio Munar Samboní e Ingrid Katherine Suarez Bermeo), AMBILAB S.A.S. (Juan Felipe Ramos), CAM (Ing. William Montealegre) y EMPITALITO E.S.P. (Jesus Robinson Muñoz). Fecha: 26/04/2024.....</i>	52
<b>Fotografía 5.</b> <i>Vertimiento de aguas residuales al río Guachicos localizado en el tramo comprendido por los puntos de monitoreo y toma de muestras 1 y 2, proveniente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito. Fecha: 26/04/2024 .....</i>	53
<b>Fotografía 6.</b> <i>Reconocimiento de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila con el equipo de la UNAD (Ingrid Katherine Suarez Bermeo, Ing. MSc. PhD. Andrés Mauricio Munar Samboní y Faiver Esteban Meneses Guerrero), AMBILAB S.A.S. (Juan Felipe Ramos) y CAM (Ing. William Montealegre). Fecha: 24/05/2024 .....</i>	53

**Fotografía 7.** Estación Puente Bruselas - Red de estaciones de monitoreo automático del departamento del Huila, gestionada por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) en Bruselas, Pitalito. Fecha: 26/04/2024 ..... 54

**Fotografía 8.** Integrantes del proyecto (Ingrid Katherine Suárez Bermeo y Faiver Esteban Meneses Guerrero) y personal del laboratorio AMBILAB S.A.S. (Juan Felipe Ramos) en la primera campaña de monitoreo de calidad de agua superficial en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila. Fecha: 26/04/2024 ..... 55

**Fotografía 9.** Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S. realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 1 localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 26/04/2024, Hora: 11:30 a.m. .... 55

**Fotografía 10.** Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S. realizando la medición de parámetros de calidad del agua del río Guachicos en el punto 1 localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila. Fecha: 26/04/2024. .... 56

**Fotografía 11.** Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 2 localizado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 26/04/2024, Hora: 12:30 p.m. .... 56

**Fotografía 12.** Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la medición de parámetros de calidad del agua del río Guachicos en el punto 2 localizado aguas

*abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito. Fecha: 26/04/2024 ..... 57*

**Fotografía 13.** *Integrantes del proyecto (Ingrid Katherine Suarez Bermeo, Faiver Esteban Meneses Guerrero e Ing. Andrés Mauricio Munar Samboní), personal de EMPITALITO E.S.P. (Licimaco Leiva Petto) y de la CAM (Ing. William Montealegre) en la segunda campaña de monitoreo de calidad de agua superficial en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila. Fecha: 24/05/2024 ..... 58*

**Fotografía 14.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 1 localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 24/05/2024, Hora: 10:00 a.m. .... 58*

**Fotografía 15.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la medición de parámetros de calidad del agua del río Guachicos en el punto 1 localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila. Fecha: 24/05/2024 ..... 59*

**Fotografía 16.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 2 localizado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 24/05/2024, Hora: 10:35 a.m. .... 59*

**Fotografía 17.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la medición de parámetros de calidad del agua del río Guachicos en el punto 2 localizado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas*

*Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito. Fecha: 24/05/2024, Hora: 10:35 a.m. .... 60*

**Fotografía 18.** *Integrantes del proyecto (Ingrid Katherine Suarez Bermeo e Ing. Andrés Mauricio Munar Samboní y personal del laboratorio AMBILAB S.A.S. (Juan Felipe Ramos) en la tercera campaña de monitoreo de calidad de agua superficial en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila. Fecha: 07/06/2024..... 61*

**Fotografía 19.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 1 localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 07/06/2024, Hora: 09:45 a.m. .... 62*

**Fotografía 20.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 2 localizado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 07/06/2024, Hora: 10:30 a.m. .... 62*

**Fotografía 21.** *Integrantes del proyecto (Faiver Esteban Meneses Guerrero, Ingrid Katherine Suarez Bermeo) y personal del laboratorio AMBILAB S.A.S. (Juan Felipe Ramos) en la cuarta campaña de monitoreo de calidad de agua superficial en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila. Fecha: 28/06/2024..... 63*

**Fotografía 22.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 1 localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 28/06/2024, Hora: 10:00 a.m. .... 64*

**Fotografía 23.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 2 localizado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 28/06/2024, Hora: 10:46 a.m. .... 64*

**Fotografía 24.** *Integrantes del proyecto (Faiver Esteban Meneses Guerrero, Ingrid Katherine Suarez Bermeo e Ing. Andrés Mauricio Munar Samboní) y personal del laboratorio AMBILAB S.A.S. (Juan Felipe Ramos) en la quinta campaña de monitoreo de calidad de agua superficial en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila. Fecha: 12/07/2024..... 65*

**Fotografía 25.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 1 localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 12/07/2024, Hora: 09:43 a.m. .... 66*

**Fotografía 26.** *Punto de muestreo 2 localizado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas. Fecha: 12/07/2024, Hora: 10:20 a.m. .... 67*

**Fotografía 27.** *Integrantes del proyecto (Ing. Andrés Mauricio Munar Samboní, Faiver Esteban Meneses Guerrero e Ingrid Katherine Suarez Bermeo) y personal del laboratorio AMBILAB S.A.S. (Aldemar Calvache) en la sexta campaña de monitoreo de calidad de agua superficial en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila. Fecha: 02/08/2024..... 67*

**Fotografía 28.** *Aldemar Calvache del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 1 localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 02/08/2024, Hora: 09:43 a.m. .... 68*

**Fotografía 29.** *Aldemar Calvache del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 2 localizado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 02/08/2024, Hora: 10:14 a.m. .... 68*

## Lista de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Resultados de laboratorio No. R3685 - Monitoreo No. 1 - Fecha: 26/04/2024 - Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 1 de 2.....	91
<b>Anexo 2.</b> Resultados de laboratorio No. R3685 -Monitoreo No. 1 - Fecha: 26/04/2024 - Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 2 de 2.....	92
<b>Anexo 3.</b> Resultados de laboratorio No. R3686 -Monitoreo No. 1 - Fecha: 26/04/2024 - Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 1 de 2.....	93
<b>Anexo 4.</b> Resultados de laboratorio No. R3686 -Monitoreo No. 1 - Fecha: 26/04/2024 - Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 2 de 2.....	94
<b>Anexo 5.</b> Resultados de laboratorio No. R3718 -Monitoreo No. 2 – Fecha: 24/05/2024 - Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 1 de 2.....	95
<b>Anexo 6.</b> Resultados de laboratorio No. R3718 - Monitoreo No. 2 – Fecha: 24/05/2024 - Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 2 de 2.....	96
<b>Anexo 7.</b> Resultados de laboratorio No. R3717 - Monitoreo No. 2 – Fecha: 24/05/2024 - Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 1 de 2.....	97
<b>Anexo 8.</b> Resultados de laboratorio No. R3717 - Monitoreo No. 2 – Fecha: 24/05/2024 - Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 2 de 2.....	98
<b>Anexo 9.</b> Resultados de laboratorio No. R3763 - Monitoreo No. 3 – Fecha: 07/06/2024 - Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 1 de 2.....	99
<b>Anexo 10.</b> Resultados de laboratorio No. R3763 - Monitoreo No. 3 – Fecha: 07/06/2024 - Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 2 de 2 .....	100
<b>Anexo 11.</b> Resultados de laboratorio No. R3764 - Monitoreo No. 3 – Fecha: 07/06/2024 - Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 1 de 2 .....	101

<b>Anexo 12.</b> Resultados de laboratorio No. R3764 - Monitoreo No. 3 – Fecha: 07/06/2024 - Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 2 de 2 .....	102
<b>Anexo 13.</b> Resultados de laboratorio No. R3781 - Monitoreo No. 4 – Fecha: 28/06/2024- Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 1 de 2.....	103
<b>Anexo 14.</b> Resultados de laboratorio No. R3781 - Monitoreo No. 4 – Fecha: 28/06/2024- Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 2 de 2.....	104
<b>Anexo 15.</b> Resultados de laboratorio No. R3782 - Monitoreo No. 4 – Fecha: 28/06/2024- Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 1 de 2.....	105
<b>Anexo 16.</b> Resultados de laboratorio No. R3782 - Monitoreo No. 4 – Fecha: 28/06/2024- Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 2 de 2.....	106
<b>Anexo 17.</b> Resultados de laboratorio No. R3795 - Monitoreo No. 5 – Fecha: 12/07/2024- Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 1 de 2.....	107
<b>Anexo 18.</b> Resultados de laboratorio No. R3795 - Monitoreo No. 5 – Fecha: 12/07/2024- Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 2 de 2.....	108
<b>Anexo 19.</b> Resultados de laboratorio No. R3796 - Monitoreo No. 5 – Fecha: 12/07/2024- Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 1 de 2.....	109
<b>Anexo 20.</b> Resultados de laboratorio No. R3796 - Monitoreo No. 5 – Fecha: 12/07/2024- Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 2 de 2.....	110
<b>Anexo 21.</b> Resultados de laboratorio No. R3826 - Monitoreo No. 6 – Fecha: 02/08/2024 - Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 1 de 2 .....	111
<b>Anexo 22.</b> Resultados de laboratorio No. R3826 - Monitoreo No. 6 – Fecha: 02/08/2024 - Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 2 de 2 .....	112

<b>Anexo 23.</b> <i>Resultados de laboratorio No. R3827 - Monitoreo No. 6 – Fecha: 02/08/2024</i>	
- <i>Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 1 de 2</i> .....	113
<b>Anexo 24.</b> <i>Resultados de laboratorio No. R3827 - Monitoreo No. 6 – Fecha: 02/08/2024</i>	
- <i>Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 2 de 2</i> .....	114

## Introducción

La calidad del agua es un tema de vital importancia a nivel global, ya que el agua es esencial para la vida y el desarrollo socioeconómico. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de 1.1 mil millones de personas en el mundo no tienen acceso a agua potable segura, y se estima que dos tercios de la población mundial podrían enfrentar escasez de agua para 2025 (Chidiac et al., 2023). La contaminación del agua, causada por actividades humanas como la urbanización, la industrialización y la agricultura intensiva, representa un desafío significativo para la gestión de los recursos hídricos (UNEP, 2023). Además, el cambio climático está exacerbando estos problemas, con fenómenos como El Niño y La Niña alterando los patrones de precipitación y aumentando la frecuencia de eventos extremos (Cohen, 2024).

En Colombia, la calidad del agua es un tema crítico debido a la diversidad de sus recursos hídricos y la importancia de estos para el desarrollo económico y social del país. A pesar de la abundancia de agua superficial, muchas regiones enfrentan problemas de contaminación debido a la deforestación, el uso excesivo de agroquímicos y la falta de infraestructuras adecuadas para el tratamiento de aguas residuales (Marrugo-Negrete et al., 2024). Estudios recientes han demostrado que la calidad del agua en varias cuencas hidrográficas de Colombia está comprometida por la presencia de contaminantes químicos y microbiológicos (Arroyo-Figueroa et al., 2024). Además, fenómenos climáticos como El Niño han exacerbado la escasez de agua en varias regiones del país, afectando tanto a las zonas urbanas como rurales (Cohen, 2024).

El departamento del Huila, ubicado en el suroeste de Colombia, es una región con gran riqueza natural y económica, destacándose por su producción agrícola, especialmente de café. Sin embargo, la intensificación de la agricultura y el crecimiento urbano han afectado la calidad del agua en varias cuencas hidrográficas de la región (Ramos Moreno, 2018). La microcuenca

del río Guachicos, que abastece al municipio de Pitalito, es un ejemplo de cómo las actividades humanas pueden impactar negativamente los recursos hídricos. En el corregimiento de Bruselas, donde se encuentra esta microcuenca, las prácticas agrícolas intensivas y la falta de tratamiento adecuado de las aguas residuales han contribuido a la degradación de la calidad del agua (Cruz & Ortega, 2020).

Pitalito, uno de los principales municipios del Huila, depende del río Guachicos para su abastecimiento de agua. La calidad del agua en esta microcuenca es crucial para la salud pública y el desarrollo socioeconómico del municipio. Sin embargo, la contaminación del agua debido a las prácticas agrícolas y la descarga de aguas residuales sin tratamiento adecuado representan un riesgo significativo para la población (Trujillo-Zapata et al., 2020). Las obras recientes de canalización de aguas negras en el río Guachicos han sido un paso importante para mitigar este problema, pero aún queda mucho por hacer para asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico (Huila Hoy, 2023).

Este estudio se centra en la evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Guachicos, con el objetivo de determinar los índices de calidad del agua y los índices de contaminación por mineralización, materia orgánica y sólidos suspendidos. Las preguntas de investigación que guiarán este estudio son: ¿Cuál es la calidad del agua en la microcuenca del río Guachicos en términos de los índices de calidad del agua (ICA) y de contaminación (ICOMI, ICOMO, ICOSUS)? ¿Cómo varía la calidad del agua entre los puntos de monitoreo aguas arriba y aguas abajo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas? ¿Qué factores contribuyen a la contaminación del agua en esta microcuenca?

Para abordar estas preguntas, se realizaron seis monitoreos entre abril y agosto de 2024, midiendo parámetros fisicoquímicos y microbiológicos como temperatura, conductividad

eléctrica, dureza, alcalinidad, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), coliformes totales, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno (DQO) y pH. Los datos obtenidos se analizaron para calcular los índices de calidad del agua y de contaminación, y se compararon entre los puntos de monitoreo aguas arriba y aguas abajo de la PTAR.

La contribución de esta investigación radica en proporcionar una base técnica sólida para la gestión sostenible del recurso hídrico en la microcuenca del río Guachicos. Los resultados del estudio ayudarán a identificar las fuentes de contaminación y a desarrollar estrategias efectivas para mejorar la calidad del agua, asegurando su potabilidad y promoviendo la salud pública y la sostenibilidad ambiental en la región.

## Planteamiento del Problema

La microcuenca del río Guachicos, que abastece de agua al municipio de Pitalito, Huila, enfrenta serios problemas de contaminación debido a prácticas agrícolas intensivas y la descarga de aguas residuales sin tratamiento adecuado (Trujillo-Zapata et al., 2020). Este problema es particularmente relevante para la gestión ambiental y la salud pública, ya que la calidad del agua es esencial para la vida y el desarrollo socioeconómico (Hurtado Rojas & Silva Macías, 2022). A nivel global, la escasez y la contaminación del agua son problemas cada vez más graves debido a factores como el cambio climático, la urbanización y las actividades industriales y agrícolas (Council on Foreign Relations, 2023). Históricamente, Pitalito ha dependido del río Guachicos para su abastecimiento de agua. Geográficamente, la cuenca se extiende por varias veredas y corregimientos, incluyendo Bruselas, donde se encuentra la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Social y económicamente, la región depende del agua del río para actividades domésticas, agrícolas e industriales, lo que hace que la calidad del agua sea un tema de gran importancia (Trujillo-Zapata et al., 2020).

La contaminación del agua en la microcuenca del río Guachicos se manifiesta en la presencia de altos niveles de materia orgánica, especialmente en la parte baja del río, debido a la descarga de aguas residuales sin tratamiento adecuado que han contribuido a la degradación de la calidad del agua. Este problema puede tener efectos adversos en la salud de la población y en los ecosistemas acuáticos. Además, la falta de infraestructuras adecuadas para el tratamiento de aguas residuales agrava la situación, poniendo en riesgo la disponibilidad de agua potable para la comunidad (Hurtado Rojas & Silva Macías, 2022).

Estudios específicos en la microcuenca del río Guachicos han revelado datos importantes sobre la calidad del agua y las fuentes de contaminación. Hurtado Rojas y Silva Macías (2022)

encontraron que los índices de calidad del agua (ICA) y de contaminación por mineralización (ICOMI) indican niveles bajos de contaminación, pero el aumento progresivo de la contaminación por materia orgánica (ICOMO) debido a la falta de una PTAR en Bruselas destaca la necesidad de mejorar los procesos de tratamiento de aguas residuales. Trujillo-Zapata et al. (2020) evaluaron la calidad del agua en la fuente abastecedora de Pitalito y sus afluentes principales, utilizando índices de contaminación e índice de calidad de agua, y concluyeron que la calidad del agua es generalmente aceptable a buena en la parte alta y media del río. Sin embargo, la calidad del agua disminuye significativamente en la parte baja del río debido a la alta carga orgánica y otros contaminantes. Cruz Ospina & Ortega Astudillo (2020) también identificaron que las actividades humanas han contribuido significativamente a la degradación de la calidad del agua, revelando altos niveles de contaminación en los índices ICOMO e ICOTRO debido a la carga orgánica y el uso de compuestos aromáticos, plaguicidas y fertilizantes en la microcuenca del río Guachicos.

El Estudio Nacional del Agua 2022, realizado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), resalta que la calidad del agua en muchas cuencas hidrográficas de Colombia está comprometida por la presencia de contaminantes químicos y microbiológicos, y subraya la necesidad de mejorar las infraestructuras de tratamiento de aguas residuales y promover prácticas agrícolas sostenibles (IDEAM, 2022). Además, los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS) son instrumentos clave para la planificación y gestión sostenible de los recursos hídricos, estableciendo acciones y medidas específicas para el manejo y administración de los recursos naturales renovables en las cuencas hidrográficas (IDEAM, 2023).

Investigar este problema es crucial porque la calidad del agua tiene un impacto directo en la salud pública, el medio ambiente y el desarrollo socioeconómico de la región. La contaminación del agua puede causar enfermedades transmitidas por el agua, afectar la biodiversidad acuática y reducir la disponibilidad de agua potable. Además, la degradación de la calidad del agua puede tener consecuencias económicas negativas, afectando la agricultura, la industria y el turismo en la región. Las actividades domésticas, como el consumo humano y la higiene personal, las actividades agrícolas, como el riego de cultivos y la ganadería, y las actividades industriales, como el procesamiento de café y el tratamiento de aguas residuales, dependen del agua del río Guachicos. Por lo tanto, es esencial desarrollar estrategias efectivas para mejorar la calidad del agua y asegurar su sostenibilidad a largo plazo (Arroyo-Figueroa et al., 2024; Marrugo-Negrete et al., 2024).

## Justificación

La evaluación de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila, es un proyecto de gran relevancia y pertinencia debido a la creciente preocupación por la contaminación del agua causada por actividades agrícolas y urbanas en la región (Hurtado Rojas & Silva Macías, 2022).

Este estudio es crucial para identificar los índices de calidad del agua y los índices de contaminación por mineralización, materia orgánica y sólidos suspendidos, proporcionando una base técnica sólida para la gestión sostenible del recurso hídrico. La investigación aborda el problema específico de la disminución de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Guachicos fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila, lo cual es relevante debido a su impacto negativo en la sanidad pública y el medio ambiente (Cruz & Ortega, 2020).

Estudios previos han demostrado que la calidad del agua en varias cuencas hidrográficas de Colombia está comprometida por la presencia de contaminantes químicos y microbiológicos (Arroyo-Figueroa et al., 2024). Los objetivos del estudio incluyen determinar los índices de calidad del agua y de contaminación, analizar el nivel de contaminación y desarrollar estrategias efectivas de gestión y preservación del recurso hídrico.

La importancia de esta investigación radica en su contribución a la salud pública, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo socioeconómico de la región, proporcionando datos esenciales para la toma de decisiones y la implementación de políticas públicas efectivas (Marrugo-Negrete et al., 2024).

Los posibles beneficios y aplicaciones prácticas de los resultados incluyen la mejora de los procesos de tratamiento de aguas residuales, la promoción de prácticas agrícolas sostenibles y la implementación de un sistema de monitoreo continuo de la calidad del agua, asegurando así la

potabilidad del agua y la protección del ecosistema acuático (Hurtado Rojas & Silva Macías, 2022).

Además, este proyecto tiene una pertinencia académica significativa, ya que contribuye al cuerpo de conocimiento existente sobre la gestión de recursos hídricos y ofrece una metodología replicable para estudios similares en otras regiones afectadas por problemas de calidad del agua (Trujillo-Zapata et al., 2020). En lo social, la investigación busca mejorar la calidad de vida de las comunidades locales al garantizar un suministro de agua segura y limpia, lo cual es fundamental para la salud y el bienestar de la población (Cruz & Ortega, 2020). En lo personal, los autores del estudio, Faiver Esteban Meneses Guerrero del campo de Agronomía e Ingrid Katherine Suarez Bermeo de la Ingeniería Agroforestal, se benefician al desarrollar habilidades de investigación y análisis crítico, fortaleciendo su formación académica y profesional en sus respectivos campos.

## Objetivos

### Objetivo General

Evaluar la calidad del agua superficial en la microcuenca del Río Guachicos, que abastece al municipio de Pitalito, en el departamento del Huila.

### Objetivos Específicos

1. Determinar los índices de calidad del agua en corrientes superficiales, incluyendo el Índice de Calidad del Agua (ICA), el Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI), el Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) y el Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS).
2. Analizar el nivel de contaminación y la calidad general del agua para desarrollar estrategias efectivas de gestión y preservación del recurso hídrico.

## **Marco Conceptual y Teórico**

### **Agua potable**

El agua potable es aquella que, ya sea natural o tratada, cumple con los estándares de calidad establecidos para el consumo humano (OMM, 2012).

### **Ciclo del agua**

El ciclo del agua describe las fases por las que pasa el agua en su movimiento desde la atmósfera a la tierra y de regreso a la atmósfera. Incluye la evaporación del agua de suelos, mares y cuerpos de agua continentales; la condensación en forma de nubes; la precipitación; la interceptación; la infiltración; la percolación; la escorrentía; la acumulación en el suelo o cuerpos de agua; y la reevaporación (OMM, 2012).

### **Hidrología de aguas superficiales**

Esta rama de la hidrología estudia las corrientes superficiales y su régimen, incluyendo la dinámica fluvial, la calidad del agua y los fenómenos relacionados con la erosión y sedimentación en los cauces (OMM, 2012).

### **Cuenca hidrográfica**

También conocida como cuenca de captación, cuenca de drenaje, cuenca fluvial, cuenca receptora o cuenca hidrogeológica, es un área que tiene una salida única para su escorrentía superficial (OMM, 2012).

### **Escorrentía superficial**

Parte de la precipitación que fluye por la superficie del suelo (OMM, 2012).

### **Monitoreo del agua**

El monitoreo del agua es un proceso diseñado científicamente para observar, medir, muestrear y analizar mediante métodos técnicos normalizados, variables físicas, químicas y

biológicas, para luego realizar un seguimiento del progreso de un programa o hecho en particular en favor de la consecución de sus objetivos y guiar las decisiones de gestión (Vrba & Soblsek, 1988).

### **Monitoreo de agua superficial**

Ideam, Invemar (2021) menciona que, permite realizar el seguimiento del comportamiento de los cuerpos de agua con diferentes propósitos: determinar la oferta disponible, comprender y predecir tendencias y eventos extremos, realizar una adecuada gestión del riesgo y soportar la toma de decisiones en el marco de la gestión integrada del recurso hídrico. Este seguimiento de las aguas superficiales se extiende a cuerpos de agua lénticos y lóticos que presentan diferencias en variables, prácticas de muestreo y equipos utilizados en cada uno de ellos (Ideam, Invemar, 2021).

### **Monitoreo de calidad**

De acuerdo con Ideam, Invemar (2021), el monitoreo de calidad del agua superficial permite conocer el estado en que se encuentran los sistemas lénticos y lóticos a la altura de las estaciones o puntos de monitoreo. Esto se logra a través del análisis de diferentes variables fisicoquímicas e hidrobiológicas, las cuales son presentadas en informes de evaluación, seguimiento y control. Por ello, es necesario establecer un programa de monitoreo estructurado de manera estratégica que responda a objetivos claros (que pueden ser académicos, de control o para toma de decisiones con fines de gestión o planificación entre otros), estableciendo la ubicación de estaciones y variables, indicando las épocas de campaña y la frecuencia para la toma de muestras, adicionalmente, teniendo en cuenta las metodologías por utilizar y el costo económico de las campañas de monitoreo (Ideam, Invemar 2021).

## **Muestreo y medición de parámetros fisicoquímicos**

El monitoreo fisicoquímico del agua hace parte de la evaluación, seguimiento y control del estado de un cuerpo de agua (lótico o léntico) y toma como referencia una red establecida o puntos seleccionados (Ideam, Invemar 2021).

### **Tipo de muestra**

Para Ideam, Invemar (2021), uno de los aspectos importantes para tener en cuenta al momento de programar la campaña de monitoreo de calidad del agua es el tipo de muestra que se va a tomar, la cual puede ser puntual (muestra tomada en un lugar específico, en un tiempo determinado), compuesta (es la mezcla de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y en periodos determinados) o integrada (aquella formada por la mezcla de muestras puntuales tomadas en diversos puntos simultáneamente, con la finalidad de conocer las condiciones promedio de calidad en un cuerpo de agua) (Ideam, Invemar 2021).

### **Parámetros para el monitoreo de calidad del agua**

Los parámetros básicos recomendados para el monitoreo de calidad del agua: Conforme a OMM (2011) se tienen los siguientes:

#### ***Variables in situ***

Temperatura (C°), Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, Porcentaje de Saturación de Oxígeno, pH, Caudal, Nivel (OMM, 2011).

#### ***Físicos***

Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Disueltos Totales, Turbidez (OMM, 2011).

#### ***Nutrientes***

Nitrato, Nitrito, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Total, Nitrógeno Orgánico, Nitrógeno Total Kjeldahl (Ntk), Fósforo Total (OMM, 2011).

### ***Materia Orgánica***

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Carbono Orgánico (OMM, 2011).

### ***Microbiológicos***

Coliformes Termotolerantes (Antes Fecales), Coliformes Totales, Escherichia Coli (OMM, 2011).

### ***Metales***

Aluminio, Arsénico, Boro, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Plomo, Manganeso, Mercurio, Níquel, Selenio, Zinc (OMM, 2011).

### ***Iones Principales, Sales Disueltas***

Calcio, Sulfato, Magnesio, Sodio, Potasio, Cloro, Alcalinidad (OMM, 2011).

### ***Temperatura***

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración (Fúquene y Yate, 2018).

### ***Conductividad eléctrica***

La conductividad es un indicador de la concentración de iones de sales, ácidos y bases no orgánicos disueltos en el agua. La relación entre conductividad y concentración de sólidos disueltos suele ser lineal en la mayoría de las aguas naturales (Ideam, Invemar 2021). Además, la conductividad eléctrica está íntimamente relacionada con la suma de cationes y aniones determinada en forma química y refleja la mineralización (IDEAM, 2012).

***Dureza del agua***

Debida a los bicarbonatos de calcio y magnesio disueltos (OMM, 2012).

***Alcalinidad***

Capacidad del agua para neutralizar hidrogeniones mediante bases débiles, expresada en milimoles de hidrogeniones por litro de agua (OMM, 2012).

***Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)***

Concentración de oxígeno disuelto consumido por la oxidación biológica de materia orgánica e inorgánica en el agua (OMM, 2012).

***Coliformes totales***

Bacterias intestinales de mamíferos utilizadas como indicador de contaminación orgánica (OMM, 2012).

***Porcentaje de saturación del oxígeno***

Contenido máximo de oxígeno disuelto en un líquido bajo condiciones específicas de presión y temperatura (OMM, 2012).

***Oxígeno disuelto (OD)***

Esta variable tiene el papel biológico fundamental de definir la presencia o ausencia potencial de especies acuáticas (IDEAM, 2012).

***Sólidos suspendidos totales (SST)***

Indican cambios en las condiciones hidrológicas de una corriente, relacionados con procesos erosivos, vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros. Tienen una relación directa con la turbiedad (IDEAM, 2012).

### ***Demanda química de oxígeno (DQO)***

Refleja la presencia de sustancias químicas susceptibles de ser oxidadas bajo condiciones ácidas y alta temperatura, como materia orgánica biodegradable o no, y materia inorgánica (IDEAM, 2012).

### ***pH***

Mide la acidez, valores extremos pueden afectar la flora y fauna acuáticas (IDEAM, 2012). El pH está controlado principalmente por el equilibrio entre el dióxido de carbono, los carbonatos y los iones de bicarbonato. La concentración de dióxido de carbono puede resultar alterada por los intercambios experimentados en la interfaz aire-agua y por los procesos de fotosíntesis y descomposición. Los cambios de pH se deben a lluvias ácidas, desechos industriales, drenaje de minas o lixiviación de minerales. El pH es un importante criterio de calidad del agua, ya que afecta a la viabilidad de la vida acuática y a gran número de usos del agua (Ideam, Invemar 2021).

### **Evaluación de la calidad del agua**

La evaluación de la calidad del agua implica analizar su calidad natural y sus usos previstos, especialmente aquellos que pueden afectar la salud humana y/o el ecosistema acuático (OMM, 2012).

### **Índice de calidad del agua**

El índice de calidad del agua es un valor numérico que clasifica la calidad del agua de una corriente superficial en una de cinco categorías, basado en las mediciones de un conjunto de cinco o seis variables registradas en una estación de monitoreo (j) en el tiempo (t) (IDEAM, 2013).

Según el IDEAM (2013), el indicador se calcula a partir de los datos de concentración de un conjunto de cinco o seis variables que determinan, en gran parte, la calidad de las aguas corrientes superficiales. Estas variables se miden en las 150 estaciones que conforman la Red Básica de Monitoreo de Calidad de Agua, en cuatro ocasiones (una cada trimestre) durante el año.

### **Índices de contaminación (ICO)**

Constituyen una herramienta poderosa de fácil determinación, que prestan gran utilidad en la caracterización de la calidad de las aguas continentales, tarea que realizan con mayor objetividad y claridad que los tradicionales índices de calidad (ICA). Su empleo cobra mayor relevancia que los componentes principales cuando se estudia un reducido número de cursos y se complementa con éste cuando se caracterizan numerosas estaciones (Ramírez et al., 1997).

### **ICOMI, ICOMO e ICOSUS**

Los índices de contaminación ICOMI, o índice de contaminación por mineralización, integran conductividad, dureza y alcalinidad. Por otro lado, el ICOMO, o índice de contaminación por materia orgánica, está conformado por la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), los coliformes totales y el porcentaje de saturación del oxígeno. Finalmente, el ICOSUS, o índice de contaminación por sólidos suspendidos, se refiere a la cantidad de sólidos suspendidos en el agua (Ramírez et al., 1999).

### **Índice de contaminación por mineralización (ICOMI)**

Se expresa en numerosas variables, de las cuales se eligieron: conductividad como reflejo del conjunto de sólidos disueltos, dureza por cuanto recoge los cationes calcio y magnesio, y alcalinidad porque hace lo propio con los aniones carbonatos y bicarbonatos (Ramírez et al., 1997).

### **Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)**

Al igual que en la mineralización, se expresa en diferentes variables fisicoquímicas de las cuales se seleccionaron demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), coliformes totales y porcentaje de saturación del oxígeno, las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica, tal como lo demuestra la ausencia de correlaciones entre ellas (Ramírez et al., 1997).

### **Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)**

La concentración de sólidos suspendidos es una variable que, aunque muestra cierta correlación significativa con la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO) y el amonio, se analiza por separado. Esto se debe a que DBO y DQO están claramente asociadas a procesos de contaminación orgánica, mientras que los sólidos suspendidos pueden referirse a compuestos inorgánicos en muchas circunstancias (Ramírez et al., 1997).

## Metodología

### Área de estudio

El estudio se lleva a cabo en la cuenca del río Guachicos, ubicada en el municipio de Pitalito, dentro del Parque Natural Municipal de Pitalito-Huila (Imagen 1). Este parque lo conforman las veredas El Porvenir, Kennedy, La Esperanza, Pensil, Palmito, Monte Cristo y El Cedro, abarcando una extensión de 5000 hectáreas protegidas (Trujillo-Zapata et al., 2020).

Según Lizcano (2007), el río Guachicos nace en la vereda El Porvenir, corregimiento de Bruselas, municipio de Pitalito-Huila, a una altitud de 2400 msnm. Desde su nacimiento, el río recorre 45 km hasta desembocar en el río Guarapas. A lo largo de su recorrido, el río Guachicos atraviesa el centro poblado de Bruselas y recibe la descarga de 172 afluentes (Lizcano, 2007; Trujillo-Zapata et al., 2020).

Este río abastece tanto la zona urbana como la rural. En la zona urbana, el río Guachicos es la principal fuente del acueducto de Pitalito, que abastece a 100,000 habitantes con el apoyo estratégico de la Empresa de Servicios Públicos de Pitalito (Consejo Municipal Pitalito, 2016). En la zona rural, el río Guachicos abastece a 33 veredas del corregimiento de Bruselas y 7 del corregimiento de Criollos, además de suministrar agua a varios distritos de riego como Cabeceras, Holanda, San Francisco y El Limón (Cruz & Ortega, 2020). En este río se encuentra la principal fuente de recursos económicos de Pitalito, representada en más de 4,500 hectáreas de café en unos 2,500 predios (Consejo Municipal Pitalito, 2016; Cruz & Ortega, 2020).

La zona de estudio también está influenciada por el Macizo Colombiano, donde predomina el tipo de bosque húmedo premontano (Bh-PM) de acuerdo a Holdridge (1967). Esta área comprende un bosque natural lluvioso amazónico de la región sur de Colombia, asociado a ecosistemas de explotación según los criterios de ordenación de bosques efectuados por la

Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) (POMCA, 2009). En general, la zona se caracteriza por una topografía ondulada a muy fuerte, con pendientes que varían entre leves y moderadas en las partes bajas, y fuertes en los sectores más altos del municipio, donde se desarrollan actividades productivas agropecuarias, principalmente la producción de café y cultivos de clima frío (Trujillo-Zapata et al., 2020).

### **Selección de puntos de monitoreo**

Para la selección de los sitios de toma de muestras de aguas superficiales, se deben cumplir ciertos criterios establecidos por el IDEAM (2017) para asegurar la representatividad y calidad de las muestras. Estos criterios incluyen: la sección de muestreo debe estar en un tramo recto del río, con una longitud mínima equivalente a cinco veces el ancho de la sección; el sitio debe ser lo suficientemente profundo y tener márgenes naturales altas para prevenir desbordamientos durante periodos de aguas máximas; la pendiente longitudinal del cauce debe ser uniforme, evitando áreas con cambios bruscos de pendiente, aguas muertas, contracorrientes o remolinos; el lecho del río debe tener una geometría regular y un cauce estable, sin obstáculos como troncos de árboles, grandes rocas o vegetación; y se deben evitar los lechos fangosos, ya que el fango puede alterar las características químicas y físicas del agua, afectando la calidad de las muestras (IDEAM, 2017).

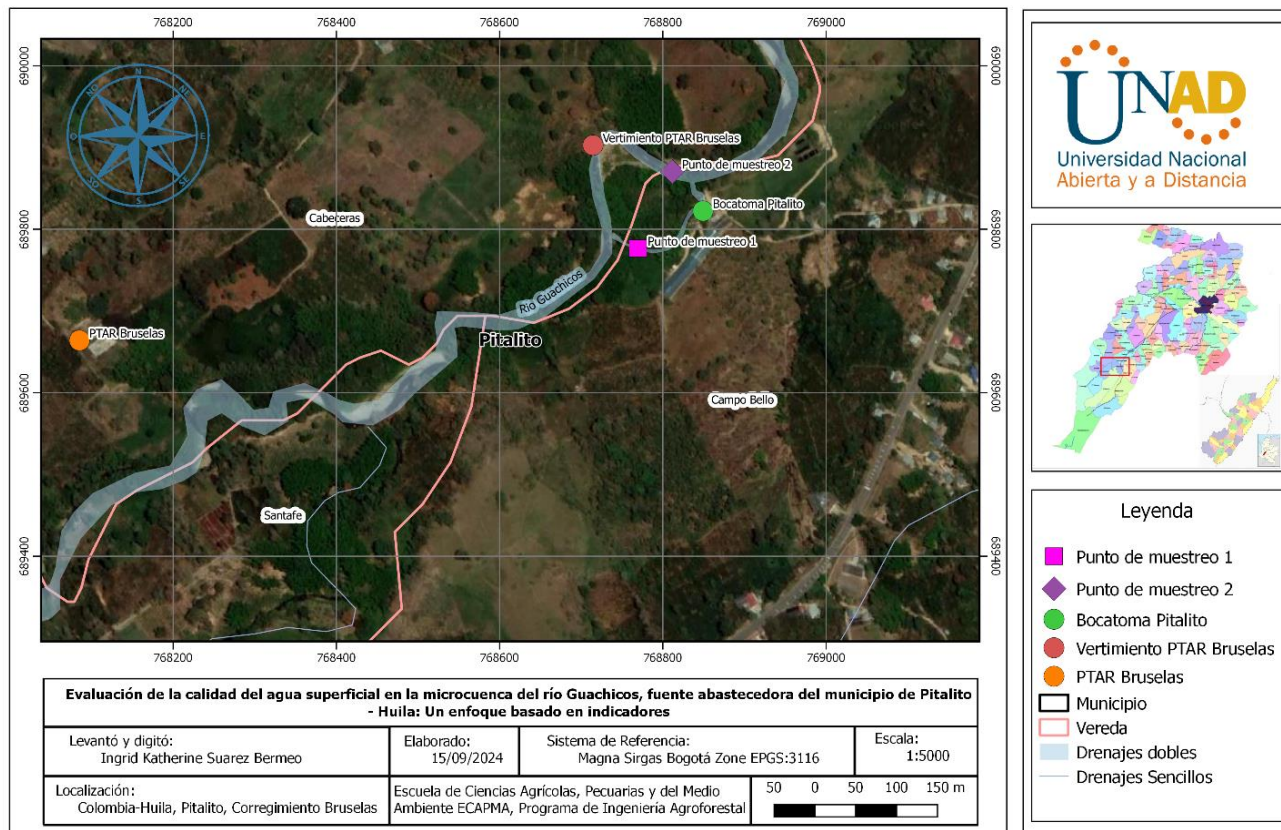
Considerando los requerimientos establecidos por el IDEAM (2017) para identificar indicadores de calidad y contaminación del agua del río Guachicos, se seleccionaron dos puntos de monitoreo. Estos puntos fueron determinados durante una salida de campo que contó con el acompañamiento docente de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) y la empresa AMBILAB S.A.S., un laboratorio ambiental acreditado por el IDEAM (Res. 0388 /2021). También participaron la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) y

la Empresa de Servicios Públicos de Pitalito (EMPITALITO E.S.P.). Durante esta salida de campo, se realizaron varios reconocimientos en el corregimiento de Bruselas, incluyendo la Estación Puente Bruselas, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), el vertimiento de aguas residuales al río Guachicos proveniente de esta PTAR, y la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito (Ver fotografías 2, 3, 4, 5, 6 y 7).

Los puntos de monitoreo y toma de muestras se ubicaron tanto aguas arriba como aguas abajo del punto de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, vereda Campo Bello. El punto de muestreo 1, ubicado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, se encuentra a una altitud de 1294 m.s.n.m., con coordenadas de latitud  $1^{\circ}47'23.20''$  y longitud  $76^{\circ}09'17.54''$ . Por otro lado, el punto de muestreo 2, situado aguas abajo del punto de descarga de aguas residuales de la PTAR, se encuentra a una altitud de 1404 m.s.n.m., con coordenadas de latitud  $1^{\circ}47'25.99''$  y longitud  $76^{\circ}09'17.26''$ .

En la siguiente imagen se presenta la distribución espacial de los puntos de monitoreo reconocidos en la salida de campo.

**Imagen 1.** *Distribución espacial de los puntos de monitoreo en la cuenca hidrográfica del río Guachicos, en las inmediaciones del punto de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito.*



Fuente: Autores.

### Procedimiento de muestreo

Para evaluar la calidad del agua del río Guachicos, fuente abastecedora del acueducto de Pitalito - Huila, se realizaron seis campañas de monitoreo y seguimiento a la calidad del agua cada quince días aproximadamente, durante cinco meses (abril, mayo, junio, julio y agosto de 2024) en el río Guachicos, considerando tanto periodos secos como lluviosos (CAM, 2009). La toma de muestras se llevó a cabo según el instructivo del IDEAM (2017) para aguas superficiales y las recomendaciones de Ramírez et al. (1997), las campañas de monitoreo se documentaron mediante registros fotográficos, incluyendo la toma de muestras de agua y la medición de parámetros de calidad en el campo (Ver fotografías 8-29).

Siguiendo las indicaciones de la guía y preservación de muestras del IDEAM (2020), se midieron in situ parámetros físicos y químicos como pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto con el equipo multiparámetro Hanna HI 991300 (ver fotografía 1). Posteriormente, se recolectaron muestras de agua para análisis adicionales en laboratorio. Las variables analizadas en laboratorio incluyeron alcalinidad total, coliformes totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), dureza total y sólidos suspendidos totales. Estas muestras (integradas) fueron tomadas y analizadas por AMBILAB, un laboratorio ambiental acreditado por el IDEAM (Resolución 0388 /2021) (Ver Anexos - Resultados de laboratorio No. R3685, R3686, R3718, R3717, R3763, R3764, R3781, R3782, R3795, R3796, R3826, R3827).

**Fotografía 1.** *Equipo multiparámetro Hanna HI 991300*



Fuente Autores.

### **Cálculo de índices de calidad del agua e índices de contaminación**

Para evaluar la calidad del agua, se determinaron los índices de calidad del agua (ICA), índice de contaminación por mineralización (ICOMI), índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) e índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) de acuerdo con la metodología del IDEAM (2013) y Ramírez et al. (1997).

### ***Índice de calidad del agua (ICA)***

La fórmula que se utilizó para cálculo del indicador es:

$$ICA_{njt} = \left( \sum_{i=1}^n W_i \cdot I_{ikjt} \right)$$

Donde:

$ICA_{njt}$ : Índice de calidad del agua de una corriente superficial, en la estación de monitoreo (j) y en el tiempo (t), evaluado con base en (n) variables.

$W_i$ : Ponderador relativo asignado a la variable de calidad (i).

$I_{ikjt}$ : Valor calculado de la variable (i) en la estación de monitoreo (j), durante la medición (k) en el periodo de tiempo (t).

$n$ : Número de variables de calidad.

Este indicador se calculó a partir de los datos de concentración de cinco variables para determinar la calidad de las aguas corrientes superficiales en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila. Las variables que se seleccionaron para la medición del ICA fueron las siguientes:

**Tabla 1.** *Las variables y sus ponderaciones para el caso de 5 variables*

<b>Variable</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Ponderación</b>
Oxígeno disuelto, OD.	% Saturación	0,2
Sólidos suspendidos totales, SST.	mg/l	0,2
Demanda química de oxígeno, DQO.	mg/l	0,2
Conductividad eléctrica, C.E.	μS/cm	0,2
pH	Unidades de pH	0,2

Fuente: IDEAM (2013).

Para los cálculos de oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST), demanda química de oxígeno (DQO), conductividad eléctrica (CE) y pH, se utilizaron las siguientes fórmulas del IDEAM (2013):

### **Oxígeno disuelto (OD)**

Una vez determinado el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, el valor  $I_{OD}$  se calculó con la fórmula:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 \cdot PS_{OD})$$

Cuando el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es mayor al 100%:

$$I_{OD} = 1 - (0,01 \cdot PS_{OD} - 1)$$

### **Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

El subíndice de calidad para sólidos suspendidos se calculó como sigue:

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 \cdot SST)$$

$$Si SST \leq 4,5, entonces I_{SST} = 1$$

$$Si SST \geq 320, entonces I_{SST} = 0$$

### **Demanda química de oxígeno (DQO)**

Se calculó con la fórmula:

$$Si DQO \leq 20, entonces I DQO = 0,91$$

$$Si 20 < DQO \leq 25, entonces I DQO = 0,71$$

$$Si 25 < DQO \leq 40, entonces I DQO = 0,51$$

$$Si 40 < DQO \leq 80, entonces I DQO = 0,26$$

$$Si DQO > 80, entonces I DQO = 0,125$$

### **Conductividad eléctrica (C.E)**

Fue calculado usando la fórmula:

$$I_{CE} = 1 - 10^{(-3,26+1,34\text{Log}_{10}C.E.)}$$

Cuando  $< 0$ , entonces  $I_{CE} = 0$ .

## pH

Se calculó así:

$$\text{Si } pH < 4, \text{ entonces } I_{pH} = 0,1$$

$$\text{Si } 4 \leq pH \leq 7, \text{ entonces } I_{pH} = 0,02628419 \cdot e^{(pH \cdot 0,520025)}$$

$$\text{Si } 7 < pH \leq 8, \text{ entonces } I_{pH} = 1$$

$$\text{Si } 8 < pH \leq 11, \text{ entonces } I_{pH} = 1 \cdot e^{[(pH-8) \cdot -0,5187742]}$$

$$\text{Si } pH > 11, \text{ entonces } I_{pH} = 0,1$$

Para el cálculo de ICOMI, ICOMO e ICOSUS se aplicaron las siguientes expresiones propuestas por Ramírez et al. (1997):

### ***Índice de contaminación por mineralización (ICOMI)***

$$\mathbf{ICOMI} = 1/3 (I_{\text{Conductividad}} + I_{\text{Dureza}} + I_{\text{Alcalinidad}})$$

$I_{\text{Conductividad}}$ : se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Log}_{10} \cdot I_{\text{Conductividad}} = -3,26 + 1,34 \text{Log}_{10} \cdot \text{conductividad } (\mu\text{S/cm})$$

$$I_{\text{Conductividad}} = 10^{\text{log} \cdot I_{\text{Conductividad}}}$$

Conductividades mayores a 270  $\mu\text{S/cm}$ , tienen un índice de conductividad = 1

$I_{\text{Dureza}}$ : se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Log}_{10} \cdot I_{\text{Dureza}} = -9,09 + 4,40 \text{Log}_{10} \cdot \text{dureza } (\text{g} \cdot \text{m}^{-3})$$

$$I_{\text{Dureza}} = 10^{\text{log} \cdot I_{\text{Dureza}}}$$

Durezas mayores a 110  $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  tienen  $I_{\text{Dureza}} = 1$

Durezas menores a 30  $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  tienen  $I_{\text{Dureza}} = 0$

$I_{\text{Alcalinidad}}$ : se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$I_{\text{Alcalinidad}} = -0,25 + 0,005 \text{ alcalinidad (g} \cdot \text{m}^{-3}\text{)}$$

Alcalinidades mayores a  $270 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  tienen  $I_{\text{Alcalinidad}} = 1$

Alcalinidades menores a  $50 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  tienen  $I_{\text{Alcalinidad}} = 0$

### ***Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)***

$$\text{ICOMO} = 1/3 (I_{\text{DBO}} + I_{\text{Coliformes totales}} + I_{\text{Oxígeno\%}})$$

$I_{\text{DBO}}$ : se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$I_{\text{DBO}} = -0,05 + 0,70 \text{ Log}_{10} \cdot \text{DBO (g} \cdot \text{m}^{-3}\text{)}$$

DBO mayores a  $30 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  tienen  $I_{\text{DBO}} = 1$

DBO menores a  $2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  tienen  $I_{\text{DBO}} = 0$

$I_{\text{Coliformes totales}}$ : se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$I_{\text{Coliformes totales}} = -1,44 + 0,56 \text{ Log}_{10} \cdot \text{Coliformes totales (NMP} \cdot \text{100cm}^{-3}\text{)}$$

Coliformes totales mayores a  $20.000 \text{ NMP} \cdot \text{100cm}^{-3}$  tienen  $I_{\text{Coliformes totales}} = 1$

Coliformes totales menores a  $500 \text{ NMP} \cdot \text{100cm}^{-3}$  tienen  $I_{\text{Coliformes totales}} = 0$

$I_{\text{Oxígeno\%}}$ : se obtiene a partir de las siguientes expresiones:

$$I_{\text{Oxígeno\%}} = 1 - 0,01 \text{ oxígeno \%}$$

Oxígenos (%) mayores a 100% tienen  $I_{\text{Oxígeno\%}} = 0$

### ***Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)***

$$\text{ICOSUS} = -0,02 + 0,003 \text{ sólidos suspendidos (g} \cdot \text{m}^{-3}\text{)}$$






Sólidos suspendidos mayores a  $340 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  tienen  $\text{ICOSUS} = 1$

Sólidos suspendidos menores a  $10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  tienen  $\text{ICOSUS} = 0$

### **Análisis de índices de calidad del agua e índices de contaminación**

Para interpretar la calidad del agua, se utilizó la siguiente tabla de valores del ICA definidos por el IDEAM (2013):






**Tabla 2.** *Índice de Calidad del Agua (ICA)*

Valor del indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0,00 – 0,25	Muy mala	
0,26 – 0,50	Mala	
0,51 – 0,70	Regular	
0,71 – 0,90	Aceptable	
0,91 – 1,00	Buena	

Fuente: Autores.

Para los índices de contaminación (ICO), se aplicaron los rangos establecidos por Ramírez et al. (1999):

**Tabla 3.** *Rangos de los índices de contaminación (ICO)*

ICO	Grado de contaminación	Escala de Color
0 – 0,2	Ninguna	
> 0,2 – 0,4	Baja	
> 0,4 – 0,6	Media	
> 0,6 – 0,8	Alta	
> 0,8 – 1	Muy Alta	

Fuente: Autores.

### Evaluación de la calidad del agua

Los valores obtenidos de los índices de calidad del agua (ICA), índice de contaminación por mineralización (ICOMI), índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) e índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) se compararon con valores y rangos establecidos para determinar la idoneidad del agua para el consumo humano. Este proceso permitió identificar los niveles de contaminantes y asegurar que el agua cumpla con los estándares de calidad necesarios para su uso seguro.

## **Estrategias de Gestión Integrada del Recurso Hídrico GIRH**

Las estrategias de uso eficiente y sostenible del agua tienen como objetivo fortalecer la implementación de procesos y tecnologías que promuevan el ahorro y el uso eficiente del recurso hídrico. Estas estrategias se dirigen a los principales actores que realizan actividades antrópicas que afectan el recurso hídrico, así como a fomentar el cambio de hábitos no sostenibles entre los usuarios. Las estrategias de Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) se centrarán en los siguientes aspectos, de acuerdo con lo establecido en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico PNGIRH: oferta, demanda, calidad y riesgo (MVADT, 2010). En cuanto a la oferta, se busca asegurar la disponibilidad del recurso hídrico mediante la protección y conservación de las fuentes de agua. Respecto a la demanda, se promueve el uso racional y eficiente del agua en todos los sectores, incluyendo el doméstico, agrícola, industrial y energético. En términos de calidad, se garantiza la calidad del agua a través de la implementación de sistemas de tratamiento y control de contaminantes. Finalmente, en lo que concierne al riesgo, se gestionan los riesgos asociados al recurso hídrico, incluyendo la prevención y mitigación de desastres naturales relacionados con el agua. Esta estrategia busca no solo la sostenibilidad del recurso hídrico, sino también la concienciación y participación activa de todos los actores involucrados en su gestión.

## Resultados y Discusión

A continuación, se presentan fotografías de reconocimiento a los puntos de monitoreo, seguidas de los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos propuestos según la metodología diseñada.

**Fotografía 2.** *Punto de muestreo de aguas superficiales 1, ubicado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora de este municipio. Fecha: 26/04/2024*



Fuente: Autores.

**Fotografía 3.** *Punto de muestreo de aguas superficiales 2, ubicado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila. Fecha: 26/04/2024*



Fuente: Autores.

**Fotografía 4.** *Reconocimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito con el equipo de la UNAD (Faiver Esteban Meneses Guerrero, Ing. MSc. PhD. Andrés Mauricio Munar Samboní e Ingrid Katherine Suarez Bermeo), AMBILAB S.A.S. (Juan Felipe Ramos), CAM (Ing. William Montealegre) y EMPITALITO E.S.P. (Jesus Robinson Muñoz). Fecha: 26/04/2024*



Fuente: Autores.

**Fotografía 5.** *Vertimiento de aguas residuales al río Guachicos localizado en el tramo comprendido por los puntos de monitoreo y toma de muestras 1 y 2, proveniente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito. Fecha: 26/04/2024*



Fuente: Autores.

**Fotografía 6.** *Reconocimiento de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila con el equipo de la UNAD (Ingrid Katherine Suarez Bermeo, Ing. MSc. PhD. Andrés Mauricio Munar Samboní y Faiver Esteban Meneses Guerrero), AMBILAB S.A.S. (Juan Felipe Ramos) y CAM (Ing. William Montealegre). Fecha: 24/05/2024*



Fuente: Autores.

**Fotografía 7.** Estación Puente Bruselas - Red de estaciones de monitoreo automático del departamento del Huila, gestionada por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) en Bruselas, Pitalito. Fecha: 26/04/2024



Fuente: Autores.

**Monitoreo No. 1 - Fecha: 26/04/2024**

En las siguientes fotografías se presentan evidencias de la primera campaña de monitoreo de calidad de agua realizada el día 26/04/2024.

**Fotografía 8.** *Integrantes del proyecto (Ingrid Katherine Suárez Bermeo y Faiver Esteban Meneses Guerrero) y personal del laboratorio AMBILAB S.A.S. (Juan Felipe Ramos) en la primera campaña de monitoreo de calidad de agua superficial en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila. Fecha: 26/04/2024*



Fuente: Autores.

**Fotografía 9.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S. realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 1 localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 26/04/2024, Hora: 11:30 a.m.*



Fuente: Autores.

**Fotografía 10.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S. realizando la medición de parámetros de calidad del agua del río Guachicos en el punto 1 localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila.*

*Fecha: 26/04/2024.*



Fuente: Autores.

**Fotografía 11.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 2 localizado aguas abajo del sitio de*

*descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 26/04/2024, Hora: 12:30 p.m.*



Fuente: Autores.

**Fotografía 12.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la medición de parámetros de calidad del agua del río Guachicos en el punto 2 localizado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito. Fecha: 26/04/2024*



Fuente: Autores.

**Monitoreo No. 2 – Fecha: 24/05/2024**

En las siguientes fotografías se presentan evidencias de la segunda campaña de monitoreo de calidad de agua realizada el día 24/05/2024.

**Fotografía 13.** *Integrantes del proyecto (Ingrid Katherine Suarez Bermeo, Faiver Esteban Meneses Guerrero e Ing. Andrés Mauricio Munar Samboní), personal de EMPITALITO E.S.P. (Licimaco Leiva Petto) y de la CAM (Ing. William Montealegre) en la segunda campaña de monitoreo de calidad de agua superficial en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila. Fecha: 24/05/2024*



Fuente: Autores.

**Fotografía 14.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 1 localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 24/05/2024, Hora: 10:00 a.m.*



Fuente: Autores.

**Fotografía 15.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la medición de parámetros de calidad del agua del río Guachicos en el punto 1 localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila.*

*Fecha: 24/05/2024*



Fuente: Autores.

**Fotografía 16.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 2 localizado aguas abajo del sitio de*

*descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 24/05/2024, Hora: 10:35 a.m.*



Fuente: Autores.

**Fotografía 17.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la medición de parámetros de calidad del agua del río Guachicos en el punto 2 localizado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito. Fecha: 24/05/2024, Hora: 10:35 a.m.*



Fuente: Autores.

**Monitoreo No. 3 – Fecha: 07/06/2024**

En las siguientes fotografías se presentan evidencias de la tercera campaña de monitoreo de calidad de agua realizada el día 07/06/2024

**Fotografía 18.** *Integrantes del proyecto (Ingrid Katherine Suarez Bermeo e Ing. Andrés Mauricio Munar Samboní y personal del laboratorio AMBILAB S.A.S. (Juan Felipe Ramos) en la tercera campaña de monitoreo de calidad de agua superficial en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila. Fecha: 07/06/2024*



Fuente: Autores.

**Fotografía 19.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 1 localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 07/06/2024, Hora: 09:45 a.m.*



Fuente: Autores.

**Fotografía 20.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 2 localizado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 07/06/2024, Hora: 10:30 a.m.*



Fuente: Autores.

***Monitoreo No. 4 – Fecha: 28/06/2024***

En las siguientes fotografías se presentan evidencias de la cuarta campaña de monitoreo de calidad de agua realizada el día 28/06/2024.

**Fotografía 21.** *Integrantes del proyecto (Faiver Esteban Meneses Guerrero, Ingrid Katherine Suarez Bermeo) y personal del laboratorio AMBILAB S.A.S. (Juan Felipe Ramos) en la cuarta campaña de monitoreo de calidad de agua superficial en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila. Fecha: 28/06/2024*



Fuente: Autores.

**Fotografía 22.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 1 localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 28/06/2024, Hora: 10:00 a.m.*



Fuente: Autores.

**Fotografía 23.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 2 localizado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 28/06/2024, Hora: 10:46 a.m.*



Fuente: Autores.

***Monitoreo No. 5 – Fecha: 12/07/2024***

En las siguientes fotografías se presentan evidencias de la quinta campaña de monitoreo de calidad de agua realizada el día 12/07/2024.

**Fotografía 24.** *Integrantes del proyecto (Faiver Esteban Meneses Guerrero, Ingrid Katherine Suarez Bermeo e Ing. Andrés Mauricio Munar Samboní) y personal del laboratorio AMBILAB S.A.S. (Juan Felipe Ramos) en la quinta campaña de monitoreo de calidad de agua superficial en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila. Fecha: 12/07/2024*



Fuente: Autores.

**Fotografía 25.** *Juan Felipe Ramos del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 1 localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 12/07/2024, Hora: 09:43 a.m.*



Fuente: Autores.

**Fotografía 26.** *Punto de muestreo 2 localizado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas. Fecha: 12/07/2024, Hora: 10:20 a.m.*



Fuente: Autores.

**Monitoreo No. 6 – Fecha: 02/08/2024**

En las siguientes fotografías se presentan evidencias de la sexta campaña de monitoreo de calidad de agua realizada el día 02/08/2024.

**Fotografía 27.** *Integrantes del proyecto (Ing. Andrés Mauricio Munar Samboní, Faiver Esteban Meneses Guerrero e Ingrid Katherine Suarez Bermeo) y personal del laboratorio AMBILAB S.A.S. (Aldemar Calvache) en la sexta campaña de monitoreo de calidad de agua superficial en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila. Fecha: 02/08/2024*



Fuente: Autores.

**Fotografía 28.** *Aldemar Calvache del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 1 localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, Huila para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 02/08/2024, Hora: 09:43 a.m.*



Fuente: Autores.

**Fotografía 29.** *Aldemar Calvache del laboratorio AMBILAB S.A.S realizando la toma de muestras de agua del río Guachicos en el punto 2 localizado aguas abajo del sitio de descarga*

*de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, Pitalito para su posterior análisis en laboratorio. Fecha: 02/08/2024, Hora: 10:14 a.m.*



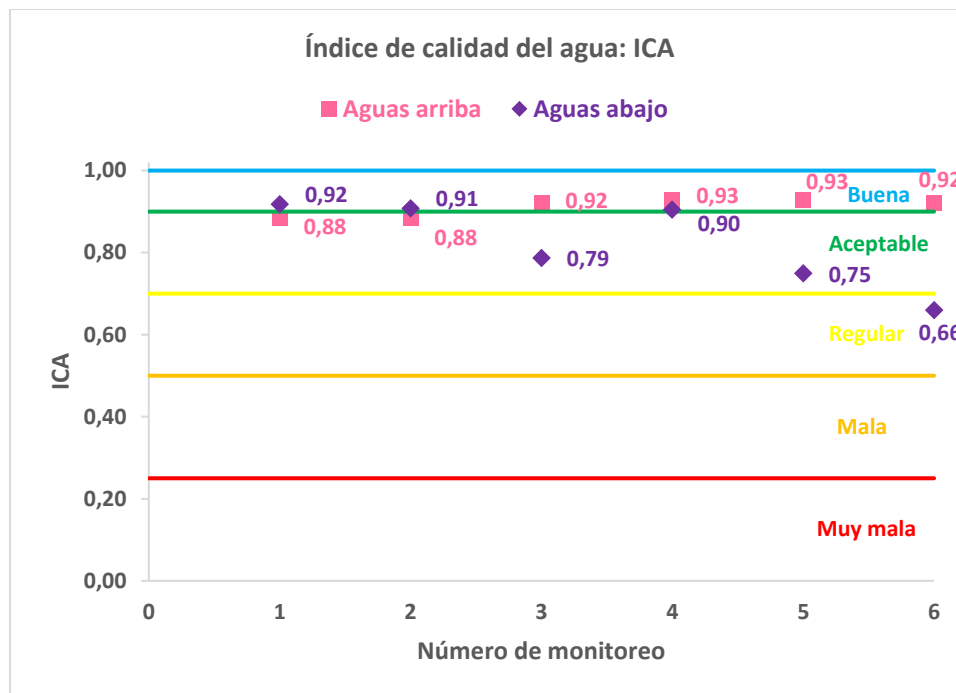
Fuente: Autores.

## **Evaluación de la calidad del agua**

### ***Índice de Calidad del Agua (ICA)***

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el Índice de Calidad del Agua (ICA), estimado a partir de los seis monitoreos realizados:

**Figura 1.** *Índice de Calidad del Agua (ICA) a partir de los seis monitoreos realizados en el rio Guachicos*



Fuente: Autores.

Como se puede apreciar en la figura 1, el Índice de Calidad del Agua (ICA) en los seis monitoreos realizados en el río Guachicos revela patrones significativos en la calidad del agua tanto aguas arriba como aguas abajo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas. Los valores del ICA muestran un comportamiento general positivo en el punto localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, mientras que en el punto localizado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la PTAR de Bruselas se observa una tendencia a la disminución de la calidad.

La calidad del agua en las muestras tomadas aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, según el IDEAM (2013), se mantiene en un rango de "Aceptable" a "Buena" a lo largo de todos los monitoreos, con valores que oscilan entre 0,88 y 0,93. Esto sugiere que, en esta parte del río, la influencia de contaminantes es mínima y el ecosistema acuático se encuentra en un estado saludable.

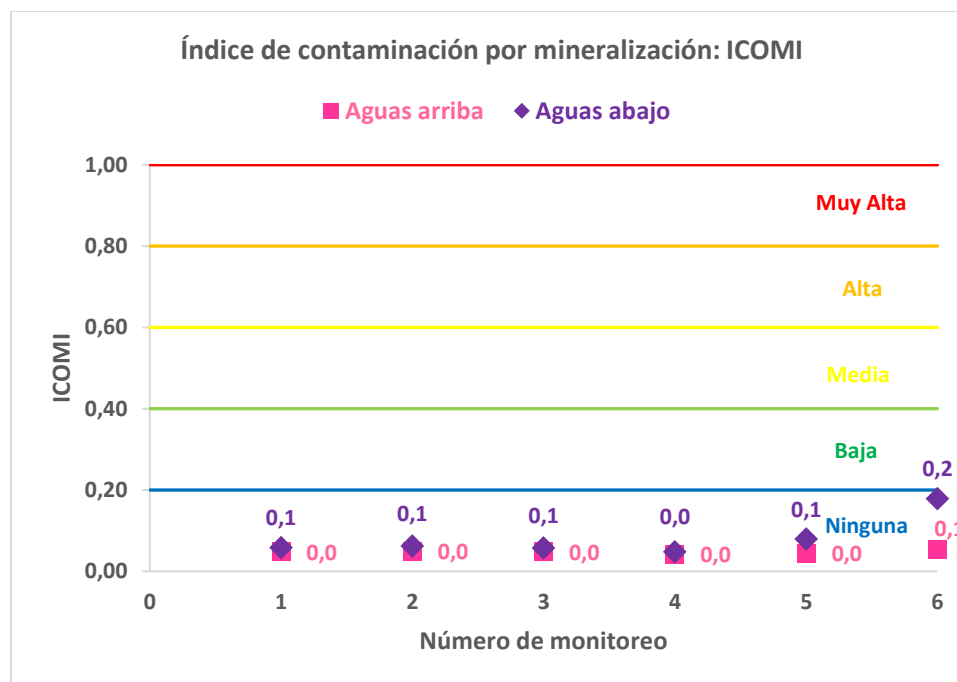
En contraste, los valores del ICA en la sección aguas abajo de la planta de tratamiento mostraron una tendencia a la disminución de la calidad del agua. Los valores fluctuaron entre 0,66 y 0,92. Aunque los primeros cuatro monitoreos (1 a 4) aún se clasificaron como "Aceptables" o "Buenos", el quinto y sexto monitoreo mostraron una disminución notable, alcanzando un valor de 0,75 en el quinto monitoreo y 0,66 en el sexto monitoreo, lo que clasifica como "Regular" según el IDEAM (2013). Esto indica un deterioro progresivo, posiblemente relacionado con la influencia de la descarga de aguas residuales de la PTAR, que, aunque puede estar funcionando dentro de parámetros aceptables, no está eliminando completamente los contaminantes, lo que parece impactar negativamente la calidad del agua en esta sección del río (ver Fotografía 5). Además, los vertimientos generados por diversos sectores económicos, tanto formales como informales, que aún no cuentan con tratamientos adecuados, podrían contribuir a esta situación, la cual también ha sido documentada en otros estudios, como los de Trujillo-Zapata et al. (2020), Cruz Ospina & Ortega Astudillo (2020) y Hurtado Rojas & Silva Macias (2022).

La disminución en el ICA aguas abajo de la descarga de aguas residuales de la PTAR resalta la necesidad de un monitoreo continuo y posiblemente una mejora en los procesos de tratamiento de aguas residuales. En este sentido, es importante realizar un análisis más profundo de las variables específicas que afectan la calidad del agua, como la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la conductividad eléctrica (ver Anexos 19, 20, 23, 24 - Resultados de laboratorio No. R3796 y R3827), para entender mejor las fuentes de contaminación y desarrollar estrategias efectivas de gestión del agua. Cabe destacar, que la calidad del agua es crucial no solo para la salud del ecosistema acuático, sino también para el uso humano y la biodiversidad en la región.

### Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI), estimado a partir de los seis monitoreos realizados:

**Figura 2.** Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI) a partir de los seis monitoreos realizados en el río Guachicos



Fuente: Autores.

En la figura 2, se observa que el Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI) estimado para los seis monitoreos del río Guachicos indica que, aunque la calidad del agua en los puntos tanto aguas arriba como aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas es buena en términos de mineralización, hay indicios de un aumento en la contaminación en el punto localizado aguas abajo de la PTAR, especialmente en los últimos monitoreos.

En los monitoreos 1 a 5, el ICOMI para el punto localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, se mantuvo en 0,0, excepto en

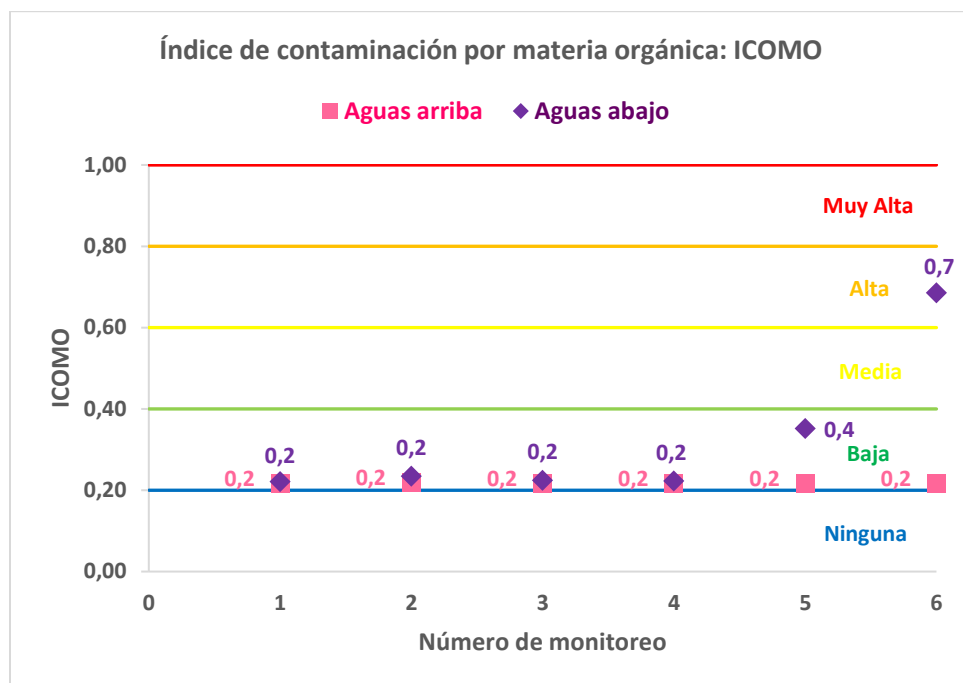
el monitoreo 6, donde se registró un valor de 0,1. Este resultado sugiere que la contaminación por mineralización en esta sección del río es prácticamente inexistente y que no hay una acumulación significativa de dureza o alcalinidad, lo cual es positivo para la salud del ecosistema acuático y para el uso del agua en actividades recreativas y de abastecimiento. Sin embargo, el ligero aumento en el ICOMI podría ser un signo de que la calidad del agua está comenzando a deteriorarse. Esto es preocupante y podría requerir un monitoreo más frecuente y medidas de mitigación para evitar un aumento en la contaminación.

En el punto localizado aguas abajo de la PTAR, el ICOMI mostró resultados diferentes. Los valores comenzaron en 0,1 en los primeros tres monitoreos, luego descendieron a 0,0 en el cuarto monitoreo, y finalmente aumentaron a 0,1 en el quinto y a 0,2 en el sexto monitoreo. El aumento progresivo en los valores del ICOMI sugiere que, aunque los niveles de contaminación por mineralización son bajos, la calidad del agua se está desmejorando en esta sección del río, posiblemente debido a la influencia de la descarga de aguas residuales tratadas de la PTAR. Esto indica la necesidad de implementar estrategias para mejorar el tratamiento de aguas residuales y minimizar su impacto en el río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito. Entre las posibles medidas se incluyen la mejora de la infraestructura de la PTAR y la adopción de prácticas de manejo sostenible en la cuenca. Igualmente, este resultado subraya la importancia de un monitoreo continuo y la implementación de medidas adecuadas para proteger la calidad del agua en el ecosistema acuático y garantizar la salud pública.

### ***Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)***

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), estimado a partir de los seis monitoreos realizados:

**Figura 3.** Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) a partir de los seis monitoreos realizados en el río Guachicos



Fuente: Autores.

La Figura 3 muestra que el Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) estimado en el punto localizado aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, para los seis monitoreos realizados, se mantiene en niveles bajos y estables. Sin embargo, en el punto ubicado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, se observa un aumento significativo en la contaminación por materia orgánica, especialmente en los últimos dos monitoreos.

En todos los monitoreos, el ICOMO para el punto localizado aguas arriba del canal de la bocatoma se mantuvo constante en 0,2. Este valor indica una contaminación "Baja" según Ramírez et al. (1999) y sugiere que la calidad del agua en esta sección del río es adecuada, sin

una influencia notable de contaminantes orgánicos, lo que no representa un riesgo significativo para el ecosistema acuático y el consumo humano.

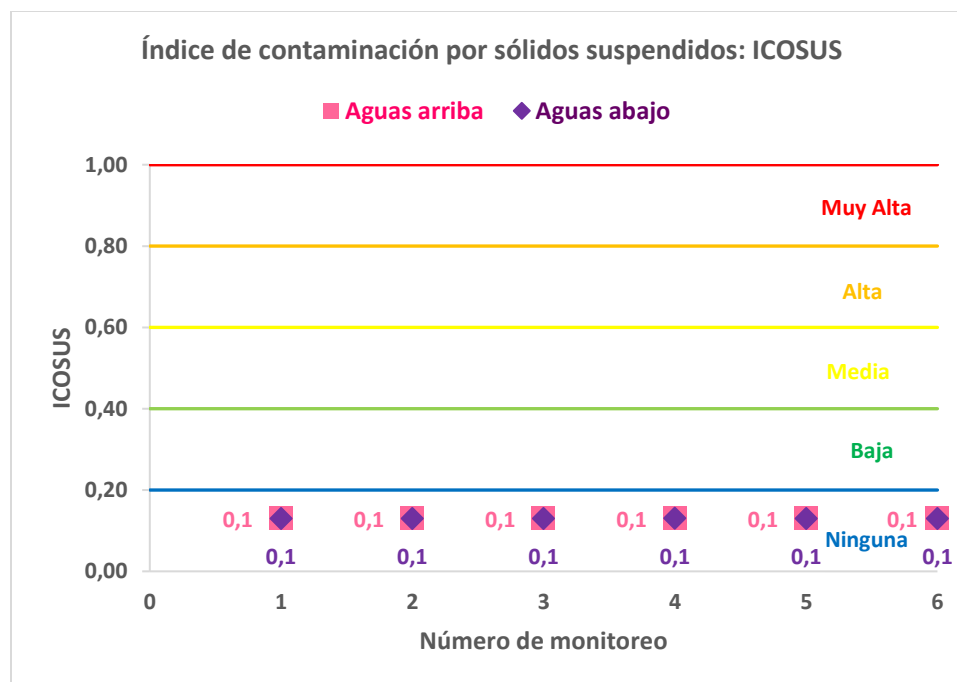
En el punto localizado aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la PTAR, el ICOMO mostró un incremento progresivo a lo largo de los monitoreos. Comenzando en 0,2 en los primeros cuatro monitoreos, el valor aumentó a 0,4 en el quinto monitoreo y alcanzó 0,7 en el sexto, lo que corresponde a la clasificación "Alta" según Ramírez et al. (1999). Este último monitoreo sugiere que las aguas superficiales del río Guachicos, en la sección ubicada abajo del vertimiento de aguas residuales de la PTAR del corregimiento de Bruselas, están comenzando a acercarse a un nivel de contaminación muy alto, lo que podría tener implicaciones negativas para la salud del ecosistema acuático y para el uso del agua en actividades recreativas o de abastecimiento. De igual manera, este aumento indica una degradación en la calidad del agua, sugiriendo que la influencia de la PTAR del corregimiento de Bruselas está afectando la concentración de coliformes y DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno) en el río (ver Anexos 19, 20, 23, 24 - Resultados de laboratorio No. R3796 y R3827). Este patrón puede estar relacionado también con la considerable disminución del caudal del río debido a las obras de ampliación para la captación de agua en la bocatoma (ver Fotografías 25, 26, 28 y 29), los vertimientos generados por diversos sectores económicos y otros desechos orgánicos en esta área.

Por lo tanto, este resultado subraya la necesidad de un monitoreo más riguroso y de la implementación de medidas de gestión más efectivas para controlar la contaminación por materia orgánica, como la mejora de los procesos de tratamiento en la PTAR para mitigar el impacto de las descargas y la promoción de prácticas sostenibles en la cuenca para proteger la calidad del agua, garantizando así la salud del ecosistema y de la población.

### *Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)*

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS), estimado a partir de los seis monitoreos realizados:

**Figura 4.** *Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) a partir de los seis monitoreos realizados en el río Guachicos*



Fuente: Autores.

Finalmente, en la figura 4, el Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) estimado indica que no hubo variaciones significativas en la concentración de sólidos suspendidos en el agua del río Guachicos. El valor del ICOSUS se mantuvo constante en 0,1 en los seis monitoreos realizados tanto aguas arriba como aguas abajo del sitio de descarga de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas. Según los rangos establecidos por Ramírez et al. (1999), un valor de 0,1 se clasifica como "Ninguna" contaminación.

La estabilidad en los valores sugiere que la calidad del agua en términos de sólidos suspendidos es relativamente buena y no se ve afectada por la descarga de aguas residuales de la PTAR de Bruselas. A diferencia del Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), que mostró un aumento en la contaminación aguas abajo, el ICOSUS se mantuvo estable. Esto sugiere que, aunque hay un incremento en la materia orgánica, la carga de sólidos suspendidos no ha aumentado, lo que podría indicar que la PTAR está funcionando adecuadamente en este aspecto o que las fuentes de sólidos suspendidos son limitadas en las áreas monitoreadas.

Este hallazgo es alentador y sugiere que, a pesar de los problemas de contaminación por materia orgánica, la calidad del agua en términos de sólidos suspendidos se mantiene en niveles aceptables, lo que es crucial para la salud del ecosistema y el bienestar de la comunidad. Sin embargo, es importante considerar que la estabilidad en los valores del ICOSUS no debe llevar a la complacencia. Es prudente continuar con el monitoreo regular para asegurar que esta tendencia se mantenga y que no se produzcan cambios en la calidad del agua que puedan afectar la salud del ecosistema o la calidad del agua para el consumo humano en el futuro.

### **Estrategias de Gestión Integrada del Recurso Hídrico GIRH**

Considerando la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH), las siguientes estrategias buscan promover el ahorro y el uso eficiente del recurso hídrico, enfocándose en la oferta, demanda, calidad y riesgo del agua:

#### ***Oferta de agua***

Implementar programas de reforestación y conservación de áreas ribereñas para proteger las cuencas hidrográficas, incluyendo la restauración de ecosistemas degradados, ya que estas acciones son fundamentales para mantener la capacidad de regulación hídrica de las cuencas,

mejorar la infiltración y reducir la erosión, alineándose con los objetivos de conservación y sostenibilidad (MVADT, 2010).

Invertir en la construcción y mantenimiento de infraestructura para la captación y almacenamiento de agua, como lagos y reservorios, garantizando el suministro de agua durante períodos de sequía, lo cual promueve el desarrollo de infraestructura hídrica resiliente en escenarios de variabilidad climática (MVADT, 2010).

Asegurar la disponibilidad del recurso hídrico mediante la protección de las cuencas hidrográficas y la conservación de ecosistemas que regulan el ciclo del agua, incluyendo la creación de áreas protegidas. Es crucial gestionar integralmente las cuencas para mantener el equilibrio ecológico y la disponibilidad de agua a largo plazo (MVADT, 2010).

Implementar planes de manejo que integren la conservación de la biodiversidad y la regulación del ciclo hidrológico, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles que minimicen la erosión y la contaminación, dado que estas prácticas son esenciales para mantener la calidad del agua y la salud de los ecosistemas acuáticos (MVADT, 2010).

### ***Demanda de agua***

Promover campañas de concienciación sobre el uso eficiente del agua en todos los sectores (doméstico, agrícola, industrial y energético), incluyendo la implementación de tecnologías de ahorro de agua y la promoción de prácticas de riego eficiente en la agricultura, fomentando una cultura de uso racional del agua para asegurar su disponibilidad futura (MVADT, 2010).

Implementar regulaciones que limiten el uso excesivo del agua y promuevan la reutilización de aguas residuales tratadas, ya que estas medidas son cruciales para reducir la presión sobre los recursos hídricos y asegurar su sostenibilidad (MVADT, 2010).

Desarrollar programas de capacitación para usuarios del agua sobre técnicas de conservación y uso eficiente, así como sobre la importancia de la gestión sostenible del recurso hídrico, fomentando un cambio de hábitos hacia prácticas más sostenibles. La educación y capacitación son herramientas clave para la gestión eficiente del agua (MVADT, 2010).

Desarrollar campañas de educación ambiental dirigidas a la comunidad local sobre la importancia de la conservación del agua y la reducción de la contaminación, involucrando a la población en actividades de limpieza y conservación de la cuenca, ya que la participación comunitaria es fundamental para lograr una gestión integral y sostenible del recurso hídrico (MVADT, 2010).

### ***Calidad del agua***

Optimizar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para asegurar que los efluentes cumplan con los estándares de calidad antes de ser vertidos al río, incluyendo la actualización de tecnologías de tratamiento y la capacitación del personal operativo. Es importante mejorar la infraestructura de tratamiento para proteger la calidad del agua (MVADT, 2010).

Invertir en tecnología de monitoreo y tratamiento de aguas y en la capacitación del personal involucrado en la gestión del recurso hídrico, utilizando herramientas digitales para el seguimiento de la calidad del agua y la gestión de datos, ya que el uso de tecnologías avanzadas permite una gestión más efectiva y precisa del recurso hídrico (MVADT, 2010).

Implementar y evaluar tecnologías avanzadas de tratamiento de aguas residuales, como sistemas de tratamiento biológico y tecnologías de membranas, es esencial para mejorar la eficiencia de la PTAR y reducir la carga de contaminantes en el río (Ortega Ramírez & Sánchez Rodríguez, 2021).

Fomentar la implementación de prácticas agrícolas sostenibles en las áreas circundantes a la cuenca, como la agroecología y el uso de técnicas de conservación del suelo, para reducir la escorrentía de contaminantes hacia el río. Estas prácticas son esenciales para mantener la calidad del agua y están alineadas con los objetivos de sostenibilidad (MVADT, 2010).

Promover la restauración de ecosistemas acuáticos y ribereños para mejorar la calidad del agua y la biodiversidad, incluyendo la reforestación de áreas degradadas y la creación de zonas de amortiguamiento alrededor del río. La restauración ecológica es una estrategia clave para la mejora de la calidad del agua (MVADT, 2010).

### ***Riesgo asociado al agua***

Implementar un sistema de gestión de riesgos que contemple la identificación y mitigación de fuentes de contaminación, incluyendo vertimientos industriales y agrícolas, y establecer regulaciones más estrictas para el manejo de desechos en la cuenca. Es necesario gestionar los riesgos asociados al agua para proteger la salud pública y los ecosistemas (MVADT, 2010).

Fomentar la colaboración entre diferentes actores (gobierno, comunidades, empresas y organizaciones no gubernamentales) para la gestión del recurso hídrico, creando mesas de trabajo donde se discutan y coordinen acciones conjuntas. La cooperación interinstitucional y la participación de múltiples actores son esenciales para una gestión integral del recurso hídrico (MVADT, 2010).

Realizar evaluaciones periódicas de las políticas de gestión del agua y ajustar las estrategias según los resultados obtenidos del monitoreo y la retroalimentación de la comunidad, asegurando que las acciones sean efectivas y pertinentes a las condiciones cambiantes de la cuenca. La evaluación continua y la adaptación de las estrategias de gestión son fundamentales

según la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico de Colombia (MVADT, 2010).

Desarrollar planes de gestión de riesgos que incluyan la identificación de áreas vulnerables a inundaciones y sequías, así como la implementación de medidas de mitigación y adaptación. La planificación y la preparación para eventos extremos relacionados con el agua son cruciales (MVADT, 2010).

Fomentar la educación y preparación de las comunidades frente a eventos extremos relacionados con el agua, como inundaciones y sequías, mediante simulacros y la creación de redes de alerta temprana. La educación y la preparación comunitaria son elementos clave para la resiliencia frente a desastres (MVADT, 2010).

Promover la investigación sobre el cambio climático y su impacto en los recursos hídricos, así como el desarrollo de tecnologías que ayuden a mitigar estos impactos. La investigación y la innovación son esenciales para enfrentar los desafíos del cambio climático en la gestión del agua (MVADT, 2010).

## Conclusiones

El estudio sobre la calidad del agua en la microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del municipio de Pitalito, Huila, revela que, aunque la calidad del agua es generalmente aceptable a buena, aguas arriba del canal de derivación de la bocatoma del acueducto del municipio de Pitalito, se observa una disminución significativa en la calidad aguas abajo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del corregimiento de Bruselas, especialmente en términos de contaminación por materia orgánica, lo que sugiere un impacto negativo de las descargas de la PTAR.

Los índices de calidad del agua (ICA) y de contaminación por mineralización (ICOMI) indican niveles bajos de contaminación, pero el aumento progresivo de la contaminación por materia orgánica (ICOMO) aguas debajo de la PTAR destaca la necesidad de mejorar los procesos de tratamiento de aguas residuales. A pesar de que los sólidos suspendidos (ICOSUS) se mantienen en niveles bajos y constantes, es crucial implementar estrategias de gestión integrada del recurso hídrico, como la reforestación, la conservación de áreas ribereñas y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles, para asegurar la disponibilidad y calidad del agua a largo plazo.

Este estudio no solo contribuye a la salud pública y la sostenibilidad ambiental, sino que también proporciona una base técnica para el desarrollo de políticas públicas efectivas y programas de educación ambiental, fomentando la colaboración interinstitucional y la participación comunitaria en la gestión del recurso hídrico. Futuros estudios deberían extender el periodo de monitoreo y ampliar la cobertura geográfica para capturar variaciones estacionales y obtener una visión más completa de la calidad del agua. Además, es esencial investigar y aplicar tecnologías avanzadas de tratamiento de aguas residuales para mejorar la calidad del agua, en

consonancia con investigaciones internacionales como las de ONU-Hábitat y la Organización Mundial de la Salud (OMS), que destacan la necesidad de acelerar el tratamiento de aguas residuales para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y el informe del Banco Mundial, "Agua Residual: De Residuo a Recurso", que promueve la reutilización y recuperación de recursos de las aguas residuales para una gestión más sostenible.

## Recomendaciones

Para fortalecer y ampliar el conocimiento de los recursos hídricos en la microcuenca del río Guachicos, se recomienda implementar un sistema de monitoreo continuo de la calidad del agua, que incluya más puntos de muestreo a lo largo de la microcuenca para capturar variaciones estacionales y espaciales, permitiendo obtener una visión más completa y precisa de la calidad del agua. Además, es esencial ampliar el conjunto de indicadores de calidad del agua, incorporando metales pesados como plomo y mercurio, nutrientes como nitratos y fosfatos, y contaminantes emergentes como microplásticos y productos farmacéuticos (Conejeros Molina et al., 2021). Es crucial realizar estudios adicionales que analicen los efectos de las actividades agrícolas y urbanas en la calidad del agua, así como investigaciones comparativas con otras microcuencas de la región para identificar patrones y diferencias (Larrea Murrell et al., 2022).

En términos prácticos, se sugiere la implementación de mejores prácticas de gestión de residuos en áreas agrícolas y urbanas, promoviendo técnicas de compostaje, reducción del uso de agroquímicos y mejora de la infraestructura de saneamiento (Gómez-Soto et al., 2019). Además, es fundamental desarrollar programas de educación ambiental para la comunidad local, enfocados en la importancia de mantener la calidad del agua, mediante talleres, campañas de sensibilización y actividades prácticas (Gavilanes-Capelo & Tipán-Barros, 2021).

A nivel de políticas, es necesario revisar y fortalecer las regulaciones sobre el uso de pesticidas y fertilizantes para minimizar su impacto en la calidad del agua, y desarrollar planes de manejo integrado de la cuenca que involucren a todos los actores locales, desde agricultores hasta autoridades municipales (Chávez-Díaz et al., 2020).

También, se recomienda fomentar la participación activa de la comunidad en la vigilancia y protección de la calidad del agua, creando comités de vigilancia comunitaria y capacitando a líderes locales en técnicas de gestión del agua (Sandoval-Moreno & Günther, 2013).

Finalmente, investigar los efectos del cambio climático en la disponibilidad y calidad del agua en la microcuenca del río Guachicos y desarrollar estrategias de adaptación para enfrentar estos desafíos es esencial para asegurar la sostenibilidad a largo plazo (Bates et al., 2008).

### Referencias Bibliográficas

- Arroyo-Figueroa, C., Chalá, D. C., Gutiérrez-Ribon, G., & Quiñones-Bolaños, E. (2024). *A Framework to Evaluate Groundwater Quality and the Relationship between Rock Weathering and Groundwater Hydrogeochemistry in the Tropical Zone: A Case Study of Coastal Aquifer Arroyo Grande, in the Caribbean Region of Colombia*. *Water*, 16(12), 1650.
- Banco Mundial (2020). *Agua Residual: De Residuo a Recurso*. Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe.
- Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S., & Palutikof, J. (2008). *El Cambio Climático y el Agua*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- CAM. (2013). *CORPORACION REGIONAL AUTONOMA DEL ALTO MAGDALENA*.
- Chávez-Díaz, I. F., Zelaya Molina, L. X., Cruz Cárdenas, C. I., Rojas Anaya, E., & Ruíz Ramírez, S. (2020). *Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro-biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
- Chidiac, S., El Najjar, P., Ouaini, N., El Rayess, Y., & El Azzi, D. (2023). *A comprehensive review of water quality indices (WQIs): history, models, attempts and perspectives*. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 22, 349-395.
- Cohen, V. (2024). *Water Crisis in Colombia Explained*. Colombia One.
- Conejeros Molina, A., Hueichaqueo Pichunman, C., & Martinez-Jimenez, B. L. (2021). *Monitoreo de calidad del agua en sistema de agua potable rural*. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*.

- Consejo Municipal Pitalito. (2016). *Plan de Desarrollo Municipio de Pitalito 2016-2019*. Pitalito, Colombia.
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). (2009). *POMCH Río Guarapas*. Neiva, Colombia.
- Council on Foreign Relations. (2023). *Water Stress: A Global Problem That's Getting Worse*.
- Cruz Ospina, C. A., & Ortega Astudillo, J. D. (2020). *Determinación del estado de la calidad del agua y la contaminación en los afluentes del río Guachicos en la zona alta de la Subcuenca, en Pitalito Huila*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Cruz, C. A., & Ortega, J. D. (2020). *Evaluación de la calidad del agua en la fuente abastecedora de Pitalito – Huila: Río Guachicos y sus afluentes principales*. *Gestión y Ambiente*, 23(2), 182-192.
- Fúquene, D., y Yate, A. (2018). *Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales*. (1).
- Gamarra Cuellar, J. A., Muñoz Guerrero, M. N., Osorio Arango, L. K., & Sánchez Barrera, I. C. (2017). *Relación de la calidad del agua para consumo humano con la incidencia de enfermedad diarreica aguda en Colombia*. Instituto Nacional de Salud.
- Gómez-Soto, J. A., Sánchez-Toro, O. J., & Matallana-Pérez, L. G. (2019). *Residuos urbanos, agrícolas y pecuarios en el contexto de las biorrefinerías*. *Revista Facultad de Ingeniería*.
- Holdridge, L. (1967). *Life zone ecology*. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. (Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa: «Ecología Basada en Zonas de Vida», 1a. ed. San José, Costa Rica: IICA, 1982).
- Huila Hoy. (2023). *Cunjurada Contaminación del Río Guachicos*. Huila Hoy.

- Hurtado Rojas, P. A., & Silva Macias, J. E. (2022). *Evaluación de la calidad del agua superficial a través de los índices ICA, ICOMI, ICOMO e ICOSUS*. Caso de estudio: microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del acueducto del municipio de Pitalito-Huila. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Ideam, Invermar (2021). *Protocolo de Monitoreo y Seguimiento del Agua*. Bogotá, D. C., 2021. 631 páginas.
- IDEAM. (2022). *Estudio Nacional del Agua 2022*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2023). *Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCA*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2012). Colombia. *Índice de calidad del agua promedio y mínimo, calculado con 5 y 6 variables, por año, según estación de monitoreo*. 2005-2011. Grupo de Calidad Ambiental, Bogotá, DC.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2013). *Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00)*. Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia – Indicadores
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2017). *Toma de muestras de aguas superficiales para la red de calidad del IDEAM*. M-S-LC-I004 v 1. Bogotá, DC.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2020). *Instructivo de Toma y Preservación de Muestras Sedimentos y Agua Superficial para la Red de Monitoreo de Calidad del IDEAM*.

- Larrea Murrell, J. A., Romeu Alvarez, B., Lugo Moya, D., & Rojas Badía, M. M. (2022). *Aspectos fundamentales del monitoreo de calidad de las aguas: el río almendares como caso de estudio*. Revista CENIC Ciencias Biológicas.
- Lizcano, H. (2007). *Guachicos, un cuerpo de agua en riesgo de sequía*. Leo Noticias, Empresas Públicas de Pitalito. Pitalito, Colombia.
- Marrugo-Negrete, J., Paternina-Uribe, R., Enamorado-Montes, G., Herrera-Arango, J., Rosso-Pinto, M., Ospino-Contreras, J., & Pinedo-Hernández, J. (2024). *Groundwater quality assessment in the La Mojana region of northern Colombia: implications for consumption, irrigation, and human health risks*. Applied Water Science, 14, 96.
- MVADT - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*.
- OMM. (2011). *Guías de prácticas hidrológicas OMM-N° 168 (6° ed., Vol. I Hidrología - De la medición a la información hidrológica)*. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.
- OMM. (2012). *Glosario Hidrológico Internacional*. Vol. 385 WMO.
- ONU. (2023). *Informe sobre la escasez de agua*.
- ONU-Hábitat y OMS (2021). *Progresos en el tratamiento de las aguas residuales*. Estado mundial y necesidades de aceleración del indicador 6.3.1. de los ODS.
- Ortega Ramírez, A. T., & Sánchez Rodríguez, N. (2021). *Tratamientos avanzados para la potabilización de aguas residuales*. Ciencia e Ingeniería Neogranadina.
- POMCA. (2009). *Actualización Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Guarapas*. CAM – Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. Plan de Desarrollo Municipio de Pitalito. (2016 – 2019).

- Ramírez, A., Restrepo, R. y Cardeñosa, M. (1999). *Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos: Formulaciones*. CT&F-Ciencia, Tecnología y Futuro, 1(5), 89-99.
- Ramírez, A., Restrepo, R. y Viña, G. (1997). *Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales*. Formulaciones y aplicación. CT&F-Ciencia, Tecnología y Futuro 1: 135–153.
- Ramos Moreno, A. (2018). *Evaluación del riesgo de eutrofización del embalse El Quimbo, Huila (Colombia)*. Revista Logos, Ciencia & Tecnología, 10(2), 172-188.
- Sandoval-Moreno, A., & Günther, M. G. (2013). *La gestión comunitaria del agua en México y Ecuador: otros acercamientos a la sustentabilidad*. Ra Ximhai.
- Trujillo-Zapata, S. A., Cortés-Orozco, C. P., Vinasco-Guzmán, M. C., Ortega-Astudillo, J. D., & Cruz-Ospina, C. A. (2020). *Evaluación de la calidad del agua en la fuente abastecedora de Pitalito–Huila: Río Guachicos y sus afluentes principales, utilizando los índices de contaminación e índice de calidad de agua*. Gestión y Ambiente, 23(2), 182-192.
- UNEP. (2023). *World Water Quality Assessment*. United Nations Environment Programme.
- VRBA, J., & Soblsek, P. (1988). *Groundwater Monitoring*. In UNESCO-UNEP, *Geology and the environment, an International Manual*. Checoslovaquia: UNESCO.
- García, J. (2023). *La importancia de la calidad del agua en comunidades rurales*. Revista de Salud Pública y Medio Ambiente, 15(2), 123-134.

## Anexos

**Anexo 1. Resultados de laboratorio No. R3685 - Monitoreo No. 1 - Fecha: 26/04/2024 -**

*Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 1 de 2*



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-05-21	R3685
Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03	
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31	

Información del Cliente							
Cliente/Empresa						NIT/D.J	
Andres Mauricio Munar						83041983	
Contacto			Celular		Email		
Andres Mauricio Munar			3202192295		mauriciomunar4@gmail.com		
Dirección				Ciudad/Departamento			
Pitalito				PITALITO, HUILA			
Referencia de la Muestra							
Procedimiento No.	Plan de muestreo	Muestra No.	Tipo de Agua	Tipo de muestreo	Fecha Toma	Fecha Entrada	Hora Muestreo
AS-TMM-004	2702-1	M3685	Superficial	INTEGRADO	2024-04-26	2024-04-26	11:30
Muestra tomada por		Lat.	Long.	Alt.	Lugar		
Juan Felipe Ramos		1°47'24,18"	76°09'19,85"	1399 m.s.n.m.	Aguas Arriba Río Guachicos		
Punto de muestreo				Fuente			
Aguas Arriba				Río Guachicos			

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO PARA CÁLCULO ICA-IDEAM EN FUENTES SUPERFICIALES							Decreto 1076 de 2015	
Fecha de Análisis	Variable	Unidad	Resultado	Límite de Cuantificación	Técnica	Método	Valores Permisibles	Artículo
2024-04-27	Alcalinidad Total+	mg CaCO <sub>3</sub> /L	31,01	2	Volumétrico	SM 2320 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3.
2024-04-26	Coliformes Totales**+	UFC / 100 mL	0	0	Filtración por membrana	SM 9222 H	20000 NMP / 100 mL	2.2.3.3. 9.3.
2024-04-26	Conductividad Eléctrica in situ*+	µS/cm	64,47 a 20,95°C	N.A.	Electrométrica	SM 2510 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3.
2024-04-30	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )***	mg O <sub>2</sub> /L	< 10,0	10	Incubación 5 días y Electrodo de Luminiscencia	SM 5210B Y ASTM D888 METODO C	N.R.	2.2.3.3. 9.3.
2024-05-07	Demanda Química de Oxígeno (DQO)***	mg O <sub>2</sub> /L	22,3	10	Reflujo cerrado y Colorimétrico	SM 5220 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3.
2024-04-26	Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	19,00	2	Volumétrico, EDTA	SM 2340 C	N.R.	2.2.3.3. 9.3.
2024-04-26	pH in situ*+	Unidades pH	7,58 a 20,95°C	N.A.	Electrométrica	SM 4500 H+ B	5,0 - 9,0 Unidades de pH	2.2.3.3. 9.3.
2024-04-26	Saturación de Oxígeno in situ	%	101,3 a 22,53°C	N.A.	Electrométrica	ASTM D 888-12 e 1 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3.
2024-04-26	Sólidos Suspendedos Totales	mg /L	<50	50	Gravimétrico (Secado de 103°C a 105°C)	SM 2540 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3.

APRECIADO CLIENTE: A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con treinta (30) días hábiles para hacer alguna observación al respecto, si durante este tiempo no se recibe ninguna información de su parte; **Ambilab S.A.S.** asume la conformidad de los resultados del análisis.

- ANOTACIÓN 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas.
- ANOTACIÓN 2: La reproducción parcial de este informe será autorizada por el Laboratorio Ambilab S.A.S.
- ANOTACIÓN 3: Las muestras analizadas en el Laboratorio Ambilab S.A.S., serán desechadas veinte (20) días después de haber sido emitido el informe, a excepción de las variables que tienen menor tiempo de conservación según el Standard Methods.

Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 2. Resultados de laboratorio No. R3685 -Monitoreo No. 1 - Fecha: 26/04/2024 -**

*Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 2 de 2*



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-05-21	R3685

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

\* Variable Acreditada por Ambilab SAS

\*\* Variable subcontratada no Acreditada

\*\*\* Variable subcontratada Acreditada

N.E: No establecido N.A: No aplica N.P: No Presenta N.R: No Reporta + Toma de muestra simple. El valor aquí reportado, esta relacionado en el Informe de campo anexo.



Carolina Pérez B.

CAROLINA PÉREZ BETANCOURT  
DIRECTOR LABORATORIO PQ - 1993

Rdo. :

OSCAR EDUARDO VALBUENA CALDERON  
DIRECTOR TECNICO

Fin Del Reporte.....



Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 3. Resultados de laboratorio No. R3686 -Monitoreo No. 1 - Fecha: 26/04/2024 -**

Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 1 de 2



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-05-21	R3686

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

Información del Cliente							
Cliente/Empresa				NIT/D.J			
Andres Mauricio Munar				83041983			
Contacto		Celular		Email			
Andres Mauricio Munar		3202192293		mauriciomunar4@gmail.com			
Dirección				Ciudad/Departamento			
Pitalito				PITALITO, HUILA			
Referencia de la Muestra							
Procedimiento No.	Plan de muestreo	Muestra No.	Tipo de Agua	Tipo de muestreo	Fecha Toma	Fecha Entrada	Hora Muestreo
AS-TMM-004	2702	M3686	Superficial	INTEGRADO	2024-04-26	2024-04-26	12:30
Muestra tomada por		Lat.	Long.	Alt.	Lugar		
Juan Felipe Ramos		1°47'23.99"	76°09'17.26"	1404 m.s.n.m.	Aguas Arriba Río Guachicos		
Punto de muestreo				Fuente:			
Aguas Abajo				Río Guachicos			

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO PARA CÁLCULO ICA-IDEAM EN FUENTES SUPERFICIALES							Decreto 1076 de 2015	
Fecha de Análisis	Variable	Unidad	Resultado	Límite de Cuantificación	Técnica	Método	Valores Permisibles	Artículo
2024-04-27	Alcalinidad Total*	mg CaCO <sub>3</sub> /L	34,88	2	Volumétrico	SM 2320 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-04-26	Coliformes Totales**	UFC / 100 mL	400	0	Filtración por membrana	SM 9222 H	20000 NMP / 100 mL	2.2.3.3. 9.3
2024-04-26	Conductividad Eléctrica In situ**	µS/cm	73,80 a 21,63°C	N.A.	Electrométrica	SM 2510 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-04-30	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )***	mg O <sub>2</sub> /L	< 10,0	10	Incubación 5 días y Electrodo de Luminiscencia	SM 5210B Y ASTM D888 METODO C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-05-07	Demanda Química de Oxígeno (DQO)***	mg O <sub>2</sub> /L	18,2	10	Reflujo cerrado y Colormétrico	SM 5220 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-04-26	Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	20,00	2	Volumétrico, EDTA	SM 2340 C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-04-26	pH In Situ**	Unidades pH	7,64 a 21,63°C	N.A.	Electrométrica	SM 4500 H+	5,0 - 9,0 Unidades de pH	2.2.3.3. 9.3
2024-04-26	Saturación de Oxígeno In situ	%	98,6 a 21,97°C	N.A.	Electrométrica	ASTM D 888-12 e1 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-04-26	Sólidos Suspendidos Totales	mg /L	<50	50	Gravimétrico (Secado de 103°C a 105°C)	SM 2540 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3

APRECIADO CLIENTE: A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con treinta (30) días hábiles para hacer alguna observación al respecto, si durante este tiempo no se recibe ninguna información de su parte, **Ambilab S.A.S.** asume la conformidad de los resultados del análisis.

- ANOTACIÓN 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas.
- ANOTACIÓN 2: La reproducción parcial de este informe será autorizada por el Laboratorio Ambilab S.A.S.
- ANOTACIÓN 3: Las muestras analizadas en el Laboratorio Ambilab S.A.S, serán desechadas veinte (20) días después de haber sido emitido el informe, a excepción de las variables que tienen menor tiempo de conservación según el Standar Methods.

Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 4. Resultados de laboratorio No. R3686 -Monitoreo No. 1 - Fecha: 26/04/2024 -**

*Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 2 de 2*



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-05-21	R3686

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

\* Variable Acreditada por Ambilab SAS  
 \*\* Variable subcontratada no Acreditada  
 \*\*\* Variable subcontratada Acreditada  
 N.E: No establecido N.A: No aplica N.P: No Presenta N.R: No Reporta + Toma de muestra simple. El valor aquí reportado, esta relacionado en el Informe de campo anexo.



*Carolina Pérez B.*

CAROLINA PÉREZ BETANCOURT  
DIRECTOR LABORATORIO PQ - 1993

Rdo. :

OSCAR EDUARDO VALBUENA CALDERON  
DIRECTOR TECNICO

Fin Del Reporte.....



Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 5. Resultados de laboratorio No. R3718 -Monitoreo No. 2 – Fecha: 24/05/2024 -**

Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 1 de 2



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-06-18	R3718

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

Información del Cliente							
Cliente/Empresa				NIT/D.I			
Andres Mauricio Munar				83041983			
Contacto		Celular		Email			
Andres Mauricio Munar		3202192290		mauriciomunar4@gmail.com			
Dirección				Ciudad/Departamento			
Pitalito				PITALITO, HUILA			
Referencia de la Muestra							
Procedimiento No.	Plan de muestreo	Muestra No.	Tipo de Agua	Tipo de muestreo	Fecha Toma	Fecha Entrada	Hora Muestreo
AS-TMM-004	2709-1	M3718	Superficial	INTEGRADO	2024-05-24	2024-05-24	10:00
Muestra tomada por		Lat.	Long.	Alt.	Lugar		
Juan Felipe Ramos		1°47'24.18"	76°09'19.85"	1399 m.s.n.m.	Aguas Arriba Río Guachicos		
Punto de muestreo				Fuente			
Aguas Arriba				Río Guachicos			

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO PARA CÁLCULO ICA-IDEAM EN FUENTES SUPERFICIALES							Decreto 1076 de 2015	
Fecha de Análisis	Variable	Unidad	Resultado	Límite de Cuantificación	Técnica	Método	Valores Permisionables	Artículo
2024-05-24	Alcalinidad Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	35,37	2	Volumétrico	SM 2320 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-05-24	Coliformes Totales	UFC / 100 mL	10	N.E.	Filtración por membrana	SM 9222 H	20000 NMP / 100 mL	2.2.3.3. 9.3
2024-05-24	Conductividad Eléctrica In situ*	µS/cm	65,47 a 19,67°C	N.A.	Electrométrica	SM 2510 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-05-27	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )***	mg O <sub>2</sub> /L	< 10,0	10	Incubación 5 días y Electrodo de Luminiscencia	SM 5210 B, ASTM D888-18 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-05-28	Demanda Química de Oxígeno (DQO)***	mg O <sub>2</sub> /L	21,4	10	Reflujo cerrado y Colormétrico	SM 5220 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-05	Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	16,50	2	Volumétrico, EDTA	SM 2340 C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-05-24	pH In Situ*	Unidades pH	7,56 a 19,67°C	N.A.	Electrométrica	SM 4500 H+	5,0 - 9,0 Unidades de pH	2.2.3.3. 9.3
2024-05-24	Saturación de Oxígeno in situ	%	99,03 a 19,20°C	N.A.	Electrométrica	ASTM D 888-12 e1 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-05-28	Sólidos Suspendedos Totales***	mg /L	<50	50	Gravimétrico (Secado de 103°C a 105°C)	SM 2540 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3

APRECIADO CLIENTE: A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con treinta (30) días hábiles para hacer alguna observación al respecto, si durante este tiempo no se recibe ninguna información de su parte; **Ambilab S.A.S.** asume la conformidad de los resultados del análisis.

- ANOTACIÓN 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas.
- ANOTACIÓN 2: La reproducción parcial de este informe será autorizada por el Laboratorio Ambilab S.A.S.
- ANOTACIÓN 3: Las muestras analizadas en el Laboratorio Ambilab S.A.S, serán desechadas veinte (20) días después de haber sido emitido el informe, a excepción de las variables que tienen menor tiempo de conservación según el Standar Methods.

Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 6. Resultados de laboratorio No. R3718 - Monitoreo No. 2 – Fecha: 24/05/2024 -**

*Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 2 de 2*



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-06-18	R3718

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31


\* Variable Acreditada por Ambilab SAS  
 \*\* Variable subcontratada no Acreditada  
 \*\*\* Variable subcontratada Acreditada  
 N.E: No establecido N.A: No aplica N.P: No Presenta N.R: No Reporta + Toma de muestra simple. El valor aquí reportado, esta relacionado en el Informe de campo anexo.



Carolina Pérez B.

CAROLINA PÉREZ BETANCOURT  
DIRECTOR LABORATORIO PQ - 1993

Fin Del Reporte.....

Rdo. : 

OSCAR EDUARDO VALBUENA CALDERON  
DIRECTOR TECNICO



Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 7. Resultados de laboratorio No. R3717 - Monitoreo No. 2 – Fecha: 24/05/2024 -**

Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 1 de 2



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-06-18	R3717

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

Información del Cliente							
Cliente/Empresa						NIT/D.I	
Andres Mauricio Munar						83041983	
Contacto				Celular			
Andres Mauricio Munar				3202192295			
Email				mauriciomunar4@gmail.com			
Dirección				Ciudad/Departamento			
Pitalito				PITALITO, HUILA			
Referencia de la Muestra							
Procedimiento No.	Plan de muestreo	Muestra No.	Tipo de Agua	Tipo de muestreo	Fecha Toma	Fecha Entrada	Hora Muestreo
AS-TMM-004	2709-2	M3717	Superficial	INTEGRADO	2024-05-24	2024-05-24	10:35
Muestra tomada por		Lat.	Long.	Alt.	Lugar		
Juan Felipe Ramos		1°47'25.95"	76°09'17.26"	1404 m.s.n.m.	Aguas Abajo Río Guachicos		
Punto de muestreo				Fuente			
Aguas Abajo				Río Guachicos			

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO PARA CÁLCULO ICA-IDEAM EN FUENTES SUPEFICIALES								Decreto 1076 de 2015
Fecha de Análisis	Variable	Unidad	Resultado	Límite de Cuantificación	Técnica	Método	Valores Permisibles	Artículo
2024-05-24	Alcalinidad Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	36,34	2	Volumétrico	SM 2320 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-05-24	Coliformes Totales	UFC / 100 mL	0	N.E.	Filtración por membrana	SM 9222 H	20000 NMP / 100 mL	2.2.3.3. 9.3
2024-05-24	Conductividad Eléctrica In situ*	µS/cm	77,47 a 21,67°C	N.A.	Electrométrica	SM 2510 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-05-27	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )***	mg O <sub>2</sub> /L	< 10,0	10	Incubación 5 días y Electrodo de Luminiscencia	SM 5210 B, ASTM D888-18 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-05-28	Demanda Química de Oxígeno (DQO)***	mg O <sub>2</sub> /L	19,7	10	Reflujo cerrado y Colorimétrico	SM 5220 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-05	Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	16,00	2	Volumétrico, EDTA	SM 2340 C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-05-24	pH In Situ*	Unidades pH	7,40 a 21,67°C	N.A.	Electrométrica	SM 4500 H+, B	5,0 - 9,0 Unidades de pH	2.2.3.3. 9.3
2024-05-24	Saturación de Oxígeno In situ	%	94,57 a 18,90°C	N.A.	Electrométrica	ASTM D 888-12 e1 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-05-28	Sólidos Suspendedos Totales***	mg /L	<50	50	Gravimétrico (Secado de 103°C a 105°C)	SM 2540 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3

APRECIADO CLIENTE: A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con treinta (30) días hábiles para hacer alguna observación al respecto, si durante este tiempo no se recibe ninguna información de su parte; **Ambilab S.A.S.** asume la conformidad de los resultados del análisis.

- ANOTACIÓN 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas.
- ANOTACIÓN 2: La reproducción parcial de este informe será autorizada por el Laboratorio Ambilab S.A.S.
- ANOTACIÓN 3: Las muestras analizadas en el Laboratorio Ambilab S.A.S., serán desechadas veinte (20) días después de haber sido emitido el informe, a excepción de las variables que tienen menor tiempo de conservación según el Standard Methods.

Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 8. Resultados de laboratorio No. R3717 - Monitoreo No. 2 – Fecha: 24/05/2024 -**

*Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 2 de 2*



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-06-18	R3717

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

\* Variable Acreditada por Ambilab SAS  
 \*\* Variable subcontratada no Acreditada  
 \*\*\* Variable subcontratada Acreditada  
 N.E: No establecido N.A: No aplica N.P: No Presenta N.R: No Reporta + Toma de muestra simple. El valor aquí reportado, esta relacionado en el Informe de campo anexo.



*Carolina Pérez B.*

CAROLINA PÉREZ BETANCOURT  
DIRECTOR LABORATORIO PQ - 1993

Rdo. : *[Signature]*

OSCAR EDUARDO VALBUENA CALDERON  
DIRECTOR TECNICO

Fin Del Reporte.....



Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 9. Resultados de laboratorio No. R3763 - Monitoreo No. 3 – Fecha: 07/06/2024 -**

*Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 1 de 2*



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-06-26	R3763

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

Información del Cliente							
Cliente/Empresa						NIT/D.I	
Andres Mauricio Munar						83041983	
Contacto		Celular		Email			
Andres Mauricio Munar		3202192293		mauriciomunar4@gmail.com			
Dirección				Ciudad/Departamento			
Pitalito				PITALITO, HUILA			
Referencia de la Muestra							
Procedimiento No.	Plan de muestreo	Muestra No.	Tipo de Agua	Tipo de muestreo	Fecha Toma	Fecha Entrada	Hora Muestreo
AS-TMM-004	2709-3	M3763	Superficial	INTEGRADO	2024-06-07	2024-06-07	09:45
Muestra tomada por		Lat.	Long.	Alt.	Lugar		
Juan Felipe Ramos		1°47'23.20"	76°09'17.54"	1294 m.s.n.m.	Aguas Arriba Río Guachicos		
Punto de muestreo				Fuente			
Aguas Arriba				Río Guachicos			

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO PARA CÁLCULO ICA-IDEAM EN FUENTES SUPEFICIALES								Decreto 1076 de 2015
Fecha de Análisis	Variable	Unidad	Resultado	Límite de Cuantificación	Técnica	Método	Valores Permisibles	Artículo
2024-06-07	Alcalinidad Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	27,62	2	Volumétrico	SM 2320 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-07	Coliformes Totales	UFC / 100 mL	6,10	1,8	Filtración por membrana	SM 9222 H	20000 NMP / 100 mL	2.2.3.3. 9.3
2024-06-07	Conductividad Eléctrica In situ*	µS/cm	64,47 a 20,50°C	N.A.	Electrométrica	SM 2510 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-10	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )***	mg O <sub>2</sub> /L	< 10,0	10	Incubación 5 días y Electrodo de Luminiscencia	SM 5210 B, ASTM D888-18 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-12	Demanda Química de Oxígeno (DQO)***	mg O <sub>2</sub> /L	< 10,0	10	Reflujo cerrado y Colorimétrico	SM 5220 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-13	Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	20,00	2	Volumétrico, EDTA	SM 2340 C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-07	pH In Situ*	Unidades pH	7,23 a 20,50°C	N.A.	Electrométrica	SM 4500 H+	5,0 - 9,0 Unidades de pH	2.2.3.3. 9.3
2024-06-07	Saturación de Oxígeno In situ	%	102,4 a 19,87°C	N.A.	Electrométrica	ASTM D 888-12 e1 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-12	Sólidos Suspendedos Totales	mg /L	<50	50	Gravimétrico (Secado de 103°C a 105°C)	SM 2540 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3

APRECIADO CLIENTE: A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con treinta (30) días hábiles para hacer alguna observación al respecto, si durante este tiempo no se recibe ninguna información de su parte; **Ambilab S.A.S.** asume la conformidad de los resultados del análisis.

- ANOTACIÓN 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas.
- ANOTACIÓN 2: La reproducción parcial de este informe será autorizada por el Laboratorio Ambilab S.A.S.
- ANOTACIÓN 3: Las muestras analizadas en el Laboratorio Ambilab S.A.S., serán desechadas veinte (20) días después de haber sido emitido el informe, a excepción de las variables que tienen menor tiempo de conservación según el Standard Methods.

Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 10. Resultados de laboratorio No. R3763 - Monitoreo No. 3 – Fecha: 07/06/2024**

- Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 2 de 2



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-06-26	R3763

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

\* Variable Acreditada por Ambilab SAS  
 \*\* Variable subcontratada no Acreditada  
 \*\*\* Variable subcontratada Acreditada  
 N.E: No establecido N.A: No aplica N.P: No Presenta N.R: No Reporta + Toma de muestra simple. El valor aquí reportado, esta relacionado en el Informe de campo anexo.



Carolina Pérez B.

CAROLINA PÉREZ BETANCOURT  
DIRECTOR LABORATORIO PQ - 1993

Fin Del Reporte.....

Rdo. :

OSCAR EDUARDO VALBUENA CALDERON  
DIRECTOR TECNICO



Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

## Anexo 11. Resultados de laboratorio No. R3764 - Monitoreo No. 3 – Fecha: 07/06/2024

- Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 1 de 2



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-06-26	R3764

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

Información del Cliente							
Cliente/Empresa						NIT/D.I	
Andres Mauricio Munar						83041983	
Contacto		Celular		Email			
Andres Mauricio Munar		3202192290		mauriciomunar4@gmail.com			
Dirección				Ciudad/Departamento			
Pitalito				PITALITO, HUILA			
Referencia de la Muestra							
Procedimiento No.	Plan de muestreo	Muestra No.	Tipo de Agua	Tipo de muestreo	Fecha Toma	Fecha Entrada	Hora Muestreo
AS-TMM-004	2709-4	M3764	Superficial	INTEGRADO	2024-06-07	2024-06-07	10:30
Muestra tomada por		Lat.	Long.	Alt.	Lugar		
Juan Felipe Ramos		1°47'25.99"	76°09'17.20"	1404 m.s.n.m.	Aguas Abajo Río Guachicos		
Punto de muestreo				Fuente			
Aguas Abajo				Río Guachicos			

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO PARA CÁLCULO ICA-IDEAM EN FUENTES SUPERFICIALES							Decreto 1076 de 2015	
Fecha de Análisis	Variable	Unidad	Resultado	Límite de Cuantificación	Técnica	Método	Valores Permisionables	Artículo
2024-06-07	Alcalinidad Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	30,52	2	Volumétrico	SM 2320 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-07	Coliformes Totales	UFC / 100 mL	1,050	1.8	Filtración por membrana	SM 9222 H	20000 NMP / 100 mL	2.2.3.3. 9.3
2024-06-07	Conductividad Eléctrica In situ*	µS/cm	73,13 a 19,87°C	N.A.	Electrométrica	SM 2510 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-10	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )***	mg O <sub>2</sub> /L	< 10,0	10	Incubación 5 días y Electrodo de Luminiscencia	SM 5210 B, ASTM D888-18 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-12	Demanda Química de Oxígeno (DQO)***	mg O <sub>2</sub> /L	54,8	10	Reflujo cerrado y Colormétrico	SM 5220 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-13	Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	22,00	2	Volumétrico, EDTA	SM 2340 C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-07	pH In Situ*	Unidades pH	7,56 a 19,87°C	N.A.	Electrométrica	SM 4500 H+	5.0 - 9.0 Unidades de pH	2.2.3.3. 9.3
2024-06-07	Saturación de Oxígeno in situ	%	97,73 a 19,73°C	N.A.	Electrométrica	ASTM D 888-12 e1 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-12	Sólidos Suspendedos Totales	mg /L	<50	50	Gravimétrico (Secado de 103°C a 105°C)	SM 2540 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3

APRECIADO CLIENTE: A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con treinta (30) días hábiles para hacer alguna observación al respecto, si durante este tiempo no se recibe ninguna información de su parte; **Ambilab S.A.S.** asume la conformidad de los resultados del análisis.

- ANOTACIÓN 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas.
- ANOTACIÓN 2: La reproducción parcial de este informe será autorizada por el Laboratorio Ambilab S.A.S.
- ANOTACIÓN 3: Las muestras analizadas en el Laboratorio Ambilab S.A.S, serán desechadas veinte (20) días después de haber sido emitido el informe, a excepción de las variables que tienen menor tiempo de conservación según el Standar Methods.

Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 12. Resultados de laboratorio No. R3764 - Monitoreo No. 3 – Fecha: 07/06/2024**

- Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 2 de 2



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-06-26	R3764

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31


\* Variable Acreditada por Ambilab SAS  
 \*\* Variable subcontratada no Acreditada  
 \*\*\* Variable subcontratada Acreditada  
 N.E: No establecido N.A: No aplica N.P: No Presenta N.R: No Reporta + Toma de muestra simple. El valor aquí reportado, esta relacionado en el Informe de campo anexo.



Carolina Pérez B.

CAROLINA PÉREZ BETANCOURT  
DIRECTOR LABORATORIO PQ - 1993

Fin Del Reporte.....

Rdo. : 

OSCAR EDUARDO VALBUENA CALDERON  
DIRECTOR TECNICO



Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 13. Resultados de laboratorio No. R3781 - Monitoreo No. 4 – Fecha: 28/06/2024-**

Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 1 de 2



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-07-22	R3781

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

Información del Cliente							
Cliente/Empresa				NIT/D.I			
Andres Mauricio Munar				83041983			
Contacto		Celular		Email			
Andres Mauricio Munar		3202192290		mauriciomunar4@gmail.com			
Dirección				Ciudad/Departamento			
Pitalito				PITALITO, HUILA			
Referencia de la Muestra							
Procedimiento No.	Plan de muestreo	Muestra No.	Tipo de Agua	Tipo de muestreo	Fecha Toma	Fecha Entrada	Hora Muestreo
AS-TMM-004	2709-5	M3781	Superficial	INTEGRADO	2024-06-28	2024-06-28	10:00
Muestra tomada por		Lat.	Long.	Alt.	Lugar		
Juan Felipe Ramos		1°47'23.20"	76°09'17.54"	1294 m.s.n.m.	Vereda Cabeceras		
Punto de muestreo				Fuente			
Aguas Arriba				Río Guachicos			

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO PARA CÁLCULO ICA-IDEAM EN FUENTES SUPERFICIALES							Decreto 1076 de 2015	
Fecha de Análisis	Variable	Unidad	Resultado	Límite de Cuantificación	Técnica	Método	Valores Permisionables	Artículo
2024-06-28	Alcalinidad Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	26,65	2	Volumétrico	SM 2320 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-28	Coliformes Totales	UFC / 100 mL	20	1.8	Filtración por membrana	SM 9222 H	20000 NMP / 100 mL	2.2.3.3. 9.3
2024-06-28	Conductividad Eléctrica In situ*	µS/cm	58,47 a 17,86°C	N.A.	Electrométrica	SM 2510 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-07-03	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )***	mg O <sub>2</sub> /L	< 10,0	10	Incubación 5 días y Electrodo de Luminiscencia	SM 5210 B, ASTM D888-18 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-07-06	Demanda Química de Oxígeno (DQO)***	mg O <sub>2</sub> /L	10,53	10	Reflujo cerrado y Colormétrico	SM 5220 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-07-05	Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	21,00	2	Volumétrico, EDTA	SM 2340 C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-28	pH In Situ*	Unidades pH	7,04 a 17,86°C	N.A.	Electrométrica	SM 4500 H+	5.0 - 9.0 Unidades de pH	2.2.3.3. 9.3
2024-06-28	Saturación de Oxígeno in situ	%	101,07 a 18,27°C	N.A.	Electrométrica	ASTM D 888-12 e1 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-07-02	Sólidos Suspendedos Totales	mg /L	<50	50	Gravimétrico (Secado de 103°C a 105°C)	SM 2540 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3

APRECIADO CLIENTE: A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con treinta (30) días hábiles para hacer alguna observación al respecto, si durante este tiempo no se recibe ninguna información de su parte; **Ambilab S.A.S.** asume la conformidad de los resultados del análisis.

- ANOTACIÓN 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas.
- ANOTACIÓN 2: La reproducción parcial de este informe será autorizada por el Laboratorio Ambilab S.A.S.
- ANOTACIÓN 3: Las muestras analizadas en el Laboratorio Ambilab S.A.S, serán desechadas veinte (20) días después de haber sido emitido el informe, a excepción de las variables que tienen menor tiempo de conservación según el Standar Methods.

Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 14. Resultados de laboratorio No. R3781 - Monitoreo No. 4 – Fecha: 28/06/2024-**

*Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 2 de 2*



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-07-22	R3781

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

\* Variable Acreditada por Ambilab SAS  
 \*\* Variable subcontratada no Acreditada  
 \*\*\* Variable subcontratada Acreditada  
 N.E: No establecido N.A: No aplica N.P: No Presenta N.R: No Reporta + Toma de muestra simple. El valor aquí reportado, esta relacionado en el Informe de campo anexo.



*Carolina Pérez B.*

CAROLINA PÉREZ BETANCOURT  
DIRECTOR LABORATORIO PQ - 1993

Rdo. :

OSCAR EDUARDO VALBUENA CALDERON  
DIRECTOR TECNICO

Fin Del Reporte.....



Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 15. Resultados de laboratorio No. R3782 - Monitoreo No. 4 – Fecha: 28/06/2024-**

Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 1 de 2



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-07-22	R3782

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

Información del Cliente							
Cliente/Empresa						NIT/D.I	
Andres Mauricio Munar						83041983	
Contacto		Celular		Email			
Andres Mauricio Munar		3202192290		mauriciomunar4@gmail.com			
Dirección				Ciudad/Departamento			
Pitalito				PITALITO, HUILA			
Referencia de la Muestra							
Procedimiento No.	Plan de muestreo	Muestra No.	Tipo de Agua	Tipo de muestreo	Fecha Toma	Fecha Entrada	Hora Muestreo
AS-TMM-004	2709-6	M3782	Superficial	INTEGRADO	2024-06-28	2024-06-28	10:46
Muestra tomada por		Lat.	Long.	Alt.	Lugar		
Juan Felipe Ramos		1°47'25.99"	76°09'17.20"	1404 m.s.n.m.	Aguas Abajo Río Guachicos		
Punto de muestreo				Fuente			
Aguas Abajo				Río Guachicos			

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO PARA CÁLCULO ICA-IDEAM EN FUENTES SUPERFICIALES								Decreto 1076 de 2015
Fecha de Análisis	Variable	Unidad	Resultado	Límite de Cuantificación	Técnica	Método	Valores Permisibles	Artículo
2024-06-28	Alcalinidad Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	29,07	2	Volumétrico	SM 2320 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-28	Coliformes Totales	UFC / 100 mL	1,410	1.8	Filtración por membrana	SM 9222 H	20000 NMP / 100 mL	2.2.3.3. 9.3
2024-06-28	Conductividad Eléctrica In situ*	µS/cm	63,13 a 18,00°C	N.A.	Electrométrica	SM 2510 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-07-03	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )***	mg O <sub>2</sub> /L	< 10,0	10	Incubación 5 días y Electrodo de Luminiscencia	SM 5210 B, ASTM D888-18 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-07-06	Demanda Química de Oxígeno (DQO)***	mg O <sub>2</sub> /L	17,7	10	Reflujo cerrado y Colorimétrico	SM 5220 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-07-05	Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	23,50	2	Volumétrico, EDTA	SM 2340 C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-06-28	pH In Situ*	Unidades pH	6,80 a 18,00°C	N.A.	Electrométrica	SM 4500 H+	5,0 - 9,0 Unidades de pH	2.2.3.3. 9.3
2024-06-28	Saturación de Oxígeno In situ	%	98,3 a 19,33°C	N.A.	Electrométrica	ASTM D 888-12 e1 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-07-02	Sólidos Suspendedos Totales	mg /L	<50	50	Gravimétrico (Secado de 103°C a 105°C)	SM 2540 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3

APRECIADO CLIENTE: A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con treinta (30) días hábiles para hacer alguna observación al respecto, si durante este tiempo no se recibe ninguna información de su parte; **Ambilab S.A.S.** asume la conformidad de los resultados del análisis.

- ANOTACIÓN 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas.
- ANOTACIÓN 2: La reproducción parcial de este informe será autorizada por el Laboratorio Ambilab S.A.S.
- ANOTACIÓN 3: Las muestras analizadas en el Laboratorio Ambilab S.A.S., serán desechadas veinte (20) días después de haber sido emitido el informe, a excepción de las variables que tienen menor tiempo de conservación según el Standard Methods.

Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 16. Resultados de laboratorio No. R3782 - Monitoreo No. 4 – Fecha: 28/06/2024-**

*Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 2 de 2*



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-07-22	R3782

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

\* Variable Acreditada por Ambilab SAS  
 \*\* Variable subcontratada no Acreditada  
 \*\*\* Variable subcontratada Acreditada  
 N.E: No establecido N.A: No aplica N.P: No Presenta N.R: No Reporta + Toma de muestra simple. El valor aquí reportado, esta relacionado en el Informe de campo anexo.



*Carolina Pérez B.*

CAROLINA PÉREZ BETANCOURT  
DIRECTOR LABORATORIO PQ - 1993

Rdo. :

OSCAR EDUARDO VALBUENA CALDERON  
DIRECTOR TECNICO

Fin Del Reporte.....



Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 17. Resultados de laboratorio No. R3795 - Monitoreo No. 5 – Fecha: 12/07/2024-**

Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 1 de 2



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-08-01	R3795

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

Información del Cliente							
Cliente/Empresa						NIT/D.I	
Andres Mauricio Munar						83041983	
Contacto		Celular		Email			
Andres Mauricio Munar		3202192295		mauriciomunar4@gmail.com			
Dirección				Ciudad/Departamento			
Pitalito				PITALITO, HUILA			
Referencia de la Muestra							
Procedimiento No.	Plan de muestreo	Muestra No.	Tipo de Agua	Tipo de muestreo	Fecha Toma	Fecha Entrada	Hora Muestreo
AS-TMM-004	2755-1	M3795	Superficial	INTEGRADO	2024-07-12	2024-07-12	09:43
Muestra tomada por		Lat.	Long.	Alt.	Lugar		
Juan Felipe Ramos		1°47'23.20"	76°09'17.54"	1294 m.s.n.m.	Vereda Cabeceras		
Punto de muestreo				Fuente			
Aguas Arriba				Río Guachicos			

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO PARA CÁLCULO ICA-IDEAM EN FUENTES SUPERFICIALES							Decreto 1076 de 2015	
Fecha de Análisis	Variable	Unidad	Resultado	Límite de Cuantificación	Técnica	Método	Valores Permisionables	Artículo
2024-07-12	Alcalinidad Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	27,62	2	Volumétrico	SM 2320 B	N.R.	2.2.3.3.9.3
2024-07-12	Coliformes Totales	UFC / 100 mL	0	0	Filtración por membrana	SM 9222 H	20000 NMP / 100 mL	2.2.3.3.9.3
2024-07-12	Conductividad Eléctrica In situ*	µS/cm	61,1 a 19,67 °C	N.A.	Electrométrica	SM 2510 B	N.R.	2.2.3.3.9.3
2024-07-15	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )***	mg O <sub>2</sub> /L	< 10,0	10	Incubación 5 días y Electrodo de Luminiscencia	SM 5210 B, ASTM D888-18 Método C	N.R.	2.2.3.3.9.3
2024-07-25	Demanda Química de Oxígeno (DQO)***	mg O <sub>2</sub> /L	< 10,0	10	Reflujo cerrado y Colormétrico	SM 5220 B	N.R.	2.2.3.3.9.3
2024-07-18	Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	27,50	2	Volumétrico, EDTA	SM 2340 C	N.R.	2.2.3.3.9.3
2024-07-12	pH In Situ*	Unidades pH	7,19 a 19,67 °C	N.A.	Electrométrica	SM 4500 H+	5,0 - 9,0 Unidades de pH	2.2.3.3.9.3
2024-07-12	Saturación de Oxígeno In situ	%	99,9 a 18,43 °C	N.A.	Electrométrica	ASTM D 888-12 e1 Método C	N.R.	2.2.3.3.9.3
2024-07-19	Sólidos Suspendedos Totales	mg /L	<50	50	Gravimétrico (Secado de 103°C a 105°C)	SM 2540 D	N.R.	2.2.3.3.9.3

APRECIADO CLIENTE: A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con treinta (30) días hábiles para hacer alguna observación al respecto, si durante este tiempo no se recibe ninguna información de su parte; **Ambilab S.A.S.** asume la conformidad de los resultados del análisis.

- ANOTACIÓN 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas.
- ANOTACIÓN 2: La reproducción parcial de este informe será autorizada por el Laboratorio Ambilab S.A.S.
- ANOTACIÓN 3: Las muestras analizadas en el Laboratorio Ambilab S.A.S, serán desechadas veinte (20) días después de haber sido emitido el informe, a excepción de las variables que tienen menor tiempo de conservación según el Standar Methods.

Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 18. Resultados de laboratorio No. R3795 - Monitoreo No. 5 – Fecha: 12/07/2024-**

*Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 2 de 2*



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-08-01	R3795

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31


\* Variable Acreditada por Ambilab SAS  
 \*\* Variable subcontratada no Acreditada  
 \*\*\* Variable subcontratada Acreditada  
 N.E: No establecido N.A: No aplica N.P: No Presenta N.R: No Reporta + Toma de muestra simple. El valor aquí reportado, esta relacionado en el Informe de campo anexo.



*Carolina Pérez B.*

CAROLINA PÉREZ BETANCOURT  
DIRECTOR LABORATORIO PQ - 1993

Fin Del Reporte.....

Rdo. : 

OSCAR EDUARDO VALBUENA CALDERON  
DIRECTOR TECNICO



Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 19. Resultados de laboratorio No. R3796 - Monitoreo No. 5 – Fecha: 12/07/2024-**

Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 1 de 2



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-08-01	R3796

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

Información del Cliente							
Cliente/Empresa						NIT/D.I	
Andres Mauricio Munar						83041983	
Contacto		Celular		Email			
Andres Mauricio Munar		3202192290		mauriciomunar4@gmail.com			
Dirección				Ciudad/Departamento			
Pitalito				PITALITO, HUILA			
Referencia de la Muestra							
Procedimiento No.	Plan de muestreo	Muestra No.	Tipo de Agua	Tipo de muestreo	Fecha Toma	Fecha Entrada	Hora Muestreo
AS-TMM-004	2755-2	M3796	Superficial	INTEGRADO	2024-07-12	2024-07-12	10:20
Muestra tomada por		Lat.	Long.	Alt.	Lugar		
Juan Felipe Ramos		1°47'25.99"	76°09'17.20"	1404 m.s.n.m.	Vereda Cabeceras		
Punto de muestreo				Fuente			
Aguas Abajo				Río Guachicos			

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO PARA CÁLCULO ICA-IDEAM EN FUENTES SUPERFICIALES							Decreto 1076 de 2015	
Fecha de Análisis	Variable	Unidad	Resultado	Límite de Cuantificación	Técnica	Método	Valores Permisible	Artículo
2024-07-12	Alcalinidad Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	37,79	2	Volumétrico	SM 2320 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-07-12	Coliformes Totales	UFC / 100 mL	2,860	0	Filtración por membrana	SM 9222 H	20000 NMP / 100 mL	2.2.3.3. 9.3
2024-07-12	Conductividad Eléctrica In situ*	µS/cm	93,13 a 21,30 °C	N.A.	Electrométrica	SM 2510 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-07-15	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )***	mg O <sub>2</sub> /L	23,7	10	Incubación 5 días y Electrodo de Luminiscencia	SM 5210 B, ASTM D888-18 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-07-25	Demanda Química de Oxígeno (DQO)***	mg O <sub>2</sub> /L	58,50	10	Reflujo cerrado y Colormétrico	SM 5220 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-07-18	Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	28,00	2	Volumétrico, EDTA	SM 2340 C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-07-12	pH In Situ*	Unidades pH	7,23 a 21,30 °C	N.A.	Electrométrica	SM 4500 H+	5,0 - 9,0 Unidades de pH	2.2.3.3. 9.3
2024-07-12	Saturación de Oxígeno In situ	%	85,6 a 20,33 °C	N.A.	Electrométrica	ASTM D 888-12 e1 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-07-19	Sólidos Suspendedos Totales	mg /L	<50	50	Gravimétrico (Secado de 103°C a 105°C)	SM 2540 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3

APRECIADO CLIENTE: A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con treinta (30) días hábiles para hacer alguna observación al respecto, si durante este tiempo no se recibe ninguna información de su parte; **Ambilab S.A.S.** asume la conformidad de los resultados del análisis.

- ANOTACIÓN 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas.
- ANOTACIÓN 2: La reproducción parcial de este informe será autorizada por el Laboratorio Ambilab S.A.S.
- ANOTACIÓN 3: Las muestras analizadas en el Laboratorio Ambilab S.A.S, serán desechadas veinte (20) días después de haber sido emitido el informe, a excepción de las variables que tienen menor tiempo de conservación según el Standar Methods.

Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 20. Resultados de laboratorio No. R3796 - Monitoreo No. 5 – Fecha: 12/07/2024-**

*Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 2 de 2*



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-08-01	R3796

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

\* Variable Acreditada por Ambilab SAS  
 \*\* Variable subcontratada no Acreditada  
 \*\*\* Variable subcontratada Acreditada  
 N.E: No establecido N.A: No aplica N.P: No Presenta N.R: No Reporta + Toma de muestra simple. El valor aquí reportado, esta relacionado en el Informe de campo anexo.



*Carolina Pérez B.*

CAROLINA PÉREZ BETANCOURT  
DIRECTOR LABORATORIO PQ - 1993

Rdo. :

OSCAR EDUARDO VALBUENA CALDERON  
DIRECTOR TECNICO

Fin Del Reporte.....



Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 21. Resultados de laboratorio No. R3826 - Monitoreo No. 6 – Fecha: 02/08/2024**

- Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 1 de 2



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-08-27	R3826

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

Información del Cliente							
Cliente/Empresa						NIT/D.I	
Andres Mauricio Munar						83041983	
Contacto		Celular		Email			
Andres Mauricio Munar		3202192290		mauriciomunar4@gmail.com			
Dirección				Ciudad/Departamento			
Pitalito				PITALITO, HUILA			
Referencia de la Muestra							
Procedimiento No.	Plan de muestreo	Muestra No.	Tipo de Agua	Tipo de muestreo	Fecha Toma	Fecha Entrada	Hora Muestreo
AS-TMM-004	2755-3	M3826	Superficial	INTEGRADO	2024-08-02	2024-08-02	09:43
Muestra tomada por		Lat.	Long.	Alt.	Lugar		
Aldemar Calvache		1°47'23.20"	76°09'17.54"	1294 m.s.n.m.	Vereda La Palma		
Punto de muestreo				Fuente			
Aguas Arriba				Río Guachicos			

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO PARA CÁLCULO ICA-IDEAM EN FUENTES SUPEFICIALES								Decreto 1076 de 2015
Fecha de Análisis	Variable	Unidad	Resultado	Límite de Cuantificación	Técnica	Método	Valores Permisibles	Artículo
2024-08-02	Alcalinidad Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	29,55	2	Volumétrico	SM 2320 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-08-02	Coliformes Totales	UFC / 100 mL	0	0	Filtración por membrana	SM 9222 H	20000 NMP / 100 mL	2.2.3.3. 9.3
2024-08-02	Conductividad Eléctrica In situ*	µS/cm	69,55 a 16,56°C	N.A.	Electrométrica	SM 2510 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-08-03	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )***	mg O <sub>2</sub> /L	< 10,0	10	Incubación 5 días y Electrodo de Luminiscencia	SM 5210 B, ASTM D888-18 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-08-12	Demanda Química de Oxígeno (DQO)***	mg O <sub>2</sub> /L	< 10,0	10	Reflujo cerrado y Colormétrico	SM 5220 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-08-27	Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	24,00	2	Volumétrico, EDTA	SM 2340 C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-08-02	pH In Situ*	Unidades pH	7,99 a 16,56°C	N.A.	Electrométrica	SM 4500 H+	5,0 - 9,0 Unidades de pH	2.2.3.3. 9.3
2024-08-02	Saturación de Oxígeno In situ	%	101,5 a 16,70°C	N.A.	Electrométrica	ASTM D 888-12 e1 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-08-09	Sólidos Suspendedos Totales	mg /L	<50	50	Gravimétrico (Secado de 103°C a 105°C)	SM 2540 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3

APRECIADO CLIENTE: A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con treinta (30) días hábiles para hacer alguna observación al respecto, si durante este tiempo no se recibe ninguna información de su parte; **Ambilab S.A.S.** asume la conformidad de los resultados del análisis.

- ANOTACIÓN 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas.
- ANOTACIÓN 2: La reproducción parcial de este informe será autorizada por el Laboratorio Ambilab S.A.S.
- ANOTACIÓN 3: Las muestras analizadas en el Laboratorio Ambilab S.A.S., serán desechadas veinte (20) días después de haber sido emitido el informe, a excepción de las variables que tienen menor tiempo de conservación según el Standard Methods.

Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 22. Resultados de laboratorio No. R3826 - Monitoreo No. 6 – Fecha: 02/08/2024**

- Punto de muestreo aguas arriba. Pág. 2 de 2



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-08-27	R3826

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

\* Variable Acreditada por Ambilab SAS  
 \*\* Variable subcontratada no Acreditada  
 \*\*\* Variable subcontratada Acreditada  
 N.E: No establecido N.A: No aplica N.P: No Presenta N.R: No Reporta + Toma de muestra simple. El valor aquí reportado, esta relacionado en el Informe de campo anexo.



Carolina Pérez B.

CAROLINA PÉREZ BETANCOURT  
DIRECTOR LABORATORIO PQ - 1993

Fin Del Reporte.....

Rdo. : 

OSCAR EDUARDO VALBUENA CALDERON  
DIRECTOR TECNICO



Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 23. Resultados de laboratorio No. R3827 - Monitoreo No. 6 – Fecha: 02/08/2024**

- Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 1 de 2



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-08-27	R3827
Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03	
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31	

Información del Cliente							
Cliente/Empresa						NIT/D.I	
Andres Mauricio Munar						83041983	
Contacto		Celular		Email			
Andres Mauricio Munar		3202192290		mauriciomunar4@gmail.com			
Dirección				Ciudad/Departamento			
Pitalito				PITALITO, HUILA			
Referencia de la Muestra							
Procedimiento No.	Plan de muestreo	Muestra No.	Tipo de Agua	Tipo de muestreo	Fecha Toma	Fecha Entrada	Hora Muestreo
AS-TMM-004	2755-4	M3827	Superficial	INTEGRADO	2024-08-02	2024-08-02	10:14
Muestra tomada por		Lat.	Long.	Alt.	Lugar		
Aldemar Calvache		1°47'25.99"	76°09'17.20"	1404 m.s.n.m.	Vereda La Palma		
Punto de muestreo				Fuente			
Aguas Abajo				Río Guachicos			

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO PARA CÁLCULO ICA-IDEAM EN FUENTES SUPEFICIALES								Decreto 1076 de 2015
Fecha de Análisis	Variable	Unidad	Resultado	Límite de Cuantificación	Técnica	Método	Valores Permisibles	Artículo
2024-08-02	Alcalinidad Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	57,61	2	Volumétrico	SM 2320 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-08-02	Coliformes Totales	UFC / 100 mL	12900	0	Filtración por membrana	SM 9222 H	20000 NMP / 100 mL	2.2.3.3. 9.3
2024-08-02	Conductividad Eléctrica In situ*	µS/cm	161,2 a 18,63°C	N.A.	Electrométrica	SM 2510 B	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-08-05	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )***	mg O <sub>2</sub> /L	62,8	10	Incubación 5 días y Electrodo de Luminiscencia	SM 5210 B, ASTM D888-18 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-08-12	Demanda Química de Oxígeno (DQO)***	mg O <sub>2</sub> /L	99,9	10	Reflujo cerrado y Colormétrico	SM 5220 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-08-27	Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	29,00	2	Volumétrico, EDTA	SM 2340 C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-08-02	pH In Situ*	Unidades pH	7,34 a 18,63°C	N.A.	Electrométrica	SM 4500 H+	5,0 - 9,0 Unidades de pH	2.2.3.3. 9.3
2024-08-02	Saturación de Oxígeno In situ	%	80,43	N.A.	Electrométrica	ASTM D 888-12 e1 Método C	N.R.	2.2.3.3. 9.3
2024-08-09	Sólidos Suspendedos Totales	mg /L	<50	50	Gravimétrico (Secado de 103°C a 105°C)	SM 2540 D	N.R.	2.2.3.3. 9.3

APRECIADO CLIENTE: A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con treinta (30) días hábiles para hacer alguna observación al respecto, si durante este tiempo no se recibe ninguna información de su parte; **Ambilab S.A.S.** asume la conformidad de los resultados del análisis.

- ANOTACIÓN 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas.
- ANOTACIÓN 2: La reproducción parcial de este informe será autorizada por el Laboratorio Ambilab S.A.S.
- ANOTACIÓN 3: Las muestras analizadas en el Laboratorio Ambilab S.A.S., serán desechadas veinte (20) días después de haber sido emitido el informe, a excepción de las variables que tienen menor tiempo de conservación según el Standard Methods.

Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.

**Anexo 24. Resultados de laboratorio No. R3827 - Monitoreo No. 6 – Fecha: 02/08/2024**

- Punto de muestreo aguas abajo. Pág. 2 de 2



Fecha	Resultados Laboratorio No.
2024-08-27	R3827

Formato Informe de Resultado de ensayo AS-TRE-F01 - V 03  
Fecha última revisión y aprobación: 2018-01-31

\* Variable Acreditada por Ambilab SAS  
 \*\* Variable subcontratada no Acreditada  
 \*\*\* Variable subcontratada Acreditada  
 N.E: No establecido N.A: No aplica N.P: No Presenta N.R: No Reporta + Toma de muestra simple. El valor aquí reportado, esta relacionado en el Informe de campo anexo.



Carolina Pérez B.

CAROLINA PÉREZ BETANCOURT  
DIRECTOR LABORATORIO PQ - 1993

Fin Del Reporte.....

Rdo. : 

OSCAR EDUARDO VALBUENA CALDERON  
DIRECTOR TECNICO



Fuente: AMBILAB Laboratorio Ambiental.