

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA USANDO
MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES EN EL TRAMO DEL RÍO
CESAR EN JURISDICCIÓN DEL CORREGIMIENTO DE GUACOCHE,
VALLEDUPAR.**

AUTORES

**EDELSON CALDERÓN MORÓN
RODRIGO DAVID BERMÚDEZ CABANA**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERIAS Y TECNOLOGICAS
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2022

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA USANDO
MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES EN EL TRAMO DEL RÍO
CESAR EN JURISDICCIÓN DEL CORREGIMIENTO DE GUACOCHE,
VALLEDUPAR.**

AUTORES

**EDELSON CALDERÓN MORÓN
RODRIGO DAVID BERMÚDEZ CABANA**

DIRECTOR

ALDO JESUS IBARRA RONDON

ASESOR

ING. AMBIENTAL JESÚS RAMÓN HERRERA MARTÍNEZ

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERIAS Y TECNOLOGICAS
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2022

DEDICATORIA

A mis madres **LILIANA Y LUCÍA**, que son mi amor y han sido el motor que impulsa mis sueños y esperanzas; son mis mejores guías de vida. A mis padres **ARTURO Y EDELMO**, quienes con sus consejos han sabido guiarme y me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada. Gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía. A mis hermanos **LA NENA, JULIO, POCHA, ARTU, DAISY Y YAYO**, gracias por su amor, por creer en mí y ser la fuente constante de apoyo incondicional. Gracias no sólo por ser parte fundamental de este gran logro, sino también por todos los momentos maravillosos que hemos compartido en el camino de la vida. A mis abuelas **GOLA Y PILLA**, por brindarme lo mejor de ellas y empuñarme la mano siempre con un billete. A **JESU** por la confianza, apoyo y protección. A **RAO, DIANA, CARO Y SANDY**, por abrirme las puertas de su casa y brindarme toda su calidez. Mi agradecimiento por hacerme parte de su familia. ¡Es invaluable! A mi tía **CLARIBEL**, quien dice que no me parió, pero que me pujó y está siempre pendiente de mí. A sus hijos por su respaldo y gran cariño que nos tenemos. A estos tres amigos del alma, **LA FELI, CRISTIAN Y MARIA JOSÉ**, por ser polo a tierra, por motivarme a la academia. Agradezco todas sus enseñanzas y apoyo sin condiciones. A toda mi familia y amigos porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas. Gracias a todos por compartir un pedacito de su vida conmigo. Los amo a todos.

Edelson Calderón Morón

Eternamente agradecido con Dios por ser mi soporte y mi guía durante todo este largo camino que hoy se materializa en una formación culminada, la cual me ayudará en el trascurso de mi vida. A él muchas gracias. “**LA MOTIVACION ES EL EMPUJE DEL ÉXITO; EL ÉXITO ES LA PLENITUD DE LA VIDA; LA VIDA NO SERIA VIDA SI NO HUBIERA UNA FAMILIA**”. Por ello con cariño y gratitud dedico esta tesis a mi amada madre **Cilene Inés Cabana Castilla** y a mi hermana **María Clara Guillen Cabana**, quienes impulsan mi vida, me apoyan constantemente en mis éxitos personales y luchan cada momento por mí, enseñándome el camino justo de la vida. Agradezco a mi padre **José Bermúdez Díaz**, por su apoyo y sus consejos durante este proceso. Manifiesto mi gratitud infinita a esas mujeres invaluable en mi vida: **Sol Milena Cabana Castilla, Paola Cabana Castilla, Olga Cabana Castilla, Esther Cabana Castilla** y también a mi tío **Fredelmides Cabana Castilla**, quienes con su calor humano me motivaron a estudiar con ahínco para culminar mi carrera profesional con felicidad.

Rodrigo Bermúdez Cabana

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi querida Universidad Popular del Cesar, a mi director Aldo Ibarra, mi asesor Jesús Herrera, mis evaluadoras Aleana Cahuana y Melissa Martínez, por saber impartir sus conocimientos y permitirme concluir con una etapa de mi vida. Gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

Edelson Calderón Morón

Agradezco al docente **Gustavo Rodríguez Pontón**, profesor de mi colegio INSTEMUTIS y también mi profesor en la Universidad Popular del Cesar, por todo el apoyo brindado durante este proceso, con el viviré eternamente agradecido. A cada docente que confió en mí y fueron mis mentores y multiplicadores de conocimientos. ¡Muchas gracias!

A mi director de proyecto **Aldo de Jesús Ibarra rondón** por todo su empeño y disponibilidad durante este proceso.

Gracias a cada uno de mis amigos, a cada ser que me acogió en su hogar cuando los medios fueron insuficientes. Gracias a todos los compañeros y compañeras que conocí en el transcurso de este sueño, quienes con sus vivencias y enseñanzas aportaron un granito de arena para este importante logro.

Reafirmo mi reconocimiento a la Universidad Popular Del Cesar, por haberme acogido y permitido formarme como ingeniero ambiental y sanitario. Quiero decirles que, con orgullo, donde quiera que llegue diré que soy upecista.

Rodrigo Bermúdez Cabana

RESUMEN – ABSTRACT

Se determinó la calidad del agua parte del río Cesar con jurisdicción del corregimiento de Guacoeche en junio a septiembre del año 2022, aplicando los índices BMWP/Col con la caracterización, recolección e identificación de macroinvertebrados y de los índices ICO usando los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Como resultado final, se identificaron 598 macroinvertebrados con prevalencia del Phylum Artrópoda durante las temporadas. Al aplicar el índice BMWP/COL indicó aguas poco contaminadas durante la sequía en zona alta y media; seguido de calidad moderadamente contaminada en zona baja, debido a la ausencia de ciertas especies de familias de macroinvertebrados; por su parte, durante las lluvias, cambió su calidad a ligeramente contaminadas.

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentaron altos niveles de coliformes fecales, totales, un pH básico en ambas temporadas; se presentaron bajos niveles de fosforo total, BDO5 y variaciones entre temporadas para la alcalinidad, dureza y conductividad que aumentaron durante la sequía y se redujeron al llegar la lluvia. Los índices de contaminación ICOBIO, ICOMO e ICOTRO presentaron un grado de contaminación medio, alto y muy alto en ambas temporadas. Por su parte el índice ICOMI presentó un grado de contaminación alto y muy alto durante la sequía; al igual el ICOSUS presentó un grado de contaminación medio durante la lluvia.

La evaluación de la calidad del agua con relación a los índices fue de una contaminación moderada debido a la correlación moderada entre el índice biológicos BMWP/COL con los índices ICOSUS – ICOMO e ICOBIO debido a las variables fisicoquímicos estudiadas.

Palabras clave: Calidad del agua, Índice BMWP/COL, Índice de contaminación (ICO), parámetros fisicoquímicos.

ABSTRACT

The water quality of part of the Cesar River with the jurisdiction of the Guacoeche corregimiento was determined from June to September 2022, applying the BMWP/Col indices with the characterization, collection, and identification of macroinvertebrates and the ICO indices using the physicochemical and microbiological parameters.

As a result, 598 macroinvertebrates with prevalence of the Phylum Arthropoda were identified during the seasons. When applying the BMWP/COL index, it indicated slightly polluted waters during the drought in the upper and middle zones; followed by moderately contaminated quality in the lower zone, due to the absence of certain species of macroinvertebrate families; for its part, during the rains, its quality changed to slightly contaminated.

The physicochemical and microbiological parameters presented high levels of total fecal coliforms, a basic pH in both seasons; there were low levels of total phosphorus, BDO5 and variations between seasons for alkalinity, hardness and conductivity that increased during the drought and decreased when the rain arrived. The ICOBIO, ICOMO and ICOTRO contamination indices presented a medium, high, and very high degree of contamination in both seasons. For its part, the ICOMI index presented a high and very high degree of contamination during the drought; Like the ICOSUS, it presented a medium degree of contamination during the rain.

The evaluation of the quality of the water in relation to the indices was of moderate contamination due to the moderate correlation between the biological index BMWP/COL with the ICOSUS - ICOMO and ICOBIO indices due to the physicochemical variables studied.

Keywords: Water quality, BMWP/COL Index, Pollution Index (ICO), physicochemical parameters.

Tabla de contenido

Introducción	12
1. Título del proyecto o investigación.....	14
2. Planteamiento y formulación Del Problema.....	15
1.1. Formulación Del Problema	16
2. Justificación del proyecto	17
3. Objetivos	19
3.1. Objetivo General	19
3.2. Objetivos Específicos.....	19
4. Marco Referencial.....	20
4.1. Antecedentes De La Investigación	20
4.2. Marco Teórico	23
4.2.1. Macroinvertebrados Acuáticos.	24
4.2.2. Biondicadores.....	24
4.2.3. La importancia de los macroinvertebrados como indicadores de contaminación de aguas	25
4.2.4. El Índice BMWP/COL: método ideal para determinar la calidad hídrica usando calificativos de macroinvertebrados.	26
4.2.5. Índice de Calidad del Agua.....	28
4.3. Marco Conceptual	29
4.4. Marco Contextual.....	30
4.5. Marco Legal	32
5. Marco Metodológico	36
5.1. Línea y sublínea de investigación.....	36
5.2. Tipo de investigación.....	36
5.3. Nivel de investigación.....	37
5.4. Población de estudio.....	38
5.5. Muestra de estudio	38
5.6. Desarrollo metodológico	38
5.6.1. ETAPA 1: análisis de las especies de macroinvertebrados acuáticos y de los parámetros físico – químicos del curso hídrico del tramo del río Cesar en el corregimiento de Guacoeche, jurisdicción del municipio de Valledupar.....	39
5.6.2. ETAPA 2: aplicación del índice biológico BMWP/Col a partir de los macroinvertebrados acuáticos y del índice de contaminación ICO teniendo en cuenta los parámetros fisicoquímicos.	42

5.6.3. ETAPA 3: Evaluación de la calidad hídrica del tramo del río Cesar de Guacoeche con base a los índices BMWP/Col e ICO.	45
6. Análisis de resultados	46
6.1. Caracterización de la zona de estudio	46
6.2. ETAPA 1: análisis de las especies de macroinvertebrados acuáticos y los parámetros físico químicos del curso hídrico del tramo del río Cesar en el corregimiento de Guacoeche, jurisdicción del municipio de Valledupar.	47
6.2.1. Selección de los puntos de muestreo de la zona de estudio	47
6.2.2. Recolección y almacenaje de macroinvertebrados acuáticos	49
6.2.3. Identificación de macroinvertebrados acuáticos.	51
6.2.4. Toma de muestras de agua superficial.	59
6.2.5. Procesamiento de los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.	60
6.3. ETAPA 2: aplicación del índice biológico BMWP/Col a partir de los macroinvertebrados acuáticos y del índice de contaminación ICO teniendo en cuenta los parámetros físico – químicos.	66
6.3.1. Cálculo del índice BMWP/COL.	66
6.3.2. Implementación del índice de contaminación ICO.	71
6.4. ETAPA 3: Evaluación de la calidad hídrica del tramo del río Cesar de Guacoeche con base a los índices BMWP/Col e ICO.....	92
6.4.1. Evaluación final de la calidad hídrica del tramo del río Cesar del corregimiento de Guacoeche – municipio de Valledupar.	92
Conclusiones	96
Recomendaciones	98
Referencias.....	99
Anexos	104

Lista de tablas

Tabla 1. Macroinvertebrados usados para evaluar la condición hídrica de un cuerpo de agua.....	25
Tabla 2. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.	27
Tabla 3. Calidad Biológica del Agua – Índice BMWP/Col.....	28
Tabla 4. Normatividad Legal Vigente Colombiana Referente al Recurso Hídrico.	32
Tabla 5. Significancia de los índices ICO.....	44
Tabla 6. Puntos georreferenciales de las estaciones de muestreo del tramo del río Cesar.	49
Tabla 7. Macroinvertebrados acuáticos en temporada de sequía del tramo del río Cesar, jurisdicción de Guacoeche – Valledupar.	52
Tabla 8. Macroinvertebrados acuáticos en temporada de lluvia del tramo del río Cesar, jurisdicción de Guacoeche – Valledupar.	54
Tabla 9. Macroinvertebrados acuáticos en temporada de lluvia (L) y sequía (S) por sitios de muestreo del tramo del río Cesar.	57
Tabla 10. Resultados parámetros fisicoquímicos temporada de sequía.....	61
Tabla 11. Resultados de los parámetros fisicoquímicos temporada de lluvias.....	63
Tabla 12. Puntaje del BMWP/COL en tramos del río Cesar durante la temporada de sequía	67
Tabla 13. Puntaje del BMWP/COL en tramos del río Cesar durante la temporada de lluvia	68
Tabla 14. Reporte ICOSUS para los tramos de estudio en temporada de sequía.	73
Tabla 15. Reporte ICOSUS para los tramos de estudio en temporada de lluvia.	75
Tabla 16. Reporte ICOMI para las estaciones de estudio en temporada de sequía.	77
Tabla 17. Reporte ICOMI para las estaciones de estudio en temporada de lluvias.....	80
Tabla 18. Reporte ICOMO para las estaciones de estudio en temporada de sequía.....	83
Tabla 19. Reporte ICOMO para las estaciones de estudio en temporada de lluvia.	85
Tabla 20. Taxones identificados en zona alta y baja del río Cesar durante la temporada de sequía	87

Tabla 21. Taxones identificados en zona alta y baja del río Cesar durante la temporada de lluvia	88
Tabla 22. Escala del índice ICOTRO.....	90
Tabla 23. Calificación del índice ICOTRO del río Cesar durante la temporada de lluvia y sequía.	90
Tabla 24. Consolidado de indicadores de calidad biológica y de parámetros fisicoquímico en ambas temporadas.	92

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Ubicación espacial del proyecto referente al corregimiento Guacoeche. ...	31
Ilustración 2. Corregimiento Guacoeche.....	32
Ilustración 3. Etapas de la metodología de ejecución del proyecto de investigación	39
Ilustración 4. Interfaz del programa ICATEST	44
Ilustración 5. Ubicación de las estaciones de muestreo del tramo del río Cesar.....	46
Ilustración 6. Puntos de muestro y condiciones geográficas de los tramos del río Cesar.	47
Ilustración 7. Sitios de hábitat de macroinvertebrados a las orillas del tramo del río Cesar, Jurisdicción del corregimiento de Guacoeche.	50
Ilustración 8. Preservación de los macroinvertebrados acuáticos durante las dos temporadas en el tramo del río Cesar.....	51
Ilustración 9. Proceso de identificación de macroinvertebrados acuáticos del tramo del río Cesar.	51
Ilustración 10. Presencia de especies de macroinvertebrados acuáticos en sus zonas de muestreo.	56
Ilustración 11. Toma de muestra de agua superficial de los sitios de muestreo del tramo del río Cesar.	60
Ilustración 12. Análisis de resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras de agua de los sitios de muestreo del río Cesar.	60
Ilustración 13. Puntaje y calificación del índice BMWP/COL en temporada de sequía para los tramos del río Cesar.....	68

Ilustración 14. Puntaje y calificación del índice BMWP/COL en temporada de lluvia para los tramos del río Cesar.....	69
Ilustración 15. Resultados del índice ICOSUS para las 9 estaciones de estudio en temporada de sequía.....	72
Ilustración 16. Resultados del índice ICOSUS para las 9 estaciones de estudio en temporada de lluvia.....	74
Ilustración 17. Resultados del índice ICOMI para las 9 estaciones de estudio en temporada de sequía.....	76
Ilustración 18. Resultados del índice ICOMI para las 9 estaciones de estudio en temporada de lluvias.	79
Ilustración 19. Resultados del índice ICOMO para las 9 estaciones de estudio en temporada de sequías.	82
Ilustración 20. Resultados del índice ICOMO para las 9 estaciones de estudio en temporada de lluvias.	84
Ilustración 21. Calificación del índice ICOBIO en temporada de lluvia y sequia para los tramos.....	88
Ilustración 22. Correlación de Pearson entre el índice BMWP/COL e índices de contaminación ICOMI – ICOBIO – ICOSUS - ICOMO.....	94

Introducción

El agua es un recurso fundamental para la vida del hombre y el desarrollo de las diferentes actividades que éste realiza, por ello, es esencial cuidar y preservar este preciado elemento lo mejor posible. Por ello, el presente trabajo está orientado a la evaluación de la calidad del agua usando para ello macroinvertebrados como bioindicadores de calidad en el tramo del Río Cesar en Jurisdicción del Corregimiento de Guacoche, Municipio de Valledupar - Cesar. Se hace necesario la realización de este estudio en dicha zona, puesto que en ella se vienen desarrollando actividades productivas por la comunidad tales como la extracción de material de arrastre, el cual es comercializado de manera indirecta (por contrato) en la ciudad de Valledupar y así mismo, la elaboración de ladrillos y bloques, en donde se genera afectación al recurso hídrico por la extracción en cierta parte del material utilizado para ello.

Para llevar a cabo la determinación de la calidad del agua en esta zona, la investigación se pretende ejecutar teniendo en cuenta la utilización de macroinvertebrados acuáticos como indicadores para evaluar la calidad de esta. Para ello, es menester identificar las especies de macroinvertebrados acuáticos del curso hídrico del tramo del río Cesar. Establecer los parámetros fisicoquímicos del recurso, para posteriormente utilizar la metodología del índice biológico BMWP/Col como una manera de analizar la calidad del tramo de estudio teniendo en cuenta la presencia de ciertas especies de macroinvertebrados bajo diversos ambientes acuáticos, y como complemento a este estudio, se corroborará los resultados de los parámetros fisicoquímicos el usar el índice de contaminación ICO.

El desarrollo de este trabajo está motivado en la preocupación que existe por las condiciones ambientales que puede presentar este recurso en esta zona, debido a las actividades que se ejecutan y que fueron anteriormente mencionadas, asimismo, en las consecuencias que acarrea para la comunidad su afectación, dado a que puede incidir en la calidad de vida de éstos ya que es un elemento fundamental para el desarrollo de la sociedad en el corregimiento y alrededores. Como bien se sabe, durante el recorrido de este río que atraviesa el departamento de La Guajira y parte del Cesar hacen que sus condiciones de calidad puedan ser deterioradas por ser un medio de vertimientos de aguas residuales de los diferentes municipios que recorre. Por tanto,

la ejecución de esta investigación arrojará resultados importantes que pueden servir como base para la toma de decisiones estratégicas para la adopción de medidas de prevención y/o mitigación, que vayan en pro del cuidado y conservación del recurso hídrico, beneficiando de igual forma a la comunidad dependiente del mismo.

1. Título del proyecto o investigación

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA USANDO
MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES EN EL TRAMO DEL RÍO CESAR
EN JURISDICCIÓN DEL CORREGIMIENTO DE GUACOCHE, VALLEDUPAR

2. Planteamiento y formulación Del Problema

El corregimiento de Guacoche se encuentra ubicado en el municipio de Valledupar, limitado al norte con el corregimiento de Guacochito; al occidente con el corregimiento de Los Corazones y al suroccidente con el corregimiento de El Jabo; hacia el oriente limita con el departamento de La Guajira con los municipios de Villanueva, Urumita y La Jagua del Pilar. Este corregimiento es vinculado como parte del valle del río Cesar por el trayecto que circunda el río con dicho nombre; ante esta situación, se encuentra expuesto en sus alrededores a graves afectaciones ambientales que perjudica en gran manera el recurso hídrico de este tramo del río debido a las actividades económicas que se desarrollan en la zona.

Por ser una zona de alta capacidad de sedimentación, el corregimiento ha aprovechado esta situación para explotar la actividad económica en la extracción de material de arrastre, el cual es comercializado de manera indirecta (por contrato) en la ciudad de Valledupar. Esta situación genera un impacto ambiental negativo en parte de la cuenca del río debido a varias situaciones; por un lado, los paleros introducen las volquetas en todo el tramo del río para extraer el material de arrastre sin medir las consecuencias que afecta este vehículo a la fauna y flora acuática del sector; por otro lado, la constante extracción de material de arrastre provoca un desbalance en su caudal natural generando que, el ciclo natural del río sea afectado por esta actividad; siguiendo, la constante introducción de maquinaria atrae consigo riesgo de contaminación por desechos provenientes tanto del aspecto humano como residuos de alimentos y deposiciones cercanos a la orilla y, en la generación de contaminantes nocivos provenientes de las maquinarias.

Además, dentro del área de influencia del corregimiento también se practican las actividades de elaboración de ladrillos y bloques, en donde, afectan de manera considerable la condición del recurso hídrico por la extracción en cierta parte del material utilizado para este fin; al igual que, la actividad ganadera cercana a esta área por su disponibilidad del recurso hídrico generan afectaciones por posibles contaminaciones en el afluente por deposiciones del ganado que, cuando aumentan la temporada de lluvias, son transportadas por escorrentía, afectando la salud pública de los habitantes que utilizan este recurso como fuente de abastecimiento, acompañado de la constante degradación de la ribera de la margen del río Cesar provocando que se generen áreas

desérticas útiles para su explotación pero sin mirar las consecuencias que se producen en la cuenca durante la época de sequía. Por su parte, las autoridades ambientales como la Corporación Autónoma Regional del Cesar CORPOCESAR realizan monitoreos, pero de manera ocasional solamente a la actividad de extracción de material de arrastre en vista de “mitigar” los impactos ambientales que generan, los cuales, no resultan ser suficientes para asegurar la calidad hídrica para la población y a la fauna – flora autóctona de dicho río.

Ante esta situación, se desarrolló este proyecto en aras de determinar la calidad hídrica del tramo del río Cesar que circunda por el corregimiento de Guacoche del municipio de Valledupar, en donde se analizó el grado de afectación de este recurso por las problemáticas mencionadas; para ello, se aprovechó las condiciones actuales de los macroinvertebrados acuáticos como un medio de identificación de la calidad hídrica a través del método BMWP/Col, el cual, proporcionó un aporte histórico para la caracterización del río de Cesar que se complementó con demás estudios realizados en este río de otros tramos en su trayecto.

1.1. Formulación Del Problema

¿Cuál será la calidad hídrica del tramo del río Cesar en la jurisdicción del corregimiento de Guacoche, municipio de Valledupar utilizando la metodología BMWP/Col a partir de macroinvertebrados?

2. Justificación del proyecto

El agua, es un preciado recurso para la subsistencia y sostenimiento dinámico en los procesos biológicos, así mismo, influye directamente en el desarrollo y calidad de vida de los individuos ya que es un elemento fundamental para la explotación de las diversas actividades económicas. Es así, como contar con un recurso hídrico que se encuentre en óptimas condiciones, es vital para la evolución de la vida.

En la jurisdicción del corregimiento de Guacoeche, parte del río Cesar se abre paso, beneficiando en gran medida esta zona, pero así mismo, recibiendo los impactos de las actividades productivas que allí se desarrollan, incidiendo de esta manera en la calidad de este recurso. Por tanto, es de suma importancia realizar un estudio que permita conocer las condiciones actuales en las que se encuentra él mismo y de esta manera conocer el nivel de afectación que se ha generado.

Si bien las variables fisicoquímicas son las que se usan principalmente para hallar la calidad de agua, estas solo pueden reflejar las condiciones ambientales en el momento del muestreo y no revelan las características del agua durante cierto período de tiempo. Mientras que, las mediciones biológicas (macroinvertebrados) responden a las alteraciones ocasionadas por actividades humanas en ecosistemas fluviales, los integrantes de esta comunidad son sensibles a la contaminación orgánica y la degradación del hábitat, por tal razón, en la evaluación ambiental del recurso hídrico es valioso su potencial como bioindicadores de calidad de agua (Garcés & Pacheco, 2020). Por tal razón, en esta investigación se opta por utilizar macroinvertebrados acuáticos para evaluar la calidad del agua.

Este estudio proporcionó múltiples beneficios, en diferentes aspectos. A nivel ambiental, fue beneficioso, puesto que, al conocer la calidad de este recurso, resultó ser un indicador que permitió conocer de igual forma, el estado del ecosistema acuático y así mismo para tomar medidas en pro de mejorar sus condiciones.

A nivel social, la comunidad se benefició, ya que un recurso como este en malas condiciones puede acarrear problemas de salud y disminuir la calidad de vida la población, y así

mismo incidir en su economía, ya que en esta zona se ejecutan diversas operaciones económicas, las cuáles se pueden ver afectadas en su totalidad, si no se llevan a cabo de una forma sostenible.

Teniendo en cuenta lo anterior, la elaboración de este proyecto resulta oportuno y pertinente para el ambiente y comunidad en general, en el cual se utilizará una técnica adecuada para determinar la calidad del agua del tramo del Rio Cesar en Jurisdicción del Corregimiento de Guacoeche, por medio de macroinvertebrados acuáticos como medio bioindicador de calidad aplicando el índice BMWP/COL y con corroboración de estudios fisicoquímicos que determinen la condición de este.

3. Objetivos

3.1.Objetivo General

Determinar la calidad del agua usando macroinvertebrados como bioindicadores en el tramo del Río Cesar en Jurisdicción del Corregimiento de Guacoche, municipio de Valledupar - Cesar.

3.2.Objetivos Específicos

- Analizar las especies de macroinvertebrados acuáticos y los parámetros físico – químicos del curso hídrico del tramo del río Cesar durante las temporadas de lluvia y sequía.
- Aplicar el método de bioindicación BMWP/Col a partir de los macroinvertebrados acuáticos y el índice de contaminación ICO teniendo en cuenta los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.
- Evaluar la calidad hídrica del tramo del río Cesar de Guacoche con base a los índices BMWP/Col e ICO.

4. Marco Referencial

4.1. Antecedentes De La Investigación

En este apartado, se realizará la presentación de los estudios pertinentes que aportarán a la investigación un valor importante para su óptima y satisfactoria ejecución, dichos estudios se relacionan a continuación:

Leaño, J. & Pérez, D. (2020). Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Rio Trancas, Municipio de Entre Ríos - Tarija. Este trabajo fue desarrollado en 3 etapas: ETAPA 1: Recolección de los Macroinvertebrados. ETAPA 2: Identificación de las especies existentes de Bioindicadores de calidad del agua. ETAPA 3: Determinar la perturbación sobre la estructura de la comunidad bentónica en el área de estudio. Los autores recolectaron aproximadamente 150 especímenes de macroinvertebrados de los cuales identificaron un total de 52 familias; donde 25 corresponden al Tramo N° 1 (Aguas abajo) y 27 al Tramo N° 2 (Aguas arriba). Corroborando los resultados obtenidos con la Guía para la evaluación de calidad acuática mediante el índice BMWO/Bol. Se pudo determinar que la calidad de las aguas del rio Trancas son muy buena, aguas muy limpias, no contaminadas. Así mismo, pudieron verificar muy baja perturbación en el criterio 1, en el cual se encuentra áreas antrópicas en la Comunidad de Moreta. En el criterio 2 no se evidencio perturbación.

Herrera, J. & Navarro, B. (2019). Determinación De La Calidad Ambiental Del Curso Hídrico Del Balneario Hurtado – Río Guatapurí – A Través De Los Índices Biológicos BMWP/Col, Índice De Bosque De Rivera (QBR), Índice De Hábitat Fluvial (IHF) Y análisis fisicoquímicos, Valledupar, Colombia. Esta investigación se llevó a cabo en tres etapas primordiales y una fase final de evaluación de la calidad ambiental. Estas fueron: ETAPA 1: en esta fase los autores identificaron las especies de macroinvertebrados acuáticos y vegetación ribereña del curso hídrico del Balneario Hurtado – río Guatapurí. ETAPA 2: en esta parte, se determinaron los parámetros físico – químicos (Alcalinidad total, Conductividad, dureza total, DBO5, oxígeno disuelto, Coliformes fecales, pH, temperatura, Solidos Suspendidos Totales, fósforo) de muestras de agua extraídas en el curso hídrico del balneario. ETAPA 3: Se realizó la

implementación de los índices de bosque de ribera (QBR), hábitat fluvial (IHF), índice biológico BMWP/COL e índice de contaminación ICO. ETAPA 4: Evaluación de la calidad ambiental del curso hídrico del balneario Hurtado – río Guatapurí a partir de los resultados de los índices QBR, IHF, BMWP/COL e ICO en comparación con los estándares de normatividad ambiental vigente. La utilización de estos índices permitió inferir que la calidad del agua en toda el área de estudio resulto ser muy buena a partir de la identificación de macroinvertebrados que subsisten en ambientes acuáticos muy limpios. La utilización de indicadores biológicos constituye una herramienta alternativa e importante en programas de evaluación ambiental de cuerpos de agua, pues aporta un mayor control al uso de agua, a través de un análisis integral del recurso hídrico, lo cual permitirá generar acciones de conservación efectivas de estos ecosistemas.

Sánchez, M. & García, D. (2018). Determinación del índice BMWP/Col, mediante la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua, en el cauce del río Guachicos, que surte el acueducto del municipio de Pitalito. En esta investigación se llevaron a cabo 4 etapas: ETAPA 1: Identificación del área de estudio, seleccionando puntos de muestreo sobre el río Guachicos, tomando como referencia las diferentes actividades que se llevan a cabo a lo largo del cauce. ETAPA 2: colecta de macroinvertebrados en los puntos de muestreo. Los puntos de recolección se establecieron en el corregimiento de Bruselas, en la parte alta Vereda Porvenir, la parte media de la vereda Bombonal y parte baja que está ubicada en el corregimiento de Criollo municipio de Pitalito, donde realiza la desembocadura al río Guarapas. ETAPA 3: Caracterizar taxonómicamente las comunidades de macroinvertebrados en el laboratorio. ETAPA 4: En esta última etapa, los autores hicieron análisis con base en índice BMWP/Col para determinar la calidad del agua. Para la clasificación y cálculo de los índices, se aplicó el método BMWP/ Col de Roldán, haciendo la clasificación taxonómica por especies, familias, género, y orden. Además, se identificó el porcentaje de individuos por punto de muestreo, por familia y número de individuos por orden y distribución por fechas. Se encontró que para el punto 1 el valor del índice BMWP/Col es de 160, para el punto 2 es 126, lo que indica buena calidad de agua y para el punto 3 el valor es de 58 que indica aguas moderadamente contaminadas. Se recomienda validar los resultados con otros métodos de muestreo.

Madera, L., Angulo, L., Díaz, L & Rojano, R. (2016). Evaluación de la Calidad del Agua en Algunos Puntos Afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación.

En este estudio se determinó la calidad del agua en puntos afluentes del río Cesar como el río Calenturitas, Maracas y Tucuy, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y aplicando el índice BMWP/Col adaptado para Colombia por Roldan (Biological Monitoring Working Party score). Se establecieron cinco estaciones y dos jornadas de muestreo (periodo seco y de lluvias). Se colectaron muestras de agua para análisis fisicoquímicos e identificación de macroinvertebrados que fueron contados e identificados mediante estereomicroscopio y claves taxonómicas. En total se identificaron 1025 organismos, 589 en periodo seco y 436 en periodo de lluvias, pertenecientes a 2 phylum, 3 clases, 9 órdenes, 24 familias y 37 géneros. El valor promedio del índice BMWP/Col define la calidad del agua de la estación 1 (E1) como agua ligeramente contaminada, de calidad aceptable, E2-E3-E4 y E5 como agua moderadamente contaminada, de calidad dudosa. Agua de la estación E5 presenta el puntaje más bajo de todas las estaciones y las variables fisicoquímicas y microbiológicas más altas.

Morales, A. Soto, M. (2015). Evaluación de la calidad del agua del río Badillo, en el balneario La Vega – Cesar, implementando los índices BMWP e ICO para Colombia. En el presente estudio se realizó la evaluación de la calidad de agua del río Badillo a la altura del balneario La Vega, utilizando para ello macroinvertebrados acuáticos, los cuales son referenciados como bioindicadores de calidad de agua de acuerdo al índice biológico BMWP/COL, estableciendo además las componentes fisicoquímicas y biológicas del río, antes y después de la zona del balneario, así como también las áreas de uso recreacional. Como complemento al análisis biológico del ecosistema estudiado se emplearon los índices de contaminación ICO/COL, los cuales puntualizaron los posibles problemas ambientales desde un punto de vista físico – químico y microbiológico para visualizar una perspectiva integradora del impacto generado o que se podría generar y así cualificar las medidas ambientales que generarían los cambios pertinentes para la mejora continua en el área de influencia.

Gil, J. (2014). Determinación De La Calidad Del Agua Mediante Variables Físico Químicas, Y La Comunidad De Macroinvertebrados Como Bioindicadores De Calidad Del Agua

En La Cuenca Del Río Garagoa. En este trabajo de investigación se realizó un análisis integral de la calidad de las aguas en la cuenca hidrográfica del Río Garagoa, departamento de Boyacá, Colombia. Las etapas fueron las siguientes: ETAPA 1: Caracterizar las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y describir su variabilidad espacial en la cuenca del Río Garagoa en dos épocas climáticas. ETAPA 2: Determinar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en dos épocas climáticas en cuanto a la composición, abundancia, diversidad, riqueza y equitatividad de la cuenca del Río Garagoa. ETAPA 3: Determinar la relación de las variables físicas y químicas con las comunidades de macroinvertebrados en periodo de sequía y en periodo de lluvias a lo largo de la cuenca del Río Garagoa. En la cuenca, se establecieron 12 estaciones de muestreo, las cuales fueron seleccionadas considerando distinto grado de intervención, discutiendo la relación entre la estructura de la comunidad y la calidad del agua. Se midieron 11 variables ambientales y la fauna bentónica fue recolectada cuantitativamente utilizando red Surber, identificando los invertebrados acuáticos hasta nivel taxonómico de familia. Para estudiar la relación entre las variables ambientales se realizaron los análisis estadísticos que permitieron determinar cuáles son las presiones que más afectan a la comunidad bentónica. Los resultados obtenidos muestran que la distribución y composición de la comunidad bentónica es determinada por el gradiente de estrés de la cuenca.

4.2.Marco Teórico

De toda la variedad de insectos que existen tan solo un 3% viven en entornos acuáticos, pero alrededor de un 50% de sus órdenes cuentan con especies que desarrollan al menos una etapa de su ciclo de vida en ambientes acuáticos como ríos, lagos, lagunas o deltas. Gracias a que los insectos están presentes en casi todos los lugares y ocupan del 70 al 90% de organismos presentes en los ecosistemas, son el mejor grupo para hallar los índices de calidad de agua, debido a que, en comparación con los parámetros fisicoquímicos, es que estos últimos solo reflejan el estado de calidad en el momento de la toma y no reflejan el verdadero estado de salud del cuerpo hídrico estudiado (Garcés & Pacheco, 2020).

4.2.1. Macroinvertebrados Acuáticos.

Los macroinvertebrados acuáticos son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Sus poblaciones están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos principalmente. Se les denomina macroinvertebrados, porque su tamaño va de 0.5mm hasta alrededor de 5.0mm, por lo que se les puede observar a simple vista (Roldán G. , 2016).

Según Roldán Pérez (2016) constata que; es un hecho que la composición de las comunidades de macroinvertebrados refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos; por ello, los métodos de evaluación basados en dichos organismos han sido ampliamente utilizados desde hace varias décadas como una parte integral del monitoreo de la calidad del agua.

De las comunidades bióticas de agua dulce, los macroinvertebrados responden espacial y temporalmente a tales interacciones, siendo buenos bioindicadores por tener ciclos de vida largos, permitiendo monitorear la calidad del agua dulce; son abundantes y de amplia distribución, fáciles de recolectar e identificar y presentan niveles de tolerancia que los hace vulnerables o resistentes a las diferentes perturbaciones que se produzcan en el sistema (Meneses, Castro, & Jaramillo, 2019).

4.2.2. Bioindicadores.

Un bioindicador puede ser definido como un conjunto de especies que poseen requerimientos particulares con relación a un grupo de variables físicas o químicas, tal que los cambios de estas variables indiquen para las especies involucradas que el sistema se encuentra en los límites de las curvas del óptimo ecológico (Gamboa, Reyes, & Arrivillaga, 2008).

Los bioindicadores son empleados para la evaluación ambiental, como un método de seguimiento a las alteraciones del ambiente, dicho bioindicador debe contar con características tales como abundantes, sensibles al medio de vida, poca movilidad, fáciles de identificar y con índices de estudios en su ecología y ciclo biológico, para la facilidad de su estudio y análisis. Cada

una de las especies o poblaciones poseen determinados límites para su adaptación, las cuales están determinadas por los factores ambientales, es decir que los organismos puedan sobrevivir en límites máximos, intermedios y estrechos, por lo que entre más estrecho sean los límites de tolerancia más alto es su nivel de utilidad como indicador ecológico (Pastran, 2017).

4.2.3. La importancia de los macroinvertebrados como indicadores de contaminación de aguas

Según Gamboa, Reyes y Arrivillaga, 2008, afirmaron que, la presencia de ciertas comunidades de macroinvertebrados son un medio de bioindicación de contaminación acuática, debido a que, en su mayoría, se encuentra presentes en los ecosistemas acuáticos de agua dulce y por ser de un tamaño asequible se recolectan sencillamente. (Gamboa, Reyes, & Arrivillaga, 2008).

Además, Silva L, 2015, ratifica que, estos macroinvertebrados presentan una serie de características que pueden ser útiles al momento de determinar la calidad hídrica de un ecosistema; las cuales son (Silva L. , 2015):

- Responde a interferencias que puedan repercutirse en su ecosistema acuático
- La cantidad y según la especie de macroinvertebrados pueden representar algún grado de contaminación; la mayoría de estas son sensibles a ciertos contaminantes o alteraciones fisicoquímicas del medio.
- Según su fisiología o característica física pueden determinar el hábitat que tienen disponible o cambiar el nuevo hábitat ante algún cambio repentino.

Silva (2015) menciona que, los macroinvertebrados que comúnmente son usados como evaluación de la condición hídrica de un cuerpo de agua son:

Tabla 1. Macroinvertebrados usados para evaluar la condición hídrica de un cuerpo de agua

Insectos.	Moluscos.	Crustáceos.
Son animales de seis patas, con tubos traqueales para el intercambio de gases y un exoesqueleto duro.	Son animales de cuerpo blando, por lo general protegido por una cubierta dorsal. Comprende almejas, ostras, pulpos, caracoles, babosas y calamares.	Son animales que presentan un exoesqueleto duro y comúnmente cinco pares de patas ambulatorias. Comprenden langostas,

Insectos.

Moluscos.

Crustáceos.

cangrejos, camarones y
especies afines.

Nota: tomado de (Silva, 2015).

4.2.4. El Índice BMWP/COL: método ideal para determinar la calidad hídrica usando calificativos de macroinvertebrados.

El índice BMWP (en sigla inglesa Biological Monitoring Working Party) se creó en el año 1970 en Inglaterra, este método consiste en asignar una valoración numérica a los grupos de macroinvertebrados identificados desde el nivel taxonómico teniendo en cuenta su presencia o ausencia dependiendo de su ambiente acuático. El puntaje es de un rango de 1 a 10 según su grado de adaptación a un ambiente acuático contaminado. Las familias más sensibles o susceptibles a ambientes acuáticos tienen una puntuación de 10 y las menos sensibles a este medio es de 1. Según Leaña y Pérez, 2020; las ventajas de este índice es que solo la identificación a nivel familiar y el valor se obtiene por la suma de puntuación correspondiente a cada familia que habita. (Leaña & Pérez, 2020).

Roldan ha sido uno de los pioneros en utilizar este índice en Colombia, con una adaptación de los macroinvertebrados concernientes a las condiciones del ecosistema acuáticos; por ende, se presenta a continuación la ponderación calificativa de los macroinvertebrados en Colombia (Roldán G. , 2016):

Tabla 2. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.

Familia	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae.	2
Tubificidae	1

Nota: tomado de (Roldán, 2016).

Además, se presenta la calificación o valoración cualitativa de la calidad de agua utilizando la puntuación promedio de macroinvertebrados identificados en el método BMWP/COL teniendo en cuenta su significancia:

Tabla 3. Calidad Biológica del Agua – Índice BMWP/Col.

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

Nota: tomado de (Sanchez Molano & García, 2018).

4.2.5. Índice de Calidad del Agua.

Los análisis recurrentes que determinan o evalúan de manera técnica la calidad del agua son el índice de contaminación de agua (ICA e ICO) las cuales se determinan a través del análisis de ciertos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, utilizando expresiones matemáticas. (Sánchez & García, 2018). Algunos de estos parámetros comúnmente utilizados son: **FISICOQUÍMICOS:** turbiedad (partículas coloidales que reducen la transferencia del agua); solidos suspendidos totales (residuos remanentes después de secar una muestra de agua a 103 – 105°C); temperatura; alcalinidad (capacidad de neutralización de ácidos en cuerpos de agua); materia organica (materia organica); DBO (cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia organica por acción bioquímica aerobia); oxígeno disuelto (niveles bajos de oxígeno en el agua); pH (grado de acidez o basicidad de un cuerpo superficial); fosforo total (cantidad de variedades de fosforo encontradas en muestras de agua como Ortofosfatos (fósforo soluble), polifosfatos y fosfatos orgánicos) (IDEAM, 2004); dureza total (**MICROBIOLÓGICOS:**

coliformes totales (cantidad de bacterias encontradas en 100ml de agua) y coliformes fecales (cantidad de bacterias procedentes de materia fecal encontradas en 100ml de agua) (IDEAM, 2007)

4.3.Marco Conceptual

BMWP: El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. El método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia) (Patiño, 2015).

Calidad del Agua: Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito, determinado a partir de la comparación de las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices o estándares de su misma naturaleza (Herrera & Navarro, 2019).

Cuenca hidrográfica: se define como una unidad natural, cuyos límites físicos son definidos por la divisoria superficial de las aguas, también conocida como "parte aguas", que ante la ocurrencia de precipitaciones y la existencia de flujos o caudales base, permite configurar una red de drenaje superficial que canaliza las aguas hacia otro río, al mar, o a otros cuerpos de agua, como los lagos y embalses artificiales y naturales; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión en la zona de menor altitud. (Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad, 2012) citado en (Herrera & Navarro, 2019).

Hábitat Fluvial: Según Newson (2002) constituye el sistema hidro-fluvial que reúne la red de canales y los intercambios de energía, materia y biota al interior del sistema fluvial, con sus zonas aledañas, inundables y aguas subterráneas, donde también debe respetarse la continuidad del sistema en el tiempo y los atributos de esa continuidad, que son los regímenes de caudales y de sedimentos citado en (Herrera & Navarro, 2019).

Indicador Ambiental: Se puede definir como una medida directa o indirecta del estado de situación o condición de un fenómeno particular; corresponde a una o más variables combinadas,

que adquiere a partir de una expresión sintética y específica, que señala una condición, característica o valor determinado en el tiempo (¿Cuándo?), en la cantidad (¿Cuánto?) y en la calidad (¿De qué tipo?) que logra entregar señales acerca de aspectos fundamentales o prioritarios (Herrera & Navarro, 2019).

Índice 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) (Ramírez, Restrepo, & Viña, CUATRO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES. FORMULACIONES Y APLICACIÓN, 1997).

Macroinvertebrados Acuáticos: se definen como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista; es decir, todos aquellos organismos que tengan tamaños superiores a 0.5 mm de longitud. El prefijo “macro” indica que esos organismos son retenidos por redes de tamaño entre 200–500 mm y, además, superan en fase adulto o último estado larvario los 2.5 mm (Sánchez & García, 2018).

Ríos: Son cuerpos de agua denominados corrientes que se caracterizan por presentar flujo unidireccional con velocidades que oscilan entre 0,1 y 1 m/s. Este flujo es altamente variable y está relacionado con las condiciones climáticas. Por esta razón, los ríos se consideran permanentemente mezclados y comúnmente, la calidad de agua se asocia al sentido del flujo (Gualdrón, 2016).

4.4.Marco Contextual

El presente proyecto se enfoca en el tramo del Río Cesar en jurisdicción del corregimiento de Guacoche, el cual hace parte del municipio de Valledupar, Cesar.

Ilustración 1. Ubicación espacial del proyecto referente al corregimiento Guacoche.

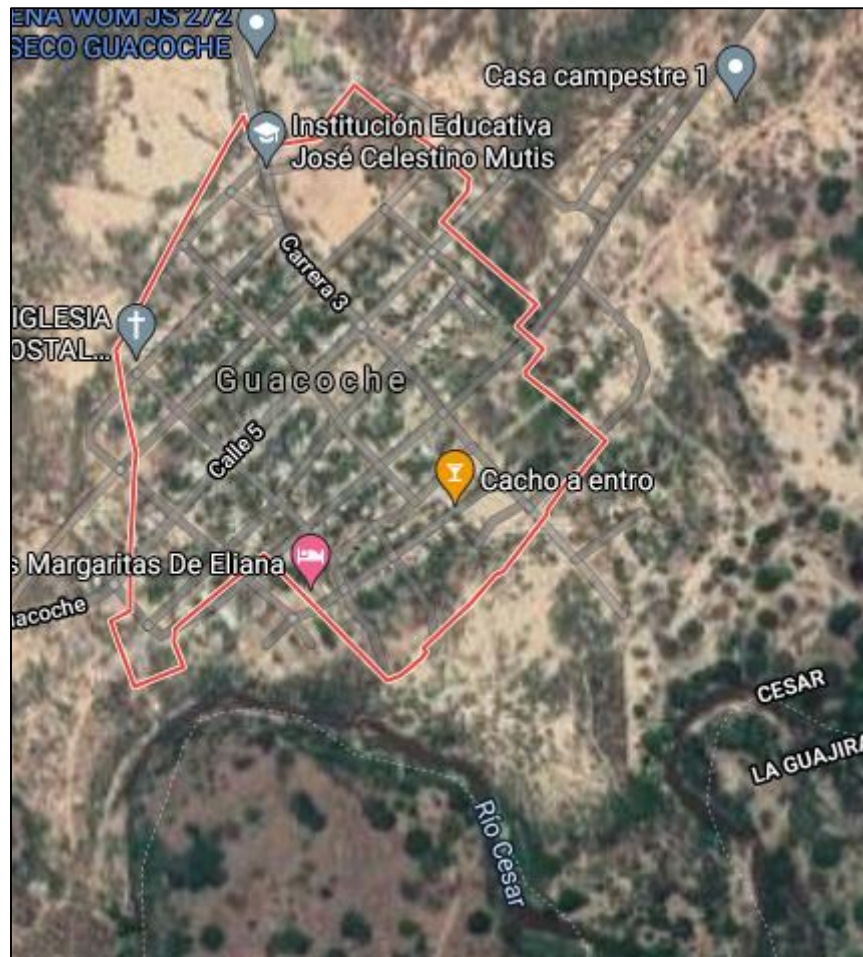


Nota: tomado de Google Maps.

Guacoche, limita al norte con el corregimiento de Guacochito; al occidente con el corregimiento de Los Corazones y al suroccidente con el corregimiento de El Jabo; hacia el oriente limita con el departamento de La Guajira, con los municipios de Villanueva, Urumita y La Jagua del Pilar.

Las coordenadas geográficas del corregimiento de Guacoche son: 10.49676 N; 73.16588 O. Este corregimiento cuenta con un terreno de más de 156 hectáreas y aproximadamente 1800 habitantes.

Ilustración 2. Corregimiento Guacoeche.



Nota: tomado de Google Earth.

4.5.Marco Legal

A continuación, se relacionan en la siguiente tabla toda aquella normativa referente a la temática tratada en la presente investigación:

Tabla 4. Normatividad Legal Vigente Colombiana Referente al Recurso Hídrico.

Tipo de regulación	Resumen	Aplicabilidad
Constitución Política de Colombia de 1991.	Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad	Esta norma es aplicable al proyecto en tanto que las problemáticas actuales interfieren con este derecho plasmado en la constitución.

Tipo de regulación	Resumen	Aplicabilidad
Ley 99 de 1993	en las decisiones que puedan afectarlo. Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.	La aplicabilidad de la norma se relaciona con este estudio, dado a que las actividades productivas de la zona no se realizan de forma sostenible, generando múltiples afectaciones. Teniendo en cuenta la normativa, su aplicabilidad yace en que es función de los departamentos promover, cofinanciar o ejecutar, en coordinación con los entes directores y organismos ejecutores del Sistema Nacional de Adecuación de Tierras y con las Corporaciones Autónomas Regionales, obras y proyectos de irrigación, drenaje, recuperación de tierras, defensa contra las inundaciones y regulación de cauces o corrientes de agua, para el adecuado manejo y aprovechamiento de cuencas hidrográficas.
Ley 9 de 1979	Código nacional sanitario	Art. 51 a 54: Control y prevención de las aguas para consumo humano. Art. 55 aguas superficiales. Art. 69 a 79: potabilización de agua.
Decreto Ley 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	Esta norma es aplicable ya que se establece que toda persona tiene derecho a utilizar las aguas de dominio público para satisfacer sus necesidades elementales, las de su familia y las de sus animales, siempre que con ello no cause perjuicios a terceros. El uso deberá hacerse sin establecer derivaciones, ni emplear máquina ni aparato, ni detener o desviar el curso de las aguas, ni deteriorar el cauce o las márgenes de la corriente, ni alterar o contaminar aguas que en forma que se

Tipo de regulación	Resumen	Aplicabilidad
Decreto 1594 de 1984	Por el cual se reglamenta parcialmente el TITULO I de la Ley 9 de 1979, así como el decreto ley 2811 de 1974 en cuanto a los usos del agua y residuos líquidos (Ministerio de Agricultura).	imposibilite su aprovechamiento por terceros. La aplicabilidad de la norma radica en que en esta se establecen los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario.
Decreto 1640 de 2012	Por el cual se reglamenta los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.	Su aplicabilidad se basa en el uso del recurso hídrico por parte de los actores de la cuenca hidrográfica para distintos fines.
Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. La guía nacional de modelación del recurso hídrico para aguas superficiales continentales tiene como objetivo orientar, de forma general, el desarrollo del marco metodológico de modelación matemática aplicada a la gestión integral del recurso hídrico.	Su aplicabilidad recae en que esta norma establece que el dominio de las aguas, cauces y riberas, y normas que rigen su aprovechamiento sujeto a prioridades, en orden a asegurar el desarrollo humano, económico y social, con arreglo al interés general de la comunidad. La determinación de la capacidad asimilativa de sustancias biodegradables o acumulativas y la capacidad de dilución de sustancias no biodegradables (artículo 2.2.3.3.1.7 del Decreto 1076 de 2015). La aplicación de los modelos de simulación, utilizando varios escenarios probables, en la identificación de los usos potenciales del recurso hídrico (artículo 2.2.3.3.1.8 del Decreto 1076 de 2015). El control sobre el cumplimiento de los criterios de calidad del agua para la destinación del recurso hídrico por fuera de la zona de mezcla (artículo 2.2.3.3.3.5 del Decreto 1076 de 2015).

Tipo de regulación	Resumen	Aplicabilidad
Decreto 2245 de 2018	Por medio del cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección del decreto 1076 de 2015 en lo relacionado con las rondas hídricas	La predicción, a través de modelos de simulación, de los impactos que cause el vertimiento en el cuerpo de agua, en función de la capacidad de asimilación y dilución del cuerpo de agua receptor y de los usos y criterios de calidad (Parágrafo 1 del artículo 2.2.3.3.5.3 del Decreto 1076 de 2015). Se aplicabilidad recae en las delimitaciones de la ronda hídrica que deben de establecer las autoridades ambientales en cuanto al uso, preservación, conservación y mitigación de riesgo sobre el río a delimitar.
Resolución 0631 de 2015	Reglamenta el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010 y actualiza el Decreto 1594 de 1984	Esta permite el control de las sustancias contaminantes que llegan a los cuerpos de agua vertidas. El control se realiza a partir de la medición de la concentración de las sustancias descargadas a los cuerpos de agua y que afectan la calidad del agua.
Resolución 622 de 2020	Adopta el protocolo de inspección, vigilancia y control de la calidad de agua para consumo humano suministrada por personas prestadoras del servicio publico domiciliario de acueducto en zonas rurales.	Promueve en el mejoramiento de la calidad del agua en pro para el uso correspondido según sea su aplicabilidad por el decreto 1594 de 1984.

Nota: ajustado por autores del proyecto 2022.

5. Marco Metodológico

5.1.Línea y Sublíneas de investigación

La línea de investigación del programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria para el presente proyecto corresponde a **SOSTENIBILIDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL**. Por su parte, la Sublíneas de investigación corresponde a la **GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO**.

5.2.Tipo de investigación

El tipo de investigación del presente proyecto fue de carácter mixta, es decir, de carácter cuantitativo y cualitativo. Según (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**: cuarta edicion, 2006) el enfoque mixto es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema; en donde vinculan usar métodos de enfoques cuantitativo y cualitativo y pueden involucrar la conversión o transformación de datos cuantitativos en cualitativos y viceversa. Hernández et al, 2006 menciona que, las ventajas de este tipo de investigaciones vinculan en analizar una perspectiva más precisa del fenómeno, en donde la percepción es más integral, completa y holística. Además, si son empleados dos métodos con fortalezas y debilidades propias llegan a los mismos resultados, esto incrementa nuestra confianza en que estos son una representación fiel, genuina y fidedigna de lo que ocurre con el fenómeno estudiado.

Para este estudio, el aspecto cualitativo, se basó en las observaciones subjetivas relacionadas con la recolección e identificación de macroinvertebrados que permitirán establecer las especies a encontrar dentro del lecho del río, el cual según su fisionomía y anatomía determinó su condición de subsistencia en el río. Por su parte, en el aspecto cuantitativo transformó de cierta manera la recolección e identificación de las especies de macroinvertebrados encontrados en mediciones numéricas establecidas bajo los índices que arrojó un resultado de carácter cualitativo, es decir, las especies encontradas se denominan en una escala numérica que, con la información y metodología a aplicar en este estudio estableció en cierta manera el grado de calidad hídrica del

curso hídrico objeto a estudiar. Además, también es cuantitativo por los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a establecer que, al aplicarse el estudio respectivo evaluó la calidad del río en estudio de manera cualitativo.

5.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación del presente proyecto fue de carácter exploratorio, este nivel permitió abarcar temáticas que no se han abordado en la zona de estudio o que su información es muy mínima; el cual permitió determinar relaciones entre variables y sus potenciales relaciones que pueda haber en el problema investigativo (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN: Cuarta edición, 2006). En este caso, las variables a determinar su interacción serán las condiciones de la zona que tenga influencia la ausencia o presencia de macroinvertebrados que complementen estudios fisicoquímicos. en donde se han realizado dichos estudios sobre el río Cesar, pero en tramos segmentados a lo largo y ancho de su curso hídrico, sobre todo realizada por diferentes instituciones para contemplar la temática de vertimientos después de la planta de tratamiento del municipio de Valledupar mas no antes de la infraestructura.

Este estudio exploratorio ayuda a aumentar el grado de familiaridad con fenómenos pocos conocidos que conllevó a estructurar una investigación mucho más completa con relación a la condición de la zona actual del río Cesar y sus repercusiones que tendrá en toda la región del Valle del río Cesar, específicamente en el corregimiento de Guacoche.

En materia de apoyo para esta investigación, se contempló la investigación de antecedentes relacionados con la aplicación de estos estudios a nivel nacional como regional y local, en vista de determinar o establecer el posible comportamiento del curso hídrico en diversas situaciones, teniendo en cuenta, las afectaciones o cambios que se han dado a medida que el uso del recurso hídrico se intensifica para distintas actividades económicas en la zona del corregimiento en estudio.

5.4. Población de estudio

La población de estudio corresponde al curso del río Cesar que nace en la Sierra Nevada de Santa Marta en el municipio de San Juan del Cesar – departamento de La Guajira y desemboca en La Ciénaga de Zapatoza en el municipio de Chimichagua – departamento del Cesar.

5.5. Muestra de estudio

La muestra de estudio corresponde al tramo del río Cesar de aproximadamente 1,22km que atraviesa en el corregimiento de Guacoche, jurisdicción del municipio de Valledupar – capital del departamento del Cesar.

5.6. Desarrollo metodológico

Para el desarrollo metodológico de la evaluación de la calidad del agua usando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en el tramo del río Cesar en jurisdicción del corregimiento De Guacoche, Municipio De Valledupar – Cesar se contempla 5 etapas de las cuales se describen a continuación:

Ilustración 3. Etapas de la metodología de ejecución del proyecto de investigación

ETAPA 1

- **Análisis de las especies de macroinvertebrados acuáticos y los parámetros físico – químicos del curso hídrico del tramo del río Cesar.**

ETAPA 2

- **Aplicación del método de bioindicación BMWP/Col a partir de los macroinvertebrados acuáticos y del índice de contaminación ICO teniendo en cuenta los análisis físico químicos y microbiológicos.**

•ETAPA 3

- **Evaluación de la calidad hídrica del tramo del río Cesar de Guacoeche con base a los índices BMWP/Col e ICO.**

5.6.1. ETAPA 1: análisis de las especies de macroinvertebrados acuáticos y de los parámetros físico – químicos del curso hídrico del tramo del río Cesar en el corregimiento de Guacoeche, jurisdicción del municipio de Valledupar.

Actividad 1. Selección de los puntos de muestreo dentro del tramo del río. Se estableció dentro del tramo del río objeto de estudio un recorrido preliminar con la finalidad de identificar los diferentes hábitats que puede haber a lo largo del trayecto del río a estudiar. Además, se caracterizó los puntos de muestreo a través de referencias fotográficas en donde se evidencie las condiciones de accesibilidad hacia el punto, características físicas de la zona, condiciones del curso hídrico, ubicación geográfica por GPS o georreferencia. Las distancias de cada punto de muestreo fueron de manera equidistantes a lo largo de los 1,22km aproximados de estudios.

Actividad 2. Recolección y almacenaje de macroinvertebrados acuáticos. Para la recolección de macroinvertebrados, se tomó en cuenta los puntos de muestreo a georreferenciar, en donde se tuvieron en cuenta algunas variables del curso hídrico para su recolección como profundidad en el río (de somero a profundo), velocidad del agua (rápida, mediana, lenta), naturaleza del sustrato (pedregoso, fangoso, arenoso) y presencia de vegetación acuática y de

ribera. De acuerdo con Roldán (2003) el tamaño del material del sustrato se consideró así: piedras: >20mm; grava: 2-20 mm; arena: 0.2-2 mm; cieno o barro: <2mm. Se realizó una búsqueda manual en el que involucra buscar hábitats de macroinvertebrados en superficies piedras, troncos, hojarascas, sedimentos y material detrítico; Silva recomienda usar herramientas manuales para la extracción de la especie y depositarlo en bandejas de agua para que puedan ser analizadas de manera insitu si es necesario o según su condición física del macroinvertebrado. (Silva L. A., 2015).

Para la recolección de macroinvertebrados que, por circunstancias del muestreo resultan ser difíciles de identificar a simple vista (lupa) o resultan muertos en el proceso, estos fueron preservados en una mezcla de etanol – glicerina para ser analizados en el laboratorio de biología de la Universidad Popular del Cesar.

Actividad 3. Identificación de macroinvertebrados acuáticos. Para esta actividad se contemplarán dos situaciones, una de ellas se basó en que, para aquellas especies de macroinvertebrados acuáticos que se logren identificar a simple vista, se les tomó una foto de alta resolución con ayuda de una lupa de 60x – 100x, al terminar, fueron devueltos los especímenes recolectados al tramo del río; las evidencias fotográficas fueron usadas para identificar dichas especies en el laboratorio de la Universidad Popular del Cesar. Por otro lado, para las especies que se encuentren muertas, fueron preservadas y llevadas al laboratorio para su identificación.

Para la identificación de las muestras de macroinvertebrados tanto in situ como los que se preservaron y analizaron en los laboratorios, se usó las guías establecidas por ROLDAN en materia de estudio de macroinvertebrados, las cuales se presentan a continuación:

- **“Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia” de Gabriel Roldán (1988).**
- **“Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col.” de Roldán (2003).**
- **“Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia” (Roldán, 1987).**

- **Demás estudios que hayan contemplado la utilización de libros guías de macroinvertebrados.**

Al finalizar la identificación de macroinvertebrados, fueron registrados y tabulados a través del programa MICROSOFT EXCEL en donde se identificaron las especies hasta el nivel de especie, familia o género, hasta donde sea posible, según recomendaciones de Roldan en estudios realizados. (Roldán P, 1996).

Actividad 4. Toma de muestra de agua superficial. Para la realización de los análisis de los parámetros físico – químicos: alcalinidad, dureza total, sólidos suspendidos; fosforo total como de microbiológicos DBO5, coliformes totales, coliformes fecales, se realizó un muestreo de agua tipo puntual, como lo recomienda el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2010) en los sitios de muestreo georreferenciados de la actividad 1 en recipientes acorde con las especificaciones de preservación para impedir la alteración de las muestras; posteriormente fueron selladas, rotuladas y preservadas a una temperatura ideal de 0 a 6°C en aras de garantizar la preservación de sus condiciones actuales. (Rodier, 2011). El muestreo se llevará a cabo durante las temporadas de lluvia y sequía, los meses en que ocurren las temporadas mencionadas serán buscadas y analizadas según los reportes que arroja el IDEAM a nivel semestral o trimestral.

Para las muestras de agua se recolectaron un volumen de 1 litro para un análisis completo de los parámetros, para analizar los parámetros de alcalinidad, dureza total, sólidos suspendidos totales. Además, se recolectaron por parte muestras de agua en recipientes de vidrio ámbar de un litro, a las cuales se les realizaron análisis de los parámetros de coliformes totales y fecales, oxígeno disuelto, fosforo total en un laboratorio especializado; mientras que, las variables de conductividad, temperatura, pH fueron llevadas a cabo en el laboratorio de ingeniería ambiental y sanitaria de la Universidad Popular del Cesar a través del multiparámetro y alcalinidad, dureza total y solidos suspendidos totales usando el estándar método en el laboratorio de la institución.

Actividad 5. Procesamiento de resultados de parámetros físico – químicos a analizar. Después de realizar el análisis respectivo de cada uno de los parámetros objeto de estudio tanto en

la fase de campo como en los laboratorios; fueron tabuladas con respecto a cada estación y las temporadas.

5.6.2. ETAPA 2: aplicación del índice biológico BMWP/Col a partir de los macroinvertebrados acuáticos y del índice de contaminación ICO teniendo en cuenta los parámetros fisicoquímicos.

Actividad 1. Cálculo del índice biológico BMWP/COL. El índice BMWP/Col se calcularon con taxones de macroinvertebrados clasificados hasta familias, ya que así lo propone su metodología, sin embargo, los trabajos realizados por (Roldán G. , 2003); permiten identificar las taxas hasta la categoría taxonómica de género por lo que se ha permitido conocer mejor la biodiversidad de macroinvertebrados en los tramos de estudio, dicha puntuación esta referenciada por la **Tabla 3. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice de BMWP/COL estipulados por** (Sanchez Molano & García, 2018). Se identificaron los niveles de taxones de las especies de macroinvertebrados según su familia y especie, los cuales serán registrados en una tabla de datos por medio del programa Microsoft Excel, en donde se compararon las especies obtenidas en campo y recolectadas para análisis en los laboratorios de la Universidad Popular del Cesar con la tabla de puntuación referenciada en este apartado.

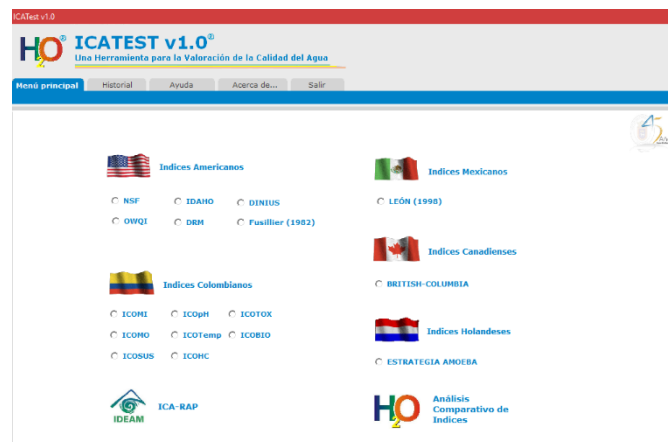
Actividad 2. Implementación del índice de contaminación ICO. Teniendo en cuenta los resultados a obtener de los análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos descritos en la segunda etapa, se realizaron la implementación del índice de contaminación ICO las cuales son las siguientes:

- **Índice de contaminación biótico (ICOBIO):** Según Ramírez, Restrepo y Viña, 1997 la metodología implica el conteo de especies de macroinvertebrados en estaciones de muestreo mediante la comparación de pares de estaciones, establecidos en la presencia o ausencia de estos en el curso. (Ramírez, Restrepo, & Viña, CUATRO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES. FORMULACIONES Y APLICACIÓN, 1997).

- **Índice de contaminación trófico (ICOTRO):** Según Ramírez, Restrepo y Viña, 1997 este tipo de índice se determina en esencia por la concentración del fósforo total disponible dentro del cuerpo de agua.
- **Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS):** Según (Ramírez, Restrepo, & Viña, CUATRO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES. FORMULACIONES Y APLICACIÓN, 1997) se determinará mediante la concentración de sólidos suspendidos.
- **Índice de contaminación por mineralización ICOMI:** según Ramírez, Restrepo y Viña, 1997; se aplica este índice aplicando los siguientes parámetros: 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 carbonates y bicarbonatos.
- **Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO):** Según (Ramírez, Restrepo, & Viña, CUATRO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES. FORMULACIONES Y APLICACIÓN, 1997), 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

La implementación del índice de contaminación ICO se llevó a cabo mediante el software libre ICATest v1.0 de la Universidad de Pamplona, (Universidad de Pamplona , 2005), a excepción del ICOTRO que se calculará comparando los resultados de fosforo totales con los rangos estándar preestablecidos por el método para así conocer el tipo de calidad de agua según este índice.

Ilustración 4. Interfaz del programa ICATEST



Nota: tomado de (Universidad de Pamplona , 2005)

A partir de los resultados que se obtienen de cada índice según el software utilizado para determinar cada ítem, se determina el grado de contaminación de agua para la zona del tramo del río Cesar, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5. Significancia de los índices ICO

ICO	Grado de Contaminación	Escala de Color
0 - 0.2	Ninguna	Blue
0.2 - 0.4	Baja	Green
0.4 - 0.6	Media	Yellow
0.6 - 0.8	Alta	Orange
0.8 - 1	Muy Alta	Red

Nota. Tomado de Fuente especificada no válida. citado por (Herrera & Navarro, 2019)

5.6.3. ETAPA 3: Evaluación de la calidad hídrica del tramo del río Cesar de Guacoche con base a los índices BMWP/Col e ICO.

Actividad 1. Evaluación final de la calidad hídrica del tramo del río Cesar del corregimiento de Guacoche – municipio de Valledupar. A partir de la valoración de los parámetros físico – químicos reflejados en el índice de contaminación ICO y los resultados de índice biológico BMWP/COL, se realizaron la determinación de la calidad hídrica del tramo del río Cesar en jurisdicción del corregimiento de Guacoche en donde se mostraron en síntesis los resultados de cada uno de los índices respectivos con su coloración y calificación; logrando corroborar el resultado dado en los análisis de laboratorio y comparación respectiva.

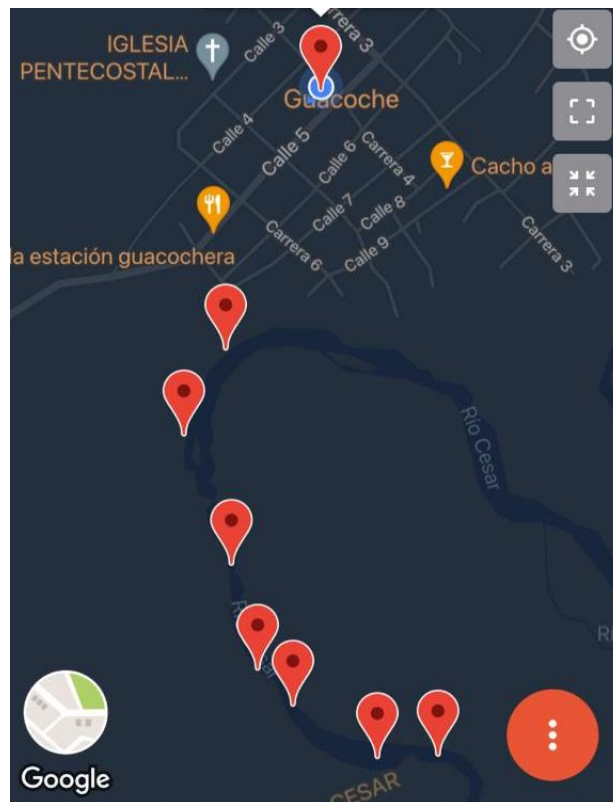
Se aplicó el modelamiento estadístico denominado **Correlación de Pearson**, en donde se mostrará la interdependencia de los parámetros físicos químicos y microbiológicos con las modificaciones posibles del ambiente acuático reflejado en la presencia de macroinvertebrados a identificar. Todos estos resultados serán tabulados en Excel con su respectiva coloración y aplicando dicho modelo matemático.

6. Análisis de resultados

6.1. Caracterización de la zona de estudio

La zona estudiada fue en el tramo del río Cesar, con jurisdicción del corregimiento de Guacoeche, corregimiento de la ciudad de Valledupar. La delimitación de dicha zona estuvo conformada por 9 estaciones de muestreo divididas en 3 tramos según el trayecto del río estudiado: **AGUAS ARRIBA – ZONA MEDIA – AGUAS ABAJO**. En la siguiente imagen se presenta la ubicación geográfica de cada estación de muestreo a lo largo del tramo:

Ilustración 5. Ubicación de las estaciones de muestreo del tramo del río Cesar.



La distancia total estudiada fue de aproximadamente 1.22km desde su punto de inicio hasta a llegar a la cercanía de la cabecera corregimental. El terreno de la zona explorada resultó ser con poca intervención antrópica a través de construcciones viales, haciendo que, el acceso hacia los puntos de muestreo fuese difícil por las condiciones del terreno que incluye las orillas fangosas

del mismo, la espesa vegetación, y sobre todo la cantidad considerable de fincas cercanas de ganado a las orillas de los principales sitios de muestreo.

6.2.ETAPA 1: análisis de las especies de macroinvertebrados acuáticos y los parámetros fisicoquímicos del curso hídrico del tramo del río Cesar en el corregimiento de Guacoche, jurisdicción del municipio de Valledupar.

Para la ejecución de la etapa 1 que correspondió a la identificación de los macroinvertebrados del trayecto del río Cesar, se tuvo que realizar una serie de exploraciones de la zona con la finalidad de identificar las características y condiciones espaciales de los puntos de muestreo para la extracción del material. En este recorrido, incluyó la identificación de posibles hábitats de los macroinvertebrados.

6.2.1. Selección de los puntos de muestreo de la zona de estudio

La selección de los puntos de muestreo en la zona de estudio del tramo del río Cesar, se tomó como base varios aspectos como: el acceso a la zona, el caudal del río presente en las temporadas de estudio, la facilidad en el traslado de un punto de muestreo a otro, estabilidad del GPS y conexión, condición de las orillas del río. Estos puntos resultaron primordiales para la selección idónea de los sitios de muestreo.

Ilustración 6. Puntos de muestro y condiciones geográficas de los tramos del río Cesar.





Los sitios de muestreo referenciados y presentados en el anterior ítem (ver **6.1**) resultaron ser los idóneos para la recolección de las muestras de macroinvertebrados, igualmente, fueron primordiales para la toma de muestras de agua con la finalidad de realizarle sus análisis fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales se presentarán más adelante. Con relación a las condiciones geográficas de la zona se analizó que:

- La mayoría de las zonas estudiadas fueron de difícil acceso, ya que para poder entrada al río se utilizaron una serie de trochas improvisadas construidas por los habitantes que tienen fincas en las orillas del río Cesar, jurisdicción del corregimiento de Guacoeche.
- La condición de sedimentos para el traslado de los investigadores de un punto hacia otro en la orilla del río fue difícil, ya que, el río Cesar es uno de los ríos con mayor caudal haciendo que se genere el arrastre de los sólidos a lo largo de su trayecto, y que, la mayoría de sus sedimentos son de carácter arcilloso, haciendo que la caminata sea un poco difícil.
- La inestabilidad del terreno cercano a las orillas, ya que, durante las temporadas de lluvia cuando el río incrementa su caudal hace que, sufran un proceso erosivo que, acompañado con el tránsito del ganado por las fincas cercanas, generaron dificultades tanto para la estabilización del punto de muestreo como para la identificación de macroinvertebrados.
- La ubicación geográfica resultó ser complicada debido a la estabilidad de la red de conexión a un aplicativo que utiliza el sistema georreferencial GPS del dispositivo móvil, haciendo que, los investigadores se ubicaran en un punto estratégico para tomar la georreferencia respectiva.

Los puntos de muestreo se encuentran georreferenciados y presentado a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 6. Puntos georreferenciales de las estaciones de muestreo del tramo del río Cesar.

Zonas de estudio	Estación	Coordenadas	Altitud
ALTA	E1	10° 29' 31.506" N 73° 09' 52.13556" O	128 m.s.n.m
	E2	10° 29' 33.28044" N 73° 09' 58.97052" O	128 m.s.n.m
	E3	10° 29' 32.42940" N 73° 10' 5.32780" O	130 m.s.n.m
MEDIA	E4	10° 29' 27.17990" N 73° 10' 7.90590" O	131 m.s.n.m
	E5	10° 29' 19.27690" N 73° 10' 4.95030" O	127 m.s.n.m
	E6	10° 29' 12.88270" N 73° 10' 3.31030" O	132 m.s.n.m
BAJA	E7	10° 29' 10.67910 N 73° 10' 1.12050" O	132 m.s.n.m
	E8	10° 29' 7.51450" N 73° 09' 55.89870" O	128 m.s.n.m
	E9	10° 29' 7.624" N 73° 09' 52.13320" O	124 m.s.n.m

6.2.2. *Recolección y almacenaje de macroinvertebrados acuáticos*

6.2.2.1. Identificación del hábitat de macroinvertebrados. Para la recolección e identificación de macroinvertebrados acuáticos para el tramo del río Cesar estudiado, se tuvieron en cuenta las condiciones de hábitat en las orillas y parte del río, con la intención de establecer las especies acuáticas que albergan dentro de estos hábitats. Los hábitats encontrados en las orillas del río se presentan en la siguiente imagen:

Ilustración 7. Sitios de hábitat de macroinvertebrados a las orillas del tramo del río Cesar, Jurisdicción del corregimiento de Guacoche.



Los hábitats identificados en las márgenes del río Cesar fueron por lo general troncos, ramas, y piedras que se encontraron en el fondo del lecho del cauce. Como el río Cesar es un curso hídrico con alto caudal durante casi todo el año, resulta difícil visualizar este tipo de hábitats, por ello, se realizó un barrido a lo largo de la orilla del río en búsqueda de piedras, ramas, troncos y demás donde puedan ubicarse macroinvertebrados como se aprecia en la **Ilustración 7**. Según la referencia descrita en la metodología del presente proyecto en la ETAPA 1 (ver 5.6.1) de la actividad 2; la naturaleza del sustrato de las orillas del tramo del río Cesar fue prácticamente fangosa (tipo arcilla o limo) y arenosa, ya que al ser un río muy caudaloso y ancho, hace que en las orillas sufran un proceso de erosión haciendo que, el fondo del río sea fangoso con poca pedregosidad y que estas piedras tuvieron que ser buscadas mediante un barrido por la zona; al igual, la profundidad fue casi profundo debido a las condiciones del río descritas anteriormente; además, se evidenció presencia de vegetación en las orillas que promovió a la creación de hábitats para las especies.

6.2.2.2.Recolecta de macroinvertebrados acuáticos. Para la recolección se utilizaron pinceles de diferentes tamaños, piedras y recipientes para depositar aquellos macroinvertebrados

que eran difícil de identificar a través del barrido realizado en el inciso anterior. Los macroinvertebrados fueron preservados en una mezcla de etanol – glicerina para ser identificados en el laboratorio de la Universidad Popular del Cesar.

Ilustración 8. Preservación de los macroinvertebrados acuáticos durante las dos temporadas en el tramo del río Cesar.



6.2.3. *Identificación de macroinvertebrados acuáticos.*

Los macroinvertebrados acuáticos recolectados en ambas temporadas fueron identificados con un estereoscopio y microscopio proporcionados por el laboratorio de microbiología y de ciencias naturales de la Universidad Popular del Cesar.

Ilustración 9. Proceso de identificación de macroinvertebrados acuáticos del tramo del río Cesar.



Los resultados de la identificación se tabularon a través del programa MICROSOFT EXCEL, teniendo como base los libros fotográficos presentados en la metodología (ver 5.6.1) y se clasificaron según por temporada y zona de muestreo. La identificación de los macroinvertebrados

se realizó desde los niveles de PHYLUM — CLASE – ORDEN – FAMILIA, como fue planteado en la metodología.

- **Macroinvertebrados acuáticos durante la temporada de sequía.** En los tiempos de identificación de macroinvertebrados entre los meses de junio y julio del año 2022 durante la temporada de sequía; se pudieron identificar en total 327 especies divididas en 2 grandes grupos phylum: Artrópoda con un 98,2% y Platyhelminthes con el 1,8% respectivamente. Dentro del grupo Artrópoda se pudieron identificar 3 clases (Insecta – Crustáceo – Arachnoidea) y dentro de cada clase está conformada por 5 órdenes de la clase Insecta (Hemiptera – Coleoptera – Ephemeroptera – Trichoptera – Odonata), un orden de la clase Crustáceo (Decapoda) y Arachnoidea (Acari). Por su parte, el grupo Platyhelminthes se identificó 1 clase (Turbellaria) y 1 orden (Tricladida).

Tabla 7. Macroinvertebrados acuáticos en temporada de sequía del tramo del río Cesar, jurisdicción de Guacoeche – Valledupar.

MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS EN TEMPORADA DE SEQUIA									
Philum		Clase	Orden	Familia	Número de individuos				
<u>Artrópoda</u>	98,2%	Insecta	<u>Hemíptera</u>	9,17%	Naucoridae	9			
					Notonectidae	20			
					Pleidae	1			
			<u>Coleóptera</u>	11,62%		Elmidae	5		
						Ptilodactylidae	14		
						Pshephenidae	13		
						Limnichidae	1		
						Lampyridae	3		
						Gyrinidae	2		
					<u>Ephemeroptera</u>	55,05%		Baetidae	10
								Oligoneuriidae	2
				Leptophlebiidae			131		
				Tricorythidae			4		
				Euthyplociidae			33		
			<u>Trichoptera</u>	2,45%		Glossosomatidae	3		
						Calamoceratidae	5		
			<u>Odonata</u>	18,65%		Libellulidae	31		
						Megapodagrionidae	1		

MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS EN TEMPORADA DE SEQUIA

Philum		Clase	Orden		Familia	Número de individuos
					Lestidae	6
					Aeshnidae	2
					Polythoridae	1
					Coenagrionidae	20
		Crustáceo	<u>Decapoda</u>	0,61%	Pseudothelpusidae	2
		Arachnoidea	<u>Acari</u>	0,61%	Hydrachinidae	2
<u>Platyhelminthes</u>	1,8%	Turbellaria	<u>Tricladida</u>	1,83%	Planariidae	6
3	100,0%	4	8	100,00%	25	327

Dentro del grupo Artrópoda, el orden de mayor presencia durante la época fue Ephemeroptera (55.05%), seguida de Odonata (18.65%) y Coleoptera (11.62%). Al haber una mayor presencia del orden Ephemeroptera dentro del ecosistema acuático durante la temporada, describe Roldan que, estas especies viven en aguas con corrientes limpias y bien oxigenadas, las cuales según registros de identificación se consideran como buenos indicadores de calidad de agua. (Roldán P, 1996). Dentro del orden descrito; la familia más presente resultó ser Leptophlebiidae con 131 individuos, este tipo de familias según Roldán, 1996; resultan ser especies que habitan en zonas acuáticas muy limpias o ligeramente contaminadas, además se pueden encontrar en troncos piedras y ramas. Seguidamente se identificó la familia Euthyplociidae como la más abundante con 33 especies, la familia Oligoneuriidae con 2 y Baetidae con 10 especies, estas familias se caracterizaron por tener hábitats en fondos arenosos debajo de troncos ramas y rocas, en donde son buenos indicadores de agua limpias. (Roldán P, 1996). Al igual, el orden Coleóptera y las familias identificadas (Elmidae, Ptilodactylidae, Pshephenidae, Limnichidae, Lampyridae, Gyrinidae) y el orden Arachnoidea (Acari) comparten las mismas peculiaridades de estar presentes en hábitats con aguas limpias, poco contaminadas. La familia Tricorythidae del orden Ephemeroptera, tuvo una ligera presencia en algunas zonas del tramo del río, lo cual puede representar según Roldán una contaminación considerable de las aguas, en donde esto llama la atención por las condiciones fluviales de posible contaminación parcial del río ya sea por diversas actividades agropecuarias y ganaderas que se generan en las orillas.

Por su parte cabe detallar que, el orden Odonata (la segunda de mayor proporción de especies) se encuentran las familias Libellulidae – Megapodagrionidae – Lestidae – Aeshnidae

Polythoridae y Coenagrionidae; y, el Orden Hemíptera de las familias Naucoridae – Notonectidae y Pleidae; las cuales se caracterizan según Roldán por vivir en aguas con un grado de eutrofización considerable, sobre todo si las aguas se encuentran oligotróficas y mesotróficas (Roldán P, 1996). Por lo anterior, se puede considerar que, tramos del río Cesar están presentando contaminación de sus aguas por presencia de altos niveles de fosfato en el agua haciendo que, se generen niveles de eutrofización debido a las actividades que se llevan a cabo en las orillas del río.

- **Macroinvertebrados acuáticos durante la temporada de lluvia.** En los tiempos de identificación de macroinvertebrados entre los meses de agosto y septiembre del año 2022 durante la temporada de sequía; se pudieron identificar en total 271 especies divididas en 3 grandes grupos phylum: Artrópoda con un 95,6%, Mollusca con un 3,3% y Platyhelminthes con el 1,1%. Dentro del grupo Artrópoda se pudieron identificar 1 clase (Insecta) y dentro de cada clase está conformada por 5 órdenes de la clase Insecta (Hemiptera – Coleoptera – Ephemeroptera – Plecoptera – Odonata). Por su parte, el grupo Platyhelminthes se identificó 1 clase (Turbellaria) y 1 orden (Tricladida); y, el grupo Mollusca con 1 clase (Gastropoda).

Tabla 8. Macroinvertebrados acuáticos en temporada de lluvia del tramo del río Cesar, jurisdicción de Guacoeche – Valledupar.

MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS EN TEMPORADA DE LLUVIA								
Philum	Clase		Orden	Familia	Número de individuos			
<u>Artrópoda</u>	95,6%	Insecta	<u>Hemíptera</u>	11,07%	Naucoridae	29		
					Pleidae	1		
					Elmidae	3		
			<u>Coleoptera</u>	7,01%	Ptilodactylidae	6		
					Psephenidae	2		
					Lampyridae	8		
					Leptophlebiidae	96		
					<u>Ephemeroptera</u>	67,53%	Euthyplociidae	56
						Polymitarcyidae	31	
			<u>Plecoptera</u>	2,58%	Perlidae	7		
						Libellulidae	1	
			<u>Odonata</u>	7,38%	Aeshnidae	3		
						Coenagrionidae	16	

MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS EN TEMPORADA DE LLUVIA

Phylum		Clase		Orden		Familia	Número de individuos
<u>Mollusca</u>	3,3%	Gastropoda	<u>Basommatophora</u>	3,32%		Planorbiidae	9
<u>Platyhelminthes</u>	1,1%	Turbellaria	<u>Tricladida</u>	1,11%		Planariidae	3
3	100%	3		7	100%	15	271

Dentro del phylum Artrópoda se presenta el orden de mayor prevalencia la Ephemeroptera (67.53%), seguida de la Hemiptera (11.07%), Odonata (7.38%) y Coleoptera (7.01%). Con relación a la temporada anterior aumento la presencia del orden Ephemeroptera en cuanto a proporción, pero, su población y cantidad de familia disminuyó considerablemente debido al incremento del caudal del río Cesar, por su parte las órdenes Odonata y Coleoptera disminuyeron en cuanto a la proporción y población de familias de las especies. Dentro del orden Ephemeroptera se identificaron las familias Leptophlebiidae – Euthyplociidae – Polymitarcyidae tienen las condiciones parecidas a la temporada anterior que, según Roldan viven en aguas con corrientes limpias y bien oxigenadas con hábitats en troncos piedras y ramas (Roldán P, 1996). Esto demostraría que, gran parte del tramo del río estudiado a través de los puntos de muestreo pueden encontrarse hábitats con condiciones idóneas debido a la poca contaminación que puede existir, más aún si se aumentó el caudal por las precipitaciones haciendo que, reduzca su nivel de contaminación. Esto mismo sucede con el orden Coleóptera y las familias identificadas (Elmidae, Ptilodactylidae, Pshephenidae, Lampyridae) y la nueva presencia del orden Plecóptera en donde predominó la familia Perlidae comparten las mismas peculiaridades de estar presentes en aguas limpias, poco contaminadas.

El orden Odonata donde se incluyen las familias Libellulidae – Aeshnidae y Coenagrionidae; y, el Orden Hemíptera de las familias Naucoridae y Pleidae; a pesar de que su población cambió considerablemente por la temporada de lluvias más específicamente por el aumento de caudal del río, se destacan estas especies por su presencia en ambientes ligeramente contaminados, especialmente aquellos con un grado de eutrofización (Roldán P, 1996). Esto es de llamar la atención debido a que se está presentando condiciones de contaminación en algunas zonas del cauce del río ya sea por las diferentes actividades agropecuarias y ganaderas prevalecientes en las orillas del río; lo cual coincide con la temporada anterior.

Ilustración 10. Presencia de especies de macroinvertebrados acuáticos en sus zonas de muestreo.

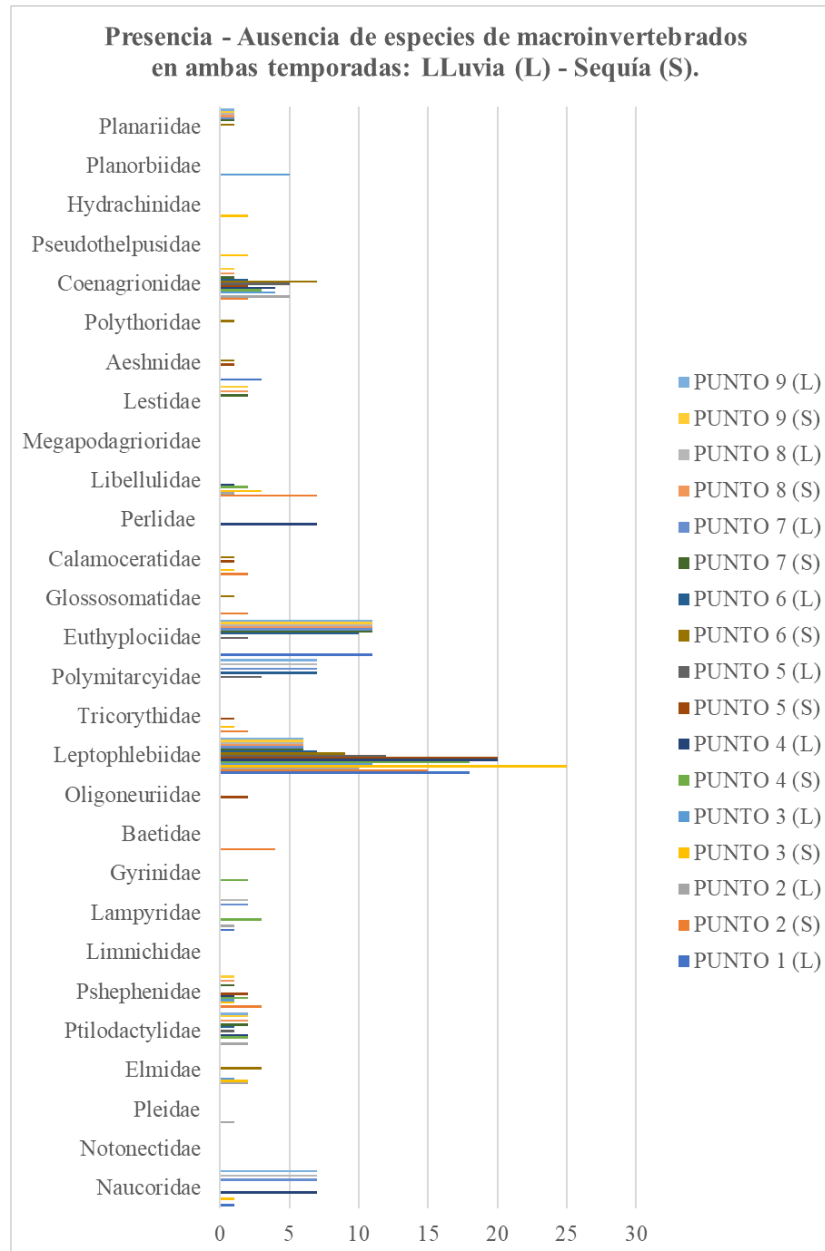


Tabla 9. Macroinvertebrados acuáticos en temporada de lluvia (L) y sequía (S) por sitios de muestreo del tramo del río Cesar.

MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS EN TEMPORADA DE SEQUIA (S) Y LLUVIA (L)																					
Phylum	Clase	Orden	Familia	Número de individuos																	
				Zona Alta						Zona Media						Zona Baja					
				PUNTO 1 (S)	PUNTO 1 (L)	PUNTO 2 (S)	PUNTO 2 (L)	PUNTO 3 (S)	PUNTO 3 (L)	PUNTO 4 (S)	PUNTO 4 (L)	PUNTO 5 (S)	PUNTO 5 (L)	PUNTO 6 (S)	PUNTO 6 (L)	PUNTO 7 (S)	PUNTO 7 (L)	PUNTO 8 (S)	PUNTO 8 (L)	PUNTO 9 (S)	PUNTO 9 (L)
Artrópoda	Insecta	<u>Hemiptera</u>	Naucoridae	8	1			1			7					7		7			7
			Notonectidae	20																	
			Pleidae	1			1														
		<u>Coleóptera</u>	Elmidae				2	2	1					3							
			Ptilodactylidae	6			2			2	2		1		1	2		2		2	2
			Pshephenidae	2		3		1	1	2	1	2				1		1		1	
			Limnichidae	1																	
			Lampyridae		1		1			3						2		2			
			Gyrinidae							2											
		<u>Phemeroptera</u>	Baetidae	6		4															
			Oligoneuridae									2									
			Leptophlebiidae	26	18	15	10	25	11	18	20	20	12	9	7	6	6	6	6	6	6
			Tricorythidae			2		1				1									
			Polymitarcyidae										3		7		7		7		7
			Euthyplociidae		11								2		10	11	11	11	11	11	11
		<u>Trichoptera</u>	Glossosomatidae			2								1							
			Calamoceratidae			2		1				1		1							
		<u>Plecoptera</u>	Perlidae								7										
	<u>Odonata</u>		Libellulidae	19		7	1	3		2	1										
			Megapodagrionidae	1																	
			Lestidae													2		2		2	
			Aeshnidae		3							1		1							
			Polythoridae											1							
			Coenagrionidae	3		2	5		4	3	4	2	5	7	2	1		1		1	
	Crustáceo	<u>Decapoda</u>	Pseudothelapsidae					2													
	Arachnoidea	<u>Acarí</u>	Hydrachinidae					2													
Mollusca	Gastropoda	<u>Basommatop</u>	Planorbidae						5												

Según referencias evidencias en la **Tabla 9.** Y la **Ilustración 10.** Se pudo analizar que, la familia Leptophlebiidae del orden Ephemeroptera, Clase Insecta y Phylum Artrópoda fue la especie que más estuvo presente en todos los sitios de muestreo durante ambas temporadas en el tramo del río Cesar, jurisdicción de Guacoeche – Valledupar. Esta presencia constante se debe primordialmente a las características y condiciones del río que, según Roldan y sus estudios realizados, demuestran que, los macroinvertebrados viven en ambientes limpios o con poca contaminación, lo cual podría proyectar un pronóstico de calidad de agua limpia. (Roldán P, 1996). Además, su presencia dentro de las temporadas fue proporcionado según Álvarez, 2005. por su adherencia a cierta naturaleza del sustrato que les permitiera estar presente su hábitat bajo estas situaciones naturales (Álvarez, 2005). Eso sí, en cuanto a la cantidad de población entre ambas temporadas cambian considerablemente ya que, al aumentar el caudal aquellos nidos o hábitats creados por la misma especie son arrastrados por la fuerza de la corriente del río que, por su naturaleza de ser caudaloso y de mayor fluencia, estas emigran por este efecto hacia la zona más baja del mismo.

Por su parte la familia Coenagrionidae del orden Odonata de la misma clase y Phylum que la familia anterior fue la segunda especie con mayor prevalencia en todos los sitios de muestreo durante ambas temporadas; lo cual, al estar presente en todos los puntos de muestreo, demuestra que, hay un grado de contaminación considerable que según Roldan, 1996. podría derivarse por el aumento de los niveles de fósforo que son arrastrados por escorrentía desde las orillas del río por actividades ganaderas, asentamientos de campesinos, fincas a lo largo del río y además de que es un río que recorre varios poblados entre el departamento de La Guajira y El Cesar que también arrastra estos contaminantes durante su trayecto, provoca que, estas aguas sufran un proceso de eutrofización considerable, pero que, en cierta medida no son tan alto debido al alto flujo hídrico que maneja el cauce.

Al igual, hubo cambios entre ambas temporadas con relación a la presencia – ausencia de especies de macroinvertebrados; en la tabla e ilustración se evidencia que, en la transición de la temporada de sequía a lluvia se ausentaron aproximadamente 10 familias del phylum Artrópoda del orden Insecta que, en porcentaje representativo suman entre el 3 y 4% de la totalidad de especies identificadas entre ellas están: Notonectidae, Limnichidae, Gyrinidae, Baetidae,

Tricorythidae, Glossosomatidae, Calamoceratidae, Megapodagrionidae, Lestidae, Polythoridae. Y del orden Crustáceo (Pseudothelpusidae) y Archnoidea (Hydrachinidae). Esta ausencia de especies se debe según (Closs, Downes, & Boulton, 2004) por los efectos ambientales producidos durante la transición de temporada a otra que modificaron la velocidad de la corriente, arrastre de sedimentos, aporte de sustrato, componentes tóxicos, y demás condiciones que pudieron haber afectado la condición del hábitat, en especial de aquellas especies o familias que su presencia se debe a ambientes contaminados tal como fue descrito anteriormente; en cortas palabras, para la temporada de lluvias hubo una disminución de especies de macroinvertebrados de aproximadamente del 18% respectivamente.

6.2.4. Toma de muestras de agua superficial.

El muestreo de agua superficial se llevó a cabo en el tramo del río Cesar, jurisdicción del corregimiento de Guacoeche – Valledupar, teniendo como referencia los sitios de muestreo ubicados y georreferenciados en la etapa anterior (ver **6.2.1**). Para el almacenamiento de las muestras de aguas para la realización de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se conservaron y preservaron en temperaturas de 0 y 10°C para posteriormente ser llevadas al Laboratorio Cristal y Violeta y de ingeniería ambiental y sanitaria de la Universidad Popular del Cesar.

El muestreo se llevó a cabo tanto en temporadas de lluvia como de sequía, los meses en los cuales se ejecutó la toma de muestra fueron elegidos con base en los reportes del IDEAM:

- Temporada de sequía: junio hasta mediados de julio.
- Temporada de lluvia: Agosto – septiembre.

Ilustración 11. Toma de muestra de agua superficial de los sitios de muestreo del tramo del río Cesar.



Ilustración 12. Análisis de resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras de agua de los sitios de muestreo del río Cesar.



6.2.5. Procesamiento de los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Los resultados de los parámetros durante ambas temporadas del año fueron identificados y procesados usando el programa MICROSOFT EXCEL en las estaciones de muestreo georreferenciadas. Los resultados se presentan a continuación.

6.2.5.1. Temporada de sequía.

Tabla 10. Resultados parámetros fisicoquímicos temporada de sequía.

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5	PUNTO 6	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9
Coliformes totales	NMP/100 ml	<2247,2	<2419,6	<2468,1	<2339,4	<2119,1	<1986,6	<1934,5	<2056,4	<1972,6
Escherichia coli	NMP/100 ml	338,9	387,3	369,5	298,3	279,1	305,4	264,9	309,6	332,3
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	136,003	150,484	152,984	145,497	144,361	130,104	139,532	144,256	150,324
Conductividad	μS/cm	462,33	404,66	380,66	372,66	392,33	401,33	376,66	381,66	374,33
DBO5	mg O ₂ /L SM	< 4,9	< 5,0	< 5,0	< 4,9	< 4,9	< 4,9	< 5,0	< 4,9	< 5,0
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	109,34	113,41	112,56	113,63	106,41	103,19	108,82	111,23	110,28
Fósforo total	mg P /L	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
PH	Unidades de (pH)	8,26	8,27	8,27	8,18	8,26	7,53	7,97	7,46	8,05
Solidos suspendidos totales	mg /L	14,8	16,5	20,9	17,4	19,5	14,3	15,4	16,3	14,5
Temperatura	°C	34,06	34,05	34,05	34,04	34,01	33,05	33,02	31,03	32,06

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla anterior, los cuales son acordes a la temporada de sequía, se puede evidenciar que para el parámetro microbiológico de coliformes totales en el punto 3 es donde se registra el mayor valor mientras que el punto 7 es donde se encuentra el menor valor, esto quiere decir que donde se registraron números más altos hay una mayor probabilidad de que existan organismos potencialmente perjudiciales tales como bacterias y virus que en los puntos donde este número fue menor. Es importante resaltar que la presencia de coliformes totales no es perjudicial en sí misma y están presentes de forma natural en el medio (health, 2016).

Para el parámetro de *Escherichia coli*, el cual indica contaminación fecal en agua, ya que este microorganismo es habitante normal del tracto digestivo de animales de sangre caliente y rara vez se encuentra en agua o suelo que no haya sufrido algún tipo d contaminación fecal, por ello se considera como indicador universal (IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2007), registró un mayor valor en el punto 2 de 387,3 lo cual sugiere una mayor

contaminación fecal del agua en ese punto. El punto 7, fue donde se obtuvo un menor valor siendo éste de 264,9.

La alcalinidad, la cual es una medida de todas las sustancias alcalinas disueltas en agua (aquellas con pH superior a 7.0), se registró más alta en el punto 3 con un valor de 152,984, mientras que su valor más bajo fue en el punto 6 siendo de 130,104.

La conductividad, la cual es la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, se evidenció más alta en el punto 1 con un valor de 462,33, y con menor valor en el punto 4 con 372,66.

La Demanda biológica de oxígeno (DBO5) se registró con valores similares en los nueve puntos (<4,9 y <5,0). Esta es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un periodo de cinco días a 20 °C (IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2007).

La Dureza Total, la cual representa las concentraciones de calcio y magnesio, se evidenció mayor en el punto 4 con 113,63 y con menor valor en el punto 6 siendo de 103,19.

El parámetro de Fosforo total se registró con igual valor en todos los puntos de muestreo, siendo de < 0,15.

El pH registró un valor más alto en el punto 2 siendo de 8,27 y un menor valor en el punto 8 con 7,46, no obstante, en todos los puntos se evidenció basicidad en el agua.

Los Solidos suspendidos totales identificados en el agua fueron más en el punto 3 con un valor de 20,9 mientras que en el punto 6 se obtuvo un valor de 14,3 siendo este el más bajo.

En cuanto a la temperatura, tal como se puede evidenciar, se obtuvieron valores similares en todos los puntos, siendo la más alta registrada en el punto 1 con 34,06 mientras que el valor más bajo registrado fue en el punto 8 con 31,03.

6.2.5.2. Temporada de lluvias.

Tabla 11. Resultados de los parámetros fisicoquímicos temporada de lluvias.

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5	PUNTO 6	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9
Coliformes totales	NMP/100 ml	1963,6	2409,6	2198,1	2087,4	1745,3	1618,1	1876,8	2065,2	1809,2
Escherichia coli	NMP/100 ml	56,4	48,1	51,7	50,8	48,3	59,2	52,7	49,1	56,1
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	54,983	51,539	52,473	49,108	50,639	51,073	50,972	50,712	49,829
Conductividad	μS/cm	147,3	146,1	145,5	148,7	139,1	141,2	139,4	140,2	142,1
DBO5	mg O ₂ /L SM	0,2	0,5	0,5	0,2	0,3	0,5	0,2	0,5	0,5
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	60,25	60,05	59,97	61,27	63,59	62,26	67,32	62,76	61,01
Fósforo total	mg P /L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
PH	Unidades de (pH)	9,18	9,25	9,01	9,27	8,76	8,25	9,13	9,29	9,17
Solidos suspendidos totales	mg /L	197	204	199	181	165	141	176	162	174
Temperatura °C	°C	25,1	24,6	24,4	24,2	25,2	24,6	24,6	25,1	24,5
OXIGENOS DISUELTOS	Sat%	5	4,6	5,2	5	4,8	4,7	5,2	4,7	4,6

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla anterior, los cuales son acordes a la temporada de lluvia, se puede evidenciar que para el parámetro microbiológico de coliformes totales el valor más alto registrado fue en el punto 2 con 2409, 6 NMP/100 ml mientras que el punto más bajo registrado fue el 6, con un valor de 1618,1 NMP/100 ml. Estos valores disminuyeron con respecto a los registrados en la temporada de sequía, sin embargo, la diferencia entre estos no es amplia.

Para *Escherichia coli*, el valor más alto se encontró en el punto 1 con 56,4 NMP/100 ml mientras que el más bajo fue en el punto 2 con 48,1 NMP/100 ml. No obstante, los valores en general no difieren tanto entre un punto y el otro, lo que quiere decir que la presencia de esta bacteria se encuentra parcialmente uniforme en todo el tramo del río. Sin embargo, en comparación con la temporada de sequía, estos valores son significativamente menores. Este comportamiento puede explicarse a que en la temporada de lluvias aumenta el caudal del río lo que contribuye a un mayor proceso de dilución de las descargas y autodepuración con respecto a lo que sucede en la temporada de sequía (Jáuregui et al., 2007; Muñoz et al., 2012; Ospina, 2015, como se cita en Barahona, Luna y Romero, 2017).

En cuanto a la alcalinidad total, el valor más alto se obtuvo en el punto 1 con 54,983 mg CaCO₃ /L y el más bajo en el punto 4 con 49,108 mg CaCO₃ /L. Estos valores contrastan en gran manera con los registrados en la temporada de sequía, los cuales fueron significativamente altos. Teniendo en cuenta que la alcalinidad es la medida de la capacidad del agua para neutralizar el ácido de estas, en esta investigación el pH presenta valores neutrales con tendencia a básico, por lo cual el proceso de neutralización no se llevaría a cabo. Adicionalmente, de acuerdo con Núñez y Reyes (2016) en temporada seca este valor debería ser mayor en comparación con época lluviosa debido a que esta variable tiende a estar más concentrada por el bajo volumen de agua y el bajo efecto de dilución, lo cual se refleja en los valores registrados.

La conductividad, la cual mide la capacidad del agua para transferir corriente eléctrica, la cual se incrementa principalmente con el contenido de iones disueltos y la temperatura (Núñez y Reyes, 2016), por su parte fue más alta en el punto 4 con 148,7 μ S/cm mientras que el valor más bajo se obtuvo en el punto 5 con 139,1 μ S/cm. Estos valores son significativamente menores con respecto a los datos obtenidos en la temporada de sequía, los cuales ascienden a más de 350 μ S/cm. Esto puede deberse al aumento de la capacidad de dilución que adquiere el río al aumentar su caudal.

La DBO₅ fue más alta en los puntos 2, 3, 6, 8 y 9 con 0,5 mg O₂ /L SM, mientras que la más baja se encontró en los puntos 1, 4 y 7 con 0,2 mg O₂ /L SM. Estos valores son considerablemente menores con respecto a los obtenidos en la temporada de sequía.

La Dureza total tuvo valores similares en casi todos los puntos con un promedio de 60 mg CaCO_3 /L, el valor más alto se obtuvo en el punto 5 con 63,59 mg CaCO_3 /L y el punto con el valor más bajo registrado fue el 3 con 59,97 mg CaCO_3 /L. Estos valores son considerablemente menores con respecto a los obtenidos en la temporada de sequía.

En cuanto al fósforo total se obtuvieron los mismos valores en todos los puntos muestreados los cuales fueron de $<0,15$ mg P /L. Estos valores son los mismos tanto en época de sequía como de lluvia.

En cuanto al pH, estos valores fueron mayores en la temporada de lluvia que en las de sequía, aunque cabe resaltar que en ambas temporadas se obtuvieron valores por encima de 7 unidades, lo que indica la basicidad del agua muestreada en los diferentes puntos. Para la temporada de lluvia, los valores de pH fueron en promedio de 9,0 unidades, siendo el del punto 8 el más alto con 9,29 unidades mientras que el más bajo fue en el punto 6 con 8,25 unidades.

Los Sólidos suspendidos totales identificados en el agua fueron más en el punto 2 con un valor de 204 mg/L que en el punto 6 se obtuvo un valor de 141 mg/L siendo este el más bajo. Estos valores son significativamente mayores en la temporada de lluvia que en la temporada de sequía para el tramo estudiado. Las altas variaciones temporales del SST están asociadas principalmente con el ciclo hidrológico y tienden a aumentar en la época lluviosa y a disminuir en la seca. Este aumento en la carga de sólidos cobra gran relevancia en lo concerniente a la calidad del recurso hídrico y el ordenamiento de las cuencas hidrográficas, ya que tiene una relación directa con la producción de sedimentos y la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. En diversos estudios se ha demostrado que el deterioro ambiental de varias cuencas a nivel nacional se ha asociado con la carga de sedimentos (Restrepo, et al., 2015; Restrepo & Escobar, 2016, como se cita en Benjumea, Suárez & Villabona, 2018).

En cuanto a la temperatura, la más alta registrada fue en el punto 5 con 25,2 °C, mientras que la más baja fue en el punto 4, con 24,2 °C. Se puede evidenciar que en temporadas de lluvias estos valores tienden a descender en comparación la temporada de sequía.

El oxígeno disuelto (OD) el cual es un indicador de la cantidad de oxígeno libre en el agua para sostener la vida de las especies acuáticas, se registró en mayor cantidad en los puntos 3 y 7 con un valor de 5,2 Mg/L. Mientras que los valores más bajos se registraron en los puntos 2 y 9 con un valor de 4,6 ppm. No obstante, se puede evidenciar que se mantiene cierto promedio en los nueve puntos, sin una marcada diferencia entre ellos.

El pH y el oxígeno disuelto (OD) son variables importantes para las actividades metabólicas de los organismos acuáticos que descomponen la materia orgánica, por lo que su variación en los sistemas acuáticos refleja la incidencia de dichos procesos y la presencia de este tipo de material (Benjumea, Suárez & Villabona, 2018). La tendencia a registrar bajas concentraciones de oxígeno disuelto indica un gran consumo de este gas, posiblemente por microorganismos, ya que la oxidación de la materia orgánica es el principal factor de consumo (Roldán & Ramírez, 2008 como se cita en Benjumea, Suárez & Villabona, 2018). Los niveles de oxígeno disuelto típicamente pueden variar de 0 - 18 partes por millón (ppm) aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 - 6 ppm para soportar una diversidad de vida acuática (Peña, 2007). Por tanto, teniendo en cuenta los valores obtenidos en esta investigación, se encuentran dentro de un mínimo aceptable.

6.3.ETAPA 2: aplicación del índice biológico BMWP/Col a partir de los macroinvertebrados acuáticos y del índice de contaminación ICO teniendo en cuenta los parámetros físico – químicos.

6.3.1. Cálculo del índice BMWP/COL.

Teniendo en cuenta la información obtenida a partir del proceso de identificación de los macroinvertebrados en cada uno de los sitios de muestreo del tramo del río Cesar hasta el nivel de familias (ver **6.2.3**) se calculó el índice de BMWP/COL teniendo en cuenta la metodología propuesta para obtener el resultado. Los puntajes se establecieron según la presencia de familias por cada tramo estudiado y no por la cantidad de especies identificadas a lo largo de los sitios de muestro; este puntaje se asignó teniendo en cuenta la **Tabla 2.**, el puntaje se proporcionó por cada tramo estudiado de la siguiente manera: ZONA ALTA – ZONA MEDIA – ZONA BAJA. Su

categorización de agua se tuvo en cuenta la Tabla 3. A continuación, se presenta los resultados pertinentes.

Tabla 12. Puntaje del BMWP/COL en tramos del río Cesar durante la temporada de sequía

PUNTAJE BMWP/COL EN TEMPORADA SEQUIA (Tramos del río Cesar)						
Philum	Clase	Orden	Familia	Tramos estudiados		
				Zona Alta Puntaje	Zona Media Puntaje	Zona Baja Puntaje
<u>Artrópoda</u>	Insecta	<u>Hemíptera</u>	Naucoridae	8		
			Notonectidae	5		
			Pleidae	6		
		<u>Coleóptera</u>	Elmidae	6	6	
			Ptilodactylidae	10	10	10
			Pshephenidae	10	10	10
			Limnichidae	6		
			Lampyridae		10	
			Gyrinidae		5	
		<u>Ephemeroptera</u>	Baetidae	7		
			Oligoneuriidae		9	
			Leptophlebiidae	9	9	9
			Tricorythidae	9	9	
			Euthyplociidae			9
		<u>Trichoptera</u>	Glossosomatidae	7	7	
			Calamoceratidae	8	8	
		<u>Odonata</u>	Libellulidae	5	5	
			Megapodagrionidae	6		
			Lestidae			7
			Aeshnidae		6	
			Polythoridae		10	
			Coenagrionidae	7	7	7
	Crustáceo	<u>Decapoda</u>	Pseudothelpusidae	8		
	Arachnoidea	<u>Acari</u>	Hydrachinidae	8		
<u>Platyhelminthes</u>	Turbellaria	<u>Tricladida</u>	Planariidae	0	0	0
Puntaje final BMWP/COL por tramos				125	111	52
Muy Bueno				101-120 >150		
Bueno				61 - 100		
Regular				36 - 60		
Malo				16 - 35		
Muy Malo				<15		

Ilustración 13. Puntaje y calificación del índice BMWP/COL en temporada de sequía para los tramos del río Cesar.

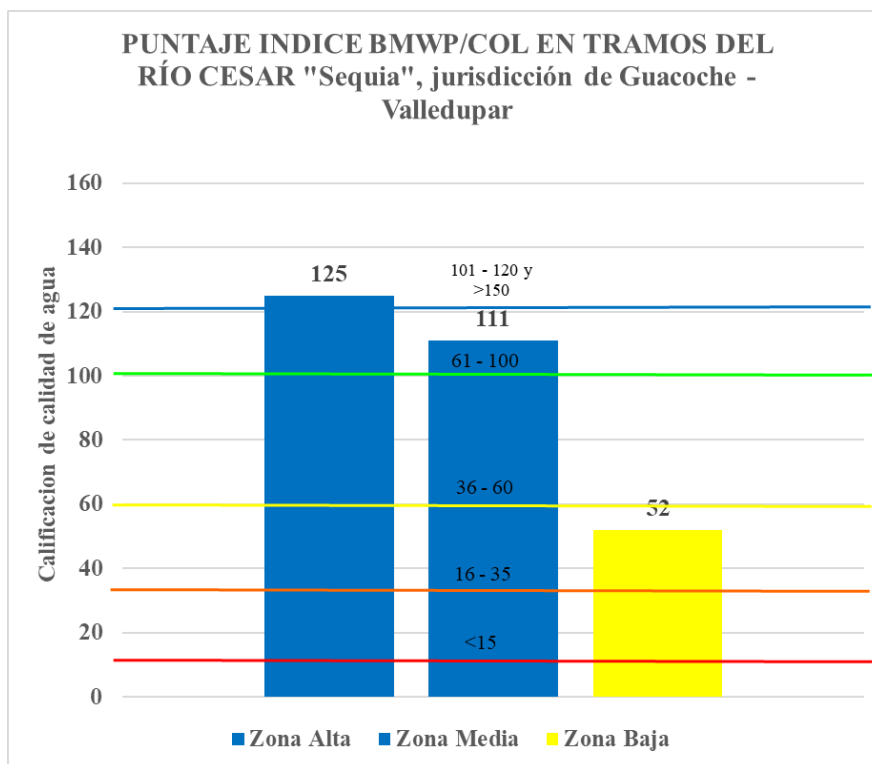


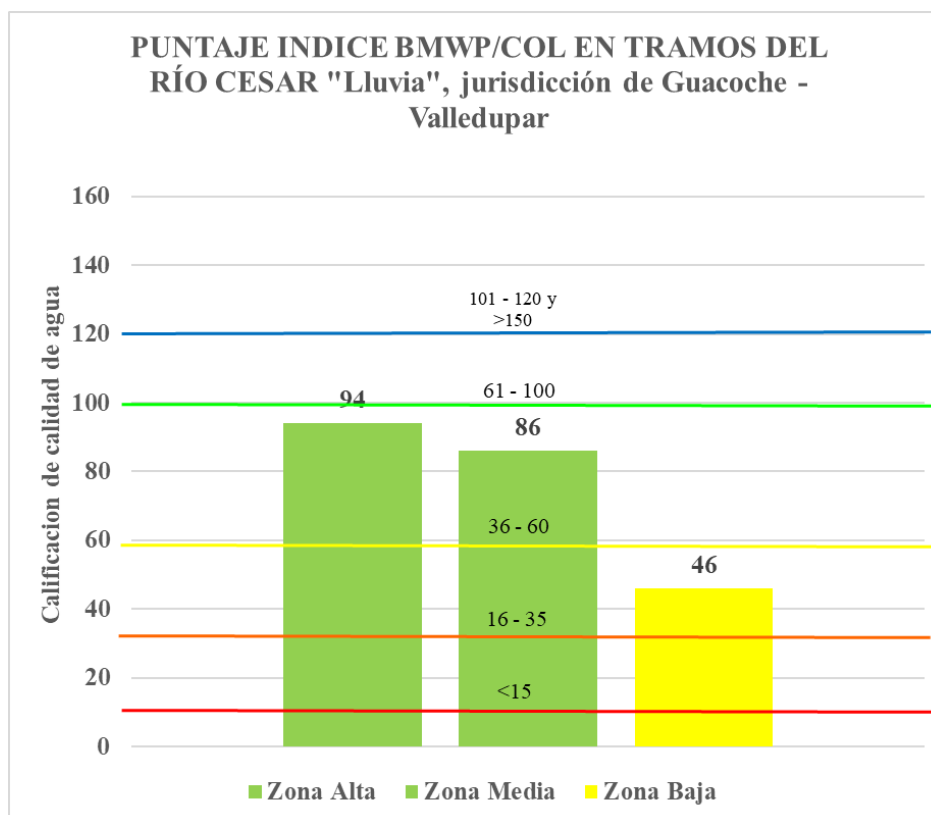
Tabla 13. Puntaje del BMWP/COL en tramos del río Cesar durante la temporada de lluvia

PUNTAJE BMWP/COL EN TEMPORADA LLUVIA (Tramos del río Cesar)						
Philum	Clase	Orden	Familia	Número de individuos		
				Zona Alta Puntaje	Zona Media Puntaje	Zona Baja Puntaje
<u>Artrópoda</u>	Insecta	<u>Hemíptera</u>	Naucoridae	8	8	8
			Pleidae	6		
		<u>Coleoptera</u>	Elmidae	6		
			Ptilodactylidae	10	10	
			Psephenidae	10	10	
			Lampyridae	10		10
		<u>Ephemeroptera</u>	Leptophlebiidae	9	9	9
			Euthyplociidae	9	9	9
			Polymitarciidae		10	10
		<u>Plecoptera</u>	Perlidae		10	
		<u>Odonata</u>	Libellulidae	5	5	
			Aeshnidae	6		
			Coenagrionidae	7	7	

PUNTAJE BMWP/COL EN TEMPORADA LLUVIA (Tramos del río Cesar)

Philum	Clase	Orden	Familia	Número de individuos		
				Zona Alta Puntaje	Zona Media Puntaje	Zona Baja Puntaje
<u>Mollusca</u>	Gastropoda	<u>Basommatophora</u>	Planorbiidae	8	8	
<u>Platyhelminthes</u>	Turbellaria	<u>Tricladida</u>	Planariidae			0
Puntaje final BMWP/COL por tramos				94	86	46
Aguas no contaminadas – muy limpias (>150)				101-120 >150		
Ligeramente contaminadas				61 - 100		
Moderadamente contaminadas				36 - 60		
Muy contaminadas				16 - 35		
Fuertemente contaminadas				<15		

Ilustración 14. Puntaje y calificación del índice BMWP/COL en temporada de lluvia para los tramos del río Cesar.



Con relación a los resultados arrojados por el índice BMWP/COL en ambas temporadas del año entre los meses de junio a septiembre a partir de la identificación de los macroinvertebrados

se pudo concluir que, en las zonas alta y media del tramo del río Cesar presentaron por la temporada de lluvia unas condiciones de calidad de agua no contaminadas y, por otro lado, unas condiciones de agua durante el periodo de lluvias ligeramente contaminadas; mientras que, para ambas temporadas en la zona baja cambia su condición de calidad de agua a moderadamente contaminadas. Para la temporada de sequía, las familias predominantes que lograron que en la temporada de sequía mantuviera su calidad de aguas no contaminadas fueron: Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Elmidae, Ptilodactylidae, Pshephenidae, Limnichidae, Lampyridae, Gyrinidae, Baetidae, Oligoneuriidae, Leptophlebiidae, Tricorythidae, Euthyplociidae, Glossosomatidae, Calamoceratidae, Pseudothelpusidae, Hydrachinidae.

Por su parte para la temporada de lluvias disminuyó considerablemente la cantidad de familias con respecto a la temporada anterior, las principales familias con altos puntajes que lograran la calidad de agua ligeramente contaminadas fueron: Naucoridae, Pleidae, Elmidae, Ptilodactylidae, Psephenidae, Lampyridae, Leptophlebiidae, Euthyplociidae, Polymitarciidae, Perlidae. Si se logra visualizar hubo una disminución de familias con buena puntuación entre temporadas de aproximadamente 10 familias, lo cual afectó su calidad; en donde se pudo evidenciar la contaminación considerable que sufre el curso del río durante la temporada de lluvia debido al arrastre de sólidos y de otras sustancias y contaminantes que afecta de manera considerable el cauce y naturalidad del río, sobre todo, de aquellas actividades que se realizan en las orillas del río estudiado. Además, la ausencia de taxones entre temporadas puede ser específicamente a la poca tolerancia que pueden tener algunas familias ante un grado de contaminación que, alteran el ecosistema acuático y así, cambiar su característica o condición durante el estudio.

Por su parte, para ambas temporadas en la zona baja del río Cesar; la calidad del agua al final del curso hídrico fue de aguas moderadamente contaminadas. Esto se debe principalmente a la presencia de por lo menos 15 familias con puntuación baja que hicieron que cambiaran su calidad entre tramo y tramo; algunas familias que estuvieron presentes en dicha zona fueron: Naucoridae, Pleidae, Elmidae, Ptilodactylidae, Psephenidae, Lampyridae, Leptophlebiidae, Euthyplociidae, Polymitarciidae, Perlidae, Libellulidae, Aeshnidae, Coenagrionidae, Planorbiidae, Planariidae. Ante esta situación, se pudo evidenciar que; hubo cambios y alteraciones

en el trayecto del río, en donde provocó la reducción de familias ya sea por las condiciones del sustrato, contaminantes existentes, actividades cercanas a las orillas del río y entre otras variables que afectaron el hábitat de estas especies; tal como lo menciona Roldán donde la variabilidad se relaciona con el aumento del caudal acompañado de rápidas, inundaciones y cargas altas de sedimentos, variables fisicoquímicas (pH, temperatura, alcalinidad, dureza, fosfato y demás) arrastraría los taxones presentes en los sustratos y alteran su hábitat haciendo que sus condiciones sean limitadas (Roldán, 1988).

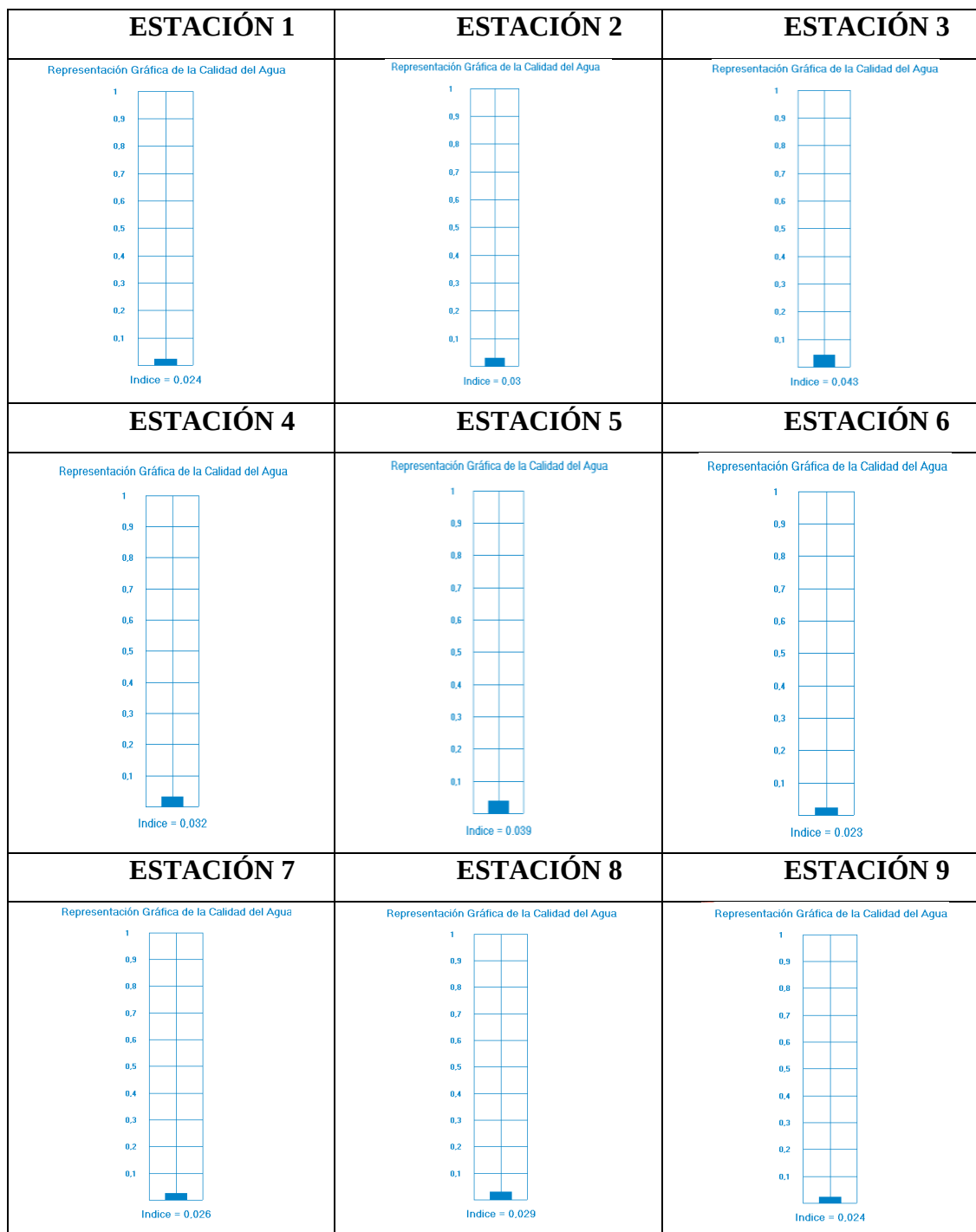
6.3.2. Implementación del índice de contaminación ICO.

Los índices de contaminación (ICO), aplicados en los tres tramos de estudio fue complementario al índice BMWP/Col determinado en la etapa anterior (ver ítem **6.3**), con la finalidad de evaluar la calidad del agua del tramo del río Cesar, jurisdicción de Guacoeche – Valledupar. Para ello se tomó los resultados de los análisis de los parámetros físico – químicos analizados (ver ítem ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

6.3.2.1. Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS). Teniendo en cuenta los sólidos suspendidos totales obtenidos en las temporadas de sequía y lluvias, se procedió a determinar el índice de contaminación sólidos suspendidos (ICOSUS) en los nueve puntos muestreados a través del programa ICATEST v1.0.

Para la temporada de sequía en las nueve estaciones muestreadas, los resultados del índice ICOSUS y sus variables arrojaron valores muy parecidos entre sí, indicando algún tipo de contaminación presente de acuerdo con los parámetros estudiados, por tanto, se asignó el color azul, que indica que no hay contaminación. Por lo anterior, se logró establecer que, durante la temporada de sequía, el índice de contaminación ICOSUS calculado en la zona de estudio indicó que: la calidad del agua es baja. A continuación, se muestran los gráficos del índice ICOSUS para los nueve tramos estudiados en temporada de sequía arrojados por el software ICATest 1.0.

Ilustración 15. Resultados del índice ICOSUS para las 9 estaciones de estudio en temporada de sequía.



A continuación, se relaciona el reporte de los nueve puntos objeto de estudio para el ICOSUS de acuerdo con el parámetro que lo conforma (Sólidos Suspendidos) para la temporada de sequía.

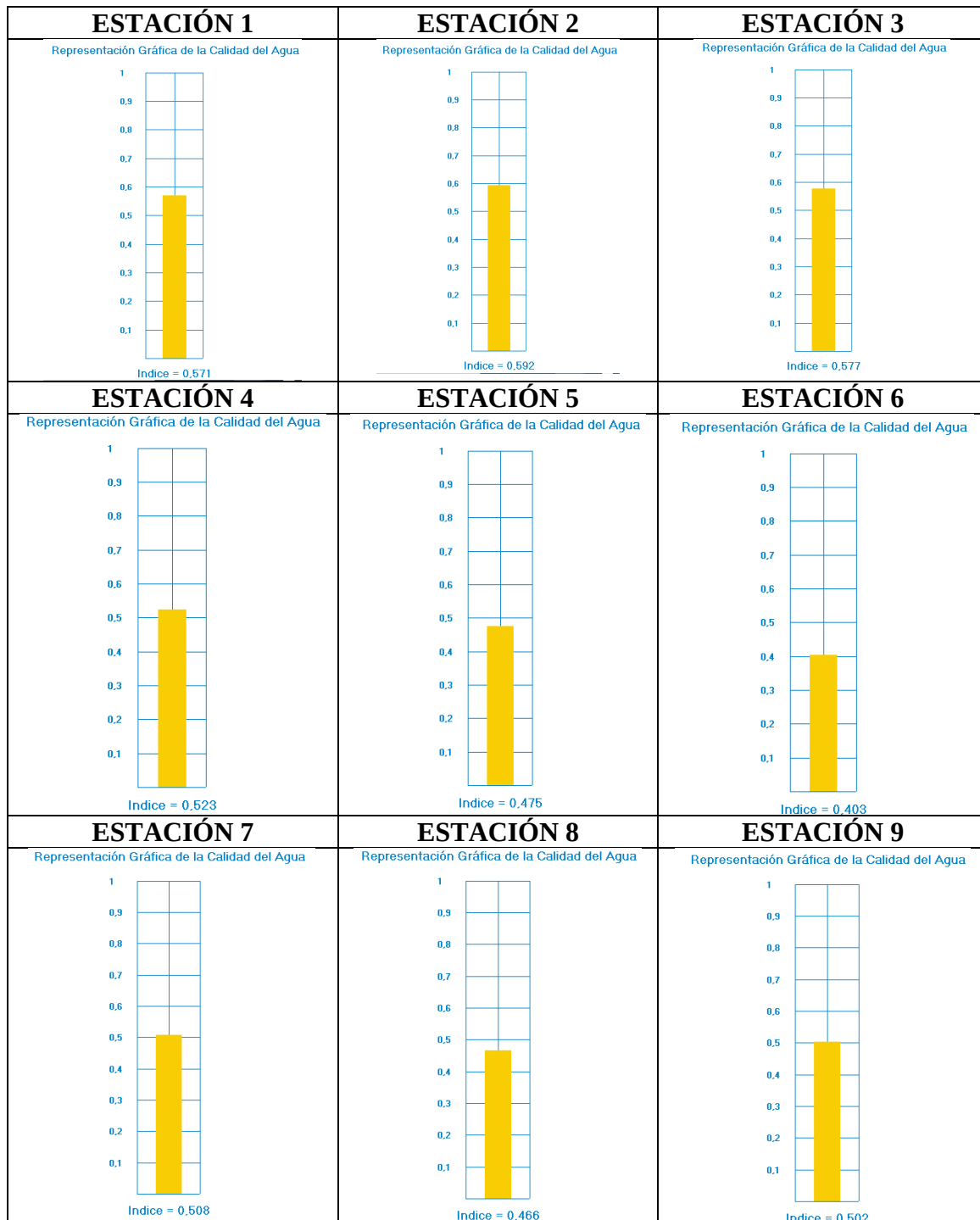
Tabla 14. Reporte ICOSUS para los tramos de estudio en temporada de sequía.

ICATest versión 1.0: REPORTE ICOSUS PARA LAS 9 ESTACIONES DE ESTUDIO				
TEMPORADA DE SEQUÍA				
SITIOS DE MUESTREO		E1	E2	E3
VALOR DEL INDICE		0,024	0,03	0,043
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Ninguno	Ninguno	Ninguno
RANGO		0– 0,2	0– 0,2	0– 0,2
COLOR		Azul	Azul	Azul
RESULTADO DE PARAMETROS	Sólidos suspendidos (mg/L)	14,8	16,5	20,9
SITIOS DE MUESTREO		E4	E5	E6
VALOR DEL INDICE		0,032	0,039	0,023
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Ninguno	Ninguno	Ninguno
RANGO		0– 0,2	0– 0,2	0– 0,2
COLOR		Azul	Azul	Azul
RESULTADO DE PARAMETROS	Sólidos suspendidos (mg/L)	17,4	19,5	14,3
SITIOS DE MUESTREO		E7	E8	E9
VALOR DEL INDICE		0,026	0,029	0,024
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Ninguno	Ninguno	Ninguno
RANGO		0– 0,2	0– 0,2	0– 0,2
COLOR		Azul	Azul	Azul
RESULTADO DE PARAMETROS	Sólidos suspendidos (mg/L)	15,4	16,3	14,5

Nota: tomado y adaptado de (Herrera & Navarro, 2019).

Para la temporada de lluvias en las nueve estaciones muestreadas, los resultados del índice ICOSUS y sus variables arrojaron valores muy parecidos entre sí, indicando algún tipo de contaminación presente de acuerdo con los parámetros estudiados, por tanto, se asignó el color amarillo, que indica que hay un grado de contaminación medio. Por lo anterior, se logró establecer que, durante la temporada de lluvias, el índice de contaminación ICOSUS calculado en la zona de estudio indicó que: la calidad del agua es media. A continuación, se muestran los gráficos del índice ICOSUS para los nueve tramos estudiados en temporada de sequía arrojados por el software ICATest 1.0.

Ilustración 16. Resultados del índice ICOSUS para las 9 estaciones de estudio en temporada de lluvia.



A continuación, se relaciona el reporte de los nueve puntos objeto de estudio para el ICOSUS de acuerdo con el parámetro que lo conforma (Sólidos Suspendidos) para la temporada de lluvias.

Tabla 15. Reporte ICOSUS para los tramos de estudio en temporada de lluvia.

ICATest versión 1.0: REPORTE ICOSUS PARA LAS 9 ESTACIONES DE ESTUDIO				
TEMPORADA DE LLUVÍAS				
SITIOS DE MUESTREO		E1	E2	E3
VALOR DEL INDICE		0,571	0,592	0,577
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Medio	Ninguno	Ninguno
RANGO		0,4– 0,6	0– 0,2	0– 0,2
COLOR		Amarillo	Amarillo	Amarillo
RESULTADO DE PARAMETROS	Sólidos suspendidos (mg/L)	197	204	199
SITIOS DE MUESTREO		E4	E5	E6
VALOR DEL INDICE		0,523	0,475	0,403
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Medio	Medio	Medio
RANGO		0,4– 0,6	0,4– 0,6	0,4– 0,6
COLOR		Amarillo	Amarillo	Amarillo
RESULTADO DE PARAMETROS	Sólidos suspendidos (mg/L)	181	165	141
SITIOS DE MUESTREO		E7	E8	E9
VALOR DEL INDICE		0,508	0,466	0,502
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Medio	Medio	Medio
RANGO		0,4– 0,6	0,4– 0,6	0,4– 0,6
COLOR		Amarillo	Amarillo	Amarillo
RESULTADO DE PARAMETROS	Sólidos suspendidos (mg/L)	176	162	174

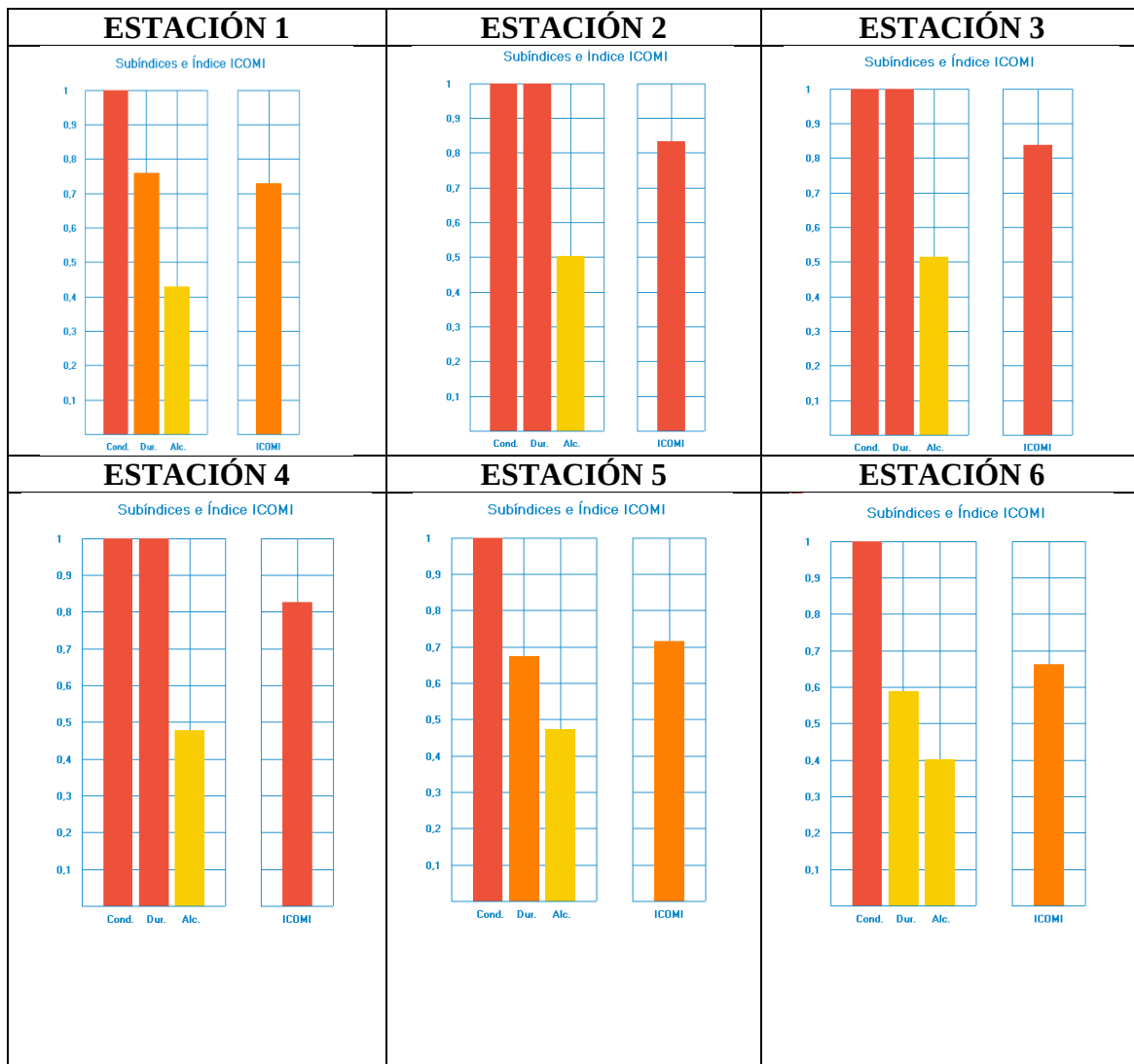
Nota: tomado y adaptado de (Herrera & Navarro, 2019).

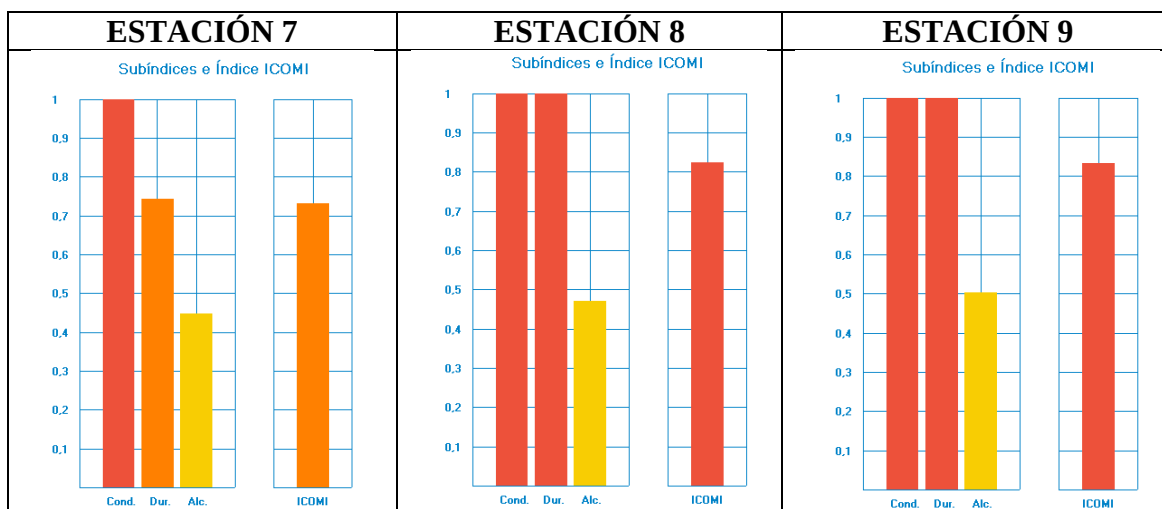
6.3.2.2. Índice de contaminación por mineralización ICOMI. Teniendo en cuenta los parámetros de conductividad, dureza y alcalinidad obtenidos en las temporadas de sequía y lluvias, se procedió a determinar el índice de contaminación de las aguas por mineralización (ICOMI) en los nueve puntos muestreados a través del programa ICATEST v1.0.

Para la temporada de sequía en las nueve estaciones muestreadas, los resultados del índice ICOMI y sus variables arrojaron valores muy similares entre sí, indicando algún tipo de contaminación presente de acuerdo con los parámetros estudiados, por tanto, se asignaron los

colores, naranja y rojo, que indican grados de contaminación alto y muy alto, respectivamente. Por lo anterior, se logró establecer que, durante la temporada de sequía, el índice de contaminación ICOMI calculado en la zona de estudio indicó que: la calidad del agua es baja. A continuación, se muestran los gráficos del índice ICOMI para los nueve tramos estudiados en temporada de sequía arrojados por el software ICATest 1.0.

Ilustración 17. Resultados del índice ICOMI para las 9 estaciones de estudio en temporada de sequía.





A continuación, se relaciona el reporte de los nueve puntos objeto de estudio para el ICOMI de acuerdo con parámetros que lo conforma (Conductividad, Dureza y Alcalinidad) para la temporada de sequía.

Tabla 16. Reporte ICOMI para las estaciones de estudio en temporada de sequía.

ICATest versión 1.0: REPORTE ICOMI PARA LAS 9 ESTACIONES DE ESTUDIO				
TEMPORADA DE SEQUÍA				
SITIOS DE MUESTREO		E1	E2	E3
VALOR DEL INDICE		0,73	0,834	0,838
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Alto	Muy Alto	Muy Alto
RANGO		0,6 – 0,8	0,8 – 1	0,8 – 1
COLOR		Naranja	Rojo	Rojo
RESULTADO DE PARAMETROS	Conductividad (µS/cm)	462,33	404,66	380,66
	Vr subíndice	1	1	1
	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	109,34	113,41	112,56
	Vr subíndice	0,76	1	1
	Alcalinidad (mg CaCO ₃ /L)	136,003	150,484	152,984
	Vr subíndice	0,43	0,502	0,515
SITIOS DE MUESTREO		E4	E5	E6
VALOR DEL INDICE		0,826	0,715	0,663
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Muy Alto	Alto	Alto
RANGO		0,8 – 1	0,6 – 0,8	0,6 – 0,8
COLOR		Rojo	Naranja	Naranja
Conductividad		372,66	392,22	401,33

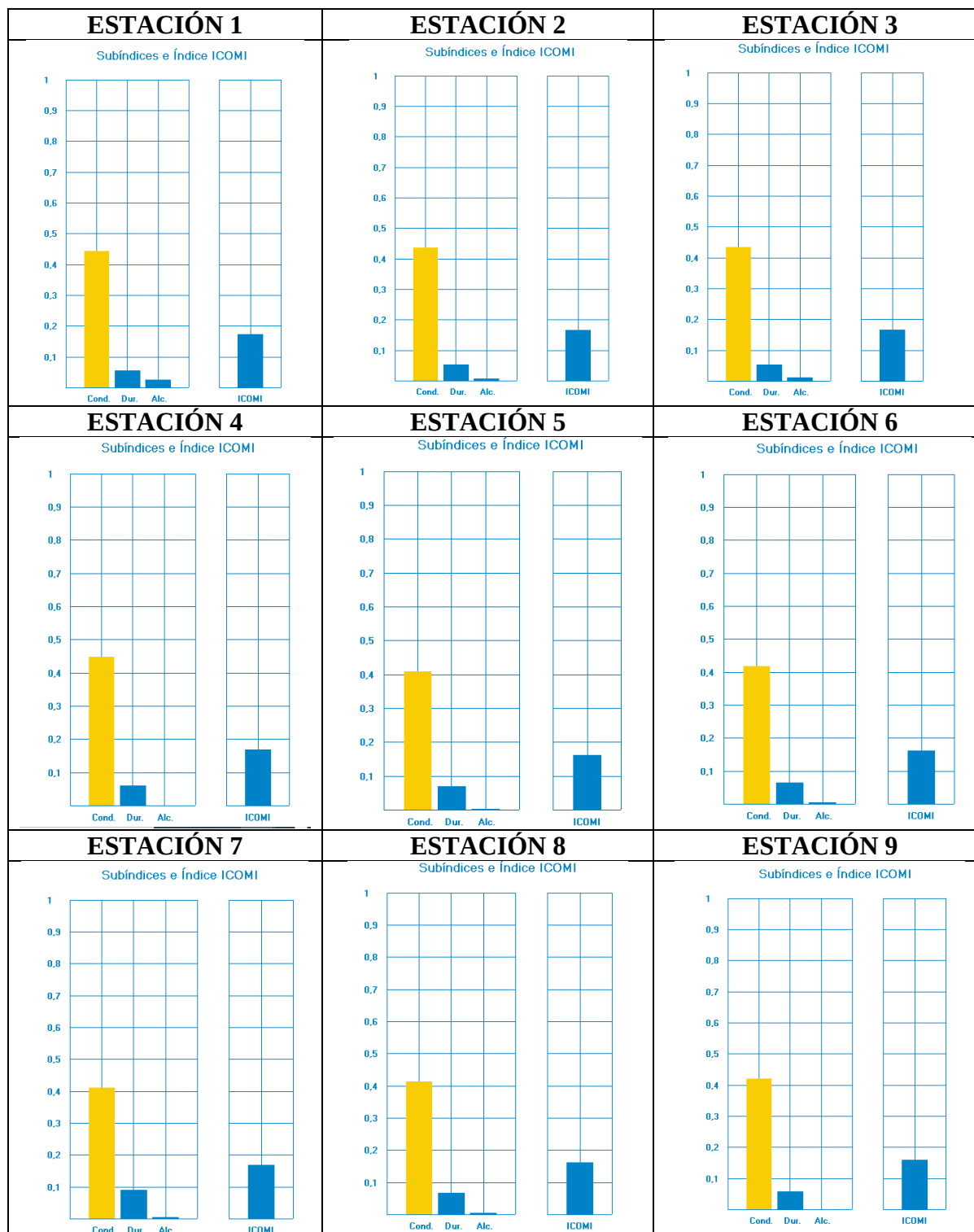
**ICATest versión 1.0: REPORTE ICOMI PARA LAS 9 ESTACIONES DE
ESTUDIO
TEMPORADA DE SEQUÍA**

SITIOS DE MUESTREO		E1	E2	E3
RESULTADO DE PARAMETROS	($\mu\text{S}/\text{cm}$) Vr subíndice	1	1	1
	Dureza ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$) Vr subíndice	113,63	106,41	103,19
	Alcalinidad ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$) Vr subíndice	1	0,674	0,589
		145,497	144, 361	130,104
		0,477	0,472	0,401
SITIOS DE MUESTREO		E7	E8	E9
VALOR DEL INDICE		0,731	0,824	0,834
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Alto	Muy Alto	Muy Alto
RANGO		0,6 – 0,8	0,8 – 1	0,8 – 1
COLOR		Naranja	Rojo	Rojo
RESULTADO DE PARAMETROS	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) Vr subíndice	376,66	381,66	374,33
	Dureza ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$) Vr subíndice	1	1	1
		108,82	111,23	110,28
		0,744	1	1
	Alcalinidad ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$) Vr subíndice	139,532	144,256	150,324
		0,448	0,471	0,502

Nota: tomado y adaptado de (Herrera & Navarro, 2019).

Para la temporada de lluvias en las nueve estaciones muestreadas, los resultados del índice ICOMI y sus variables arrojaron valores muy similares entre sí, indicando algún tipo de contaminación presente de acuerdo con los parámetros estudiados, por tanto, se asignó el color azul, que indica que no hay grado de contaminación alguno. Por lo anterior, se logró establecer que, durante la temporada de lluvias, el índice de contaminación ICOMI calculado en la zona de estudio indicó que: la calidad del agua es alta. A continuación, se muestran los gráficos del índice ICOMI para los nueve tramos estudiados en temporada de sequía arrojados por el software ICATest 1.0.

Ilustración 18. Resultados del índice ICOMI para las 9 estaciones de estudio en temporada de lluvias.



A continuación, se relaciona el reporte de los nueve puntos objeto de estudio para el ICOMI de acuerdo con parámetros que lo conforma (Conductividad, Dureza y Alcalinidad) para la temporada de lluvias.

Tabla 17. Reporte ICOMI para las estaciones de estudio en temporada de lluvias.

ICATest versión 1.0: REPORTE ICOMI PARA LAS 9 ESTACIONES DE ESTUDIO				
TEMPORADA DE LLUVÍAS				
SITIOS DE MUESTREO		E1	E2	E3
VALOR DEL INDICE		0,174	0,166	0,167
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Ninguno	Ninguno	Ninguno
RANGO		0 – 0,2	0 – 0,2	0 – 0,2
COLOR		Azul	Azul	Azul
RESULTADO DE PARAMETROS	Conductividad (μS/cm)	147,3	146,1	145,5
	Vr subíndice	0,442	0,437	0,435
	Dureza (mg CaCO₃/L)	60,25	60,05	59,97
	Vr subíndice	0,055	0,054	0,054
	Alcalinidad (mg CaCO₃/L)	54,983	51,539	52,473
	Vr subíndice	0,025	0,008	0,012
SITIOS DE MUESTREO		E4	E5	E6
VALOR DEL INDICE		0,169	0,161	0,162
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Ninguno	Ninguno	Ninguno
RANGO		0 – 0,2	0 – 0,2	0 – 0,2
COLOR		Azul	Azul	Azul
RESULTADO DE PARAMETROS	Conductividad (μS/cm)	148,7	139,1	141,2
	Vr subíndice	0,448	0,409	0,418
	Dureza (mg CaCO₃/L)	61,27	63,59	62,26
	Vr subíndice	0,059	0,07	0,064
	Alcalinidad (mg CaCO₃/L)	49,108	50,639	51,073
	Vr subíndice	0	0,003	0,005
SITIOS DE MUESTREO		E7	E8	E9
VALOR DEL INDICE		0,168	0,161	0,160
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Ninguno	Ninguno	Ninguno
RANGO		0 – 0,2	0 – 0,2	0 – 0,2
COLOR		Azul	Azul	Azul
RESULTADO DE PARAMETROS	Conductividad (μS/cm)	139,4	140,2	142,1

**ICATest versión 1.0: REPORTE ICOMI PARA LAS 9 ESTACIONES DE
ESTUDIO
TEMPORADA DE LLUVÍAS**

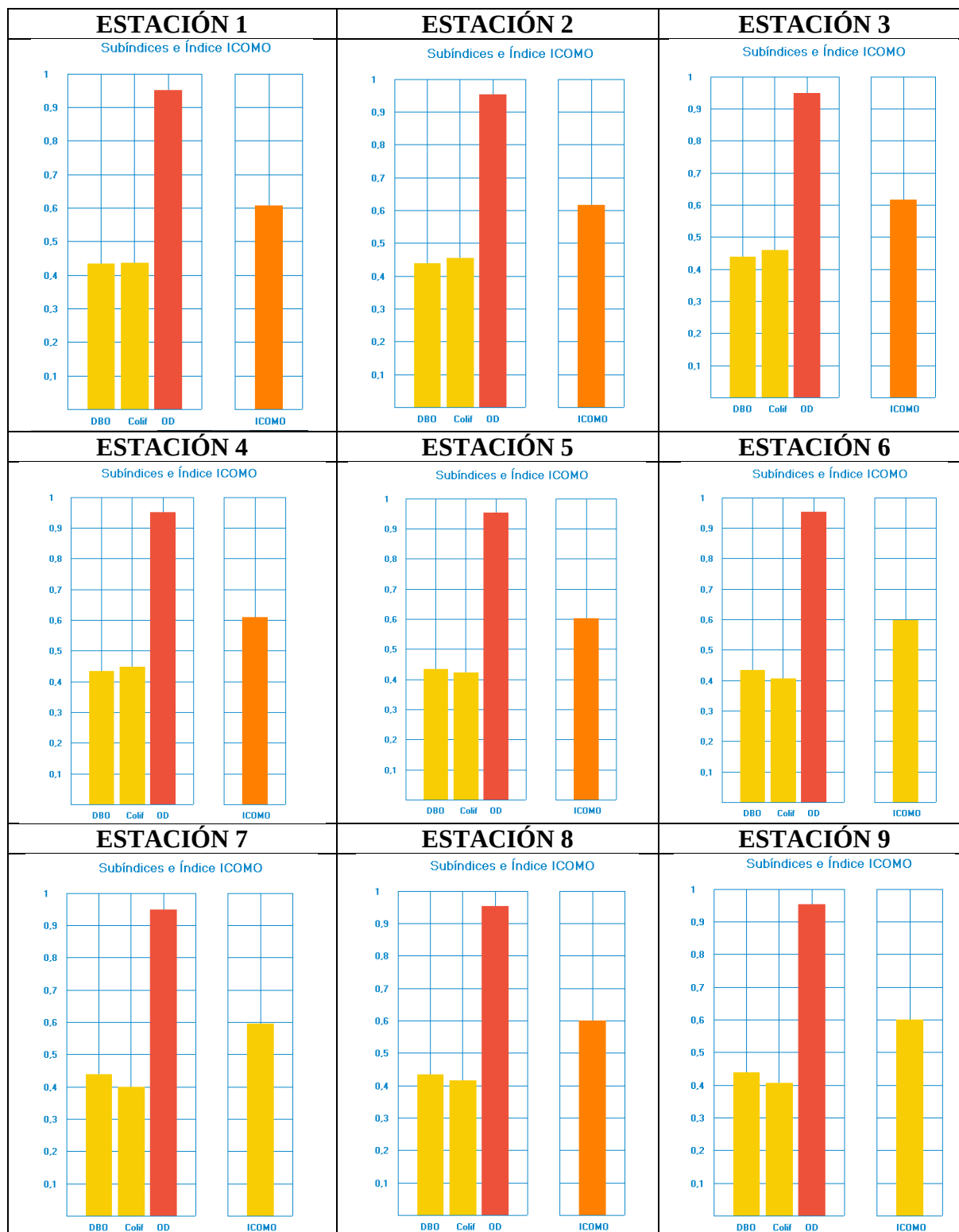
SITIOS DE MUESTREO		E1	E2	E3
	Vr subíndice	0,41	0,414	0,421
	Dureza	67,32	62,76	61,01
	(mg CaCO ₃ /L)			
	Vr subíndice	0,09	0,066	0,058
	Alcalinidad	50,972	50,712	49,829
	(mg CaCO ₃ /L)			
	Vr subíndice	0,005	0,004	0

Nota: tomado y adaptado de (Herrera & Navarro, 2019).

6.3.2.3. Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO). Teniendo en cuenta los parámetros de DBO, Coliformes Fecales y Oxígeno Disuelto obtenidos en las temporadas de sequía y lluvias, se procedió a determinar el índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) en los nueve puntos muestreados a través del programa ICATESTv1.0.

Para la temporada de sequía en las nueve estaciones muestreadas, los resultados del índice ICOMO y sus variables arrojaron valores muy similares entre sí, indicando algún tipo de contaminación presente de acuerdo con los parámetros estudiados, por tanto, se asignaron los colores, amarillo y naranja, que indican grados de contaminación medio y alto, respectivamente. Por lo anterior, se logró establecer que, durante la temporada de sequía, el índice de contaminación ICOMO calculado en la zona de estudio indicó que: la calidad del agua es media - baja. A continuación, se muestran los gráficos del índice ICOMO para los nueve tramos estudiados en temporada de sequía arrojados por el software ICATest 1.0.

Ilustración 19. Resultados del índice ICOMO para las 9 estaciones de estudio en temporada de sequías.



A continuación, se relaciona el reporte de los nueve puntos objeto de estudio para el ICOMO de acuerdo con parámetros que lo conforma (DBO, Coliformes fecales y Oxígeno Disuelto) para la temporada de sequía.

Tabla 18. Reporte ICOMO para las estaciones de estudio en temporada de sequía.

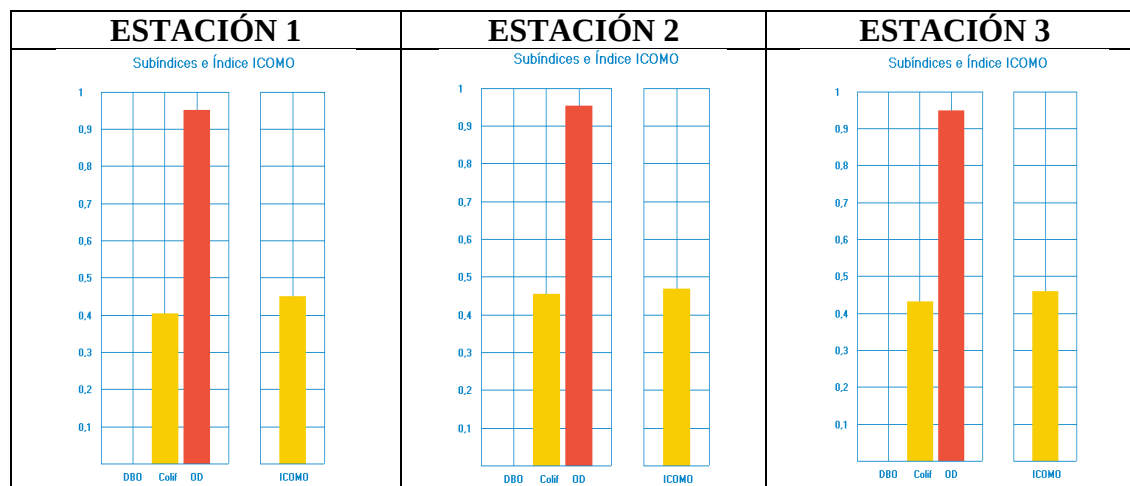
ICATest versión 1.0: REPORTE ICOMO PARA LAS 9 ESTACIONES DE ESTUDIO				
TEMPORADA DE SEQUÍA				
SITIOS DE MUESTREO		E1	E2	E3
VALOR DEL INDICE		0,607	0,616	0,616
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Alto	Alto	Alto
RANGO		0,6 – 0,8	0,6 – 0,8	0,6 – 0,8
COLOR		Naranja	Naranja	Naranja
RESULTADO DE PARAMETROS	DBO (mg/L)	4,9	5	5
	Vr subíndice	0,433	0,439	0,439
	Coliformes fecales (NMP/100 mL))	2247,2	2419,6	2468,1
	Vr subíndice	0,437	0,455	0,46
	Oxígeno Disuelto (%Sat.)	5	4,6	5,2
	Vr subíndice	0,95	0,954	0,948
SITIOS DE MUESTREO		E4	E5	E6
VALOR DEL INDICE		0,61	0,603	0,598
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Alto	Alto	Medio
RANGO		0,6 – 0,8	0,6 – 0,8	0,4 – 0,6
COLOR		Naranja	Naranja	Amarillo
RESULTADO DE PARAMETROS	DBO (mg/L)	4,9	4,9	4,9
	Vr subíndice	0,433	0,433	0,433
	Coliformes fecales (NMP/100 mL))	2339,4	2119,1	1986,6
	Vr subíndice	0,447	0,423	0,407
	Oxígeno Disuelto (%Sat.)	5	4,8	4,7
	Vr subíndice	0,95	0,952	0,953
SITIOS DE MUESTREO		E7	E8	E9
VALOR DEL INDICE		0,596	0,6	0,599
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Medio	Medio	Medio
RANGO		0,4 – 0,6	0,4 – 0,6	0,4 – 0,6
COLOR		Amarillo	Amarillo	Amarillo

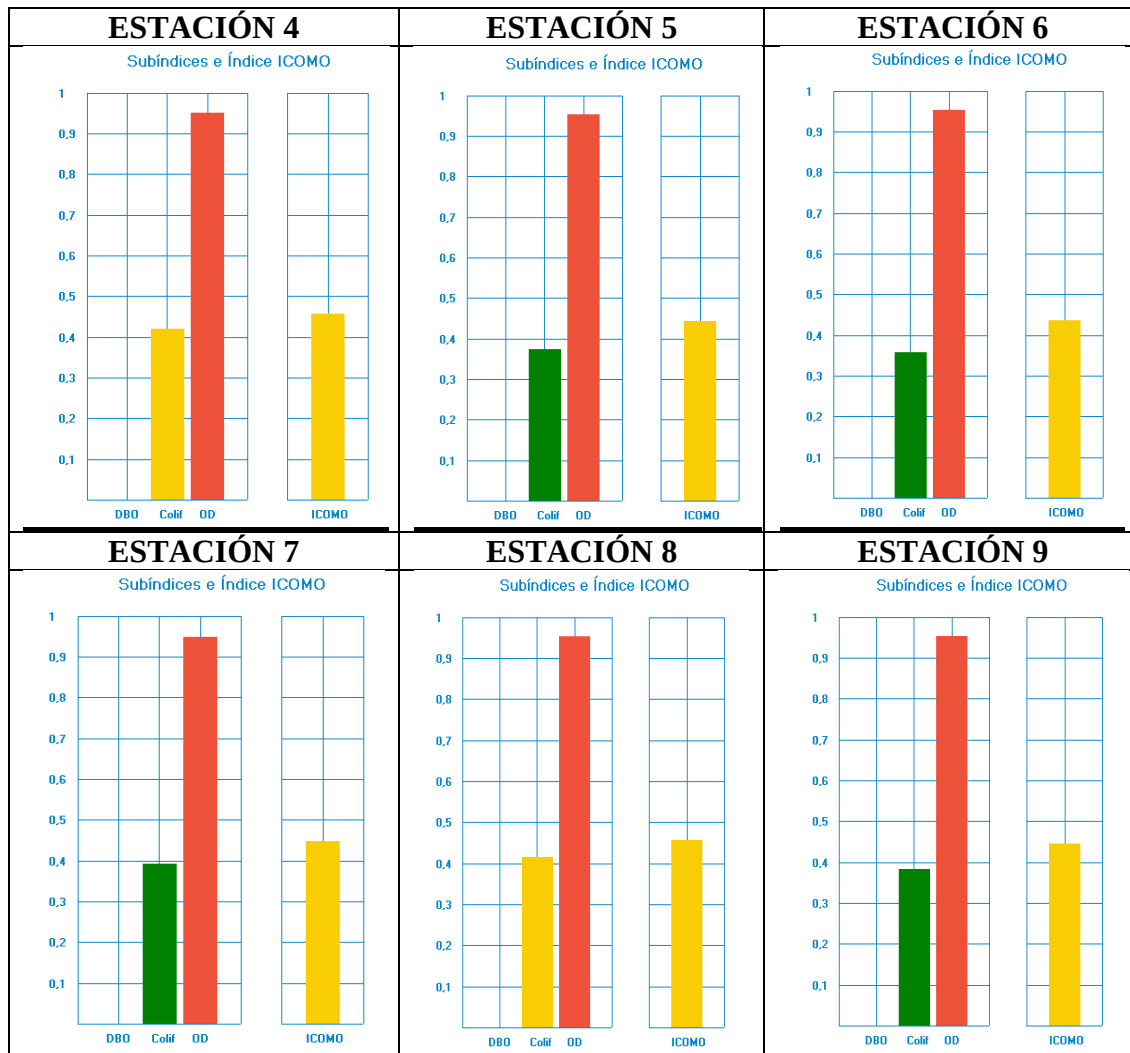
ICATest versión 1.0: REPORTE ICOMO PARA LAS 9 ESTACIONES DE ESTUDIO TEMPORADA DE SEQUÍA				
SITIOS DE MUESTREO		E1	E2	E3
RESULTADO DE PARAMETROS	DBO (mg/L)	5	4,9	5
	Vr subíndice	0,439	0,433	0,439
	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	1934,5	2056,4	1972,6
	Vr subíndice	0,4	0,415	0,405
	Oxígeno Disuelto (%Sat.)	5,2	4,7	4,6
	Vr subíndice	0,948	0,953	0,954

Nota: tomado y adaptado de (Herrera & Navarro, 2019).

Para la temporada de lluvias en las nueve estaciones muestreadas, los resultados del índice ICOMO y sus variables arrojaron valores muy similares entre sí, indicando algún tipo de contaminación presente de acuerdo con los parámetros estudiados, por tanto, se asignó el color amarillo, que indica grado de contaminación medio. Por lo anterior, se logró establecer que, durante la temporada de lluvias, el índice de contaminación ICOMO calculado en la zona de estudio indicó que: la calidad del agua es media. A continuación, se muestran los gráficos del índice ICOMO para los nueve tramos estudiados en temporada de sequía arrojados por el software ICATest 1.0.

Ilustración 20. Resultados del índice ICOMO para las 9 estaciones de estudio en temporada de lluvias.





A continuación, se relaciona el reporte de los nueve puntos objeto de estudio para el ICOMO de acuerdo con parámetros que lo conforma (DBO, Coliformes fecales y Oxígeno Disuelto) para la temporada de lluvias.

Tabla 19. Reporte ICOMO para las estaciones de estudio en temporada de lluvia.

ICATest versión 1.0: REPORTE ICOMO PARA LAS 9 ESTACIONES DE ESTUDIO			
TEMPORADA DE LLUVÍAS			
SITIOS DE MUESTREO	E1	E2	E3
VALOR DEL INDICE	0,451	0,469	0,46
GRADO DE CONTAMINACIÓN	Medio	Medio	Medio
RANGO	0,4 – 0,6	0,4 – 0,6	0,4 – 0,6
COLOR	Amarillo	Amarillo	Amarillo
DBO (mg/L)	0,2	0,5	0,5

**ICATest versión 1.0: REPORTE ICOMO PARA LAS 9 ESTACIONES DE
ESTUDIO
TEMPORADA DE LLUVÍAS**

SITIOS DE MUESTREO		E1	E2	E3
RESULTADO DE PARAMETROS	Vr subíndice	0	0	0
	Coliformes fecales (NMP/100 mL))	1963,6	2409,6	2198,1
	Vr subíndice	0,404	0,454	0,432
	Oxígeno Disuelto (%Sat.)	5	4,6	5,2
	Vr subíndice	0,95	0,954	0,948
SITIOS DE MUESTREO		E4	E5	E6
VALOR DEL INDICE		0,456	0,442	0,437
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Medio	Medio	Medio
RANGO		0,4 – 0,6	0,4 – 0,6	0,4 – 0,6
COLOR		Amarillo	Amarillo	Amarillo
RESULTADO DE PARAMETROS	DBO (mg/L)	0,2	0,3	0,5
	Vr subíndice	0	0	0
	Coliformes fecales (NMP/100 mL))	2087,4	1745,3	1618,1
	Vr subíndice	0,419	0,375	0,357
	Oxígeno Disuelto (%Sat.)	5	4,8	4,7
	Vr subíndice	0,95	0,952	0,953
SITIOS DE MUESTREO		E7	E8	E9
VALOR DEL INDICE		0,447	0,456	0,446
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Medio	Medio	Medio
RANGO		0,4 – 0,6	0,4 – 0,6	0,4 – 0,6
COLOR		Amarillo	Amarillo	Amarillo
RESULTADO DE PARAMETROS	DBO (mg/L)	0,2	0,5	0,5
	Vr subíndice	0	0	0
	Coliformes fecales (NMP/100 mL))	1876,8	2065,2	1809,2
	Vr subíndice	0,393	0,416	0,384
	Oxígeno Disuelto (%Sat.)	5,2	4,7	4,6
	Vr subíndice	0,948	0,953	0,954

Nota: tomado y adaptado de (Herrera & Navarro, 2019).

6.3.2.4. Índice de contaminación biótico (ICOBIO). Con relación a la temporada de sequía, se analizó que, el número de familias identificadas entre las zonas alta y baja fue de 25 taxones o familias; de los cuales, hay en común 4 familias en todos los sitios de muestreo. Al igual que, el número de taxones con presencia en zona alta fue de 13 familias, mientras que, se identificaron solo zona baja 8 familias. Por su parte, en la temporada de lluvia baja considerablemente la cantidad de taxones, en donde se mantienen en común en ambas zonas 4 familias; pero en zona alta disminuyó la cantidad de familias a 8 y en zona baja disminuyó a 3 familias respectivamente.

Tabla 20. Taxones identificados en zona alta y baja del río Cesar durante la temporada de sequía

TAXONES IDENTIFICADOS DEL TRAMO DEL RÍO CESAR (sequía)			
Philum	Clase	Orden	Familia
<u>Artrópoda</u>	Insecta	<u>Hemíptera</u>	Naucoridae
			Notonectidae
			Pleidae
		<u>Coleóptera</u>	Elmidae
			Ptilodactylidae
			Pshephenidae
			Limnichidae
			Lampyridae
			Gyrinidae
		<u>Ephemeroptera</u>	Baetidae
			Oligoneuriidae
			Leptophlebiidae
			Tricorythidae
			Euthyplociidae
		<u>Trichoptera</u>	Glossosomatidae
			Calamoceratidae
<u>Odonata</u>	Libellulidae		
	Megapodagrionidae		
	Lestidae		
	Aeshnidae		
	Polythoridae		
Crustáceo	<u>Decapoda</u>	Coenagrionidae	
		Pseudothelpusidae	
		Hydrachinidae	
<u>Platyhelminthes</u>	Arachnoidea	<u>Acari</u>	
	Turbellaria	<u>Tricladida</u>	
Taxones en común			4

TAXONES IDENTIFICADOS DEL TRAMO DEL RÍO CESAR (sequía)

Philum	Clase	Orden	Familia
	Taxones zona alta		13
	Taxones zona baja		8

Tabla 21. Taxones identificados en zona alta y baja del río Cesar durante la temporada de lluvia

TAXONES IDENTIFICADOS DEL TRAMO DEL RÍO CESAR (lluvia)

Philum	Clase	Orden	Familia
<u>Artrópoda</u>	Insecta	<u>Hemíptera</u>	Naucoridae
			Pleidae
		<u>Coleoptera</u>	Elmidae
			Ptilodactylidae
			Psephenidae
			Lampyridae
		<u>Ephemeroptera</u>	Leptophlebiidae
			Euthyplociidae
		<u>Plecoptera</u>	Polymitarciidae
			Perlidae
		<u>Odonata</u>	Libellulidae
			Aeshnidae
			Coenagrionidae
<u>Mollusca</u>	Gastropoda	<u>Basommatophora</u>	Planorbiidae
<u>Platyhelminthes</u>	Turbellaria	<u>Tricladida</u>	Planariidae
	Taxones en común		4
	Taxones zona alta		8
	Taxones zona baja		3

A partir de los resultados obtenidos de las **Tabla 20** y **Tabla 21** se graficó el índice ICOBIO para los tramos comparando los tiempos de sequía y de lluvia por el software ICATest v1.0.

Ilustración 21. Calificación del índice ICOBIO en temporada de lluvia y sequia para los tramos.



Al verificar los resultados del índice ICOBIO durante ambas temporadas, se pudo analizar que, el tramo del río Cesar estudiado presenta un grado de contaminación MUY ALTA durante la temporada de sequía y ALTA durante la temporada de lluvia respectivamente. Por lo anterior, demostraría que hay una gran afectación durante el trayecto del curso hídrico en cuanto a las modificaciones de sus condiciones de hábitat ya sea por contaminación que puede haber ya sea por efecto de la escorrentía de las orillas donde se realizan actividades agropecuarias, ganaderas, fincas y demás (incluyendo el transporte y paso de orilla a orilla del ganado) afectando el hábitat, esto incluye las modificaciones hidromorfológicas del río ya sea por aumento del cauce, velocidad del río, desviaciones, sedimentación de la orilla, arrastre de residuos sólidos, materia fecal de animal semoviente y entre otras variables. Estas situaciones imposibilitan a que, los macroinvertebrados puedan sobrevivir ya que, en su mayoría son sensibles a un grado de contaminación haciendo que, su ausencia sea un poco mayor de la esperada bajo diversas situaciones.

Además, hay que aclarar que, el río Cesar es un curso hídrico de gran longitud que atraviesa dos departamentos (La Guajira y El Cesar), lo cual en su trayecto es usado para fines de vertimientos de aguas residuales de los municipios de paso y para actividades agropecuarias, que logran afectar en su mayor medida la presencia de macroinvertebrados indicadores de calidad de agua muy limpias y, si se compara con las condiciones hídricas morfométricas y calidad de agua con el balneario Hurtado a través de un estudio realizado por Herrera & Navarro en el año 2019 y

por Martínez en el año 2010, su contaminación no genera un impacto a su fauna debido a su uso y naturalidad del río en comparación con el presente estudio.

6.3.2.5. Índice de contaminación por trofia (ICOTRO). Para este índice se tuvo en cuenta los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la segunda etapa del presente proyecto (ver ítem ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.). La aloración de este índice fue por concentración de fosforo total disponible en el agua en mg/l; por consiguiente, los resultados por cada tramo se compararon con la tabla presenta a continuación y de allí se dio la categorización del índice.

Tabla 22. Escala del índice ICOTRO

Calidad de Agua	Fosforo total (mg/L)
Oligotrofia	<0,01
Mesotrófica	0.01-0.02
Eutrofia	0,02-1.00
Hipertrofia	>1.00

Nota. Tomado de (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

Tabla 23. Calificación del índice ICOTRO del río Cesar durante la temporada de lluvia y sequía.

PARAMETRO	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5	PUNTO 6	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9
Fósforo total mg/l (sequía)	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
ICOTRO en sequía	Mesotrófica								
Fósforo total mg/l (lluvia)	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
ICOTRO en lluvia	Mesotrófica								

Según la información procesada, se pudo analizar que, en todas las temporadas y en todos los sitios de medición, el agua presenta una característica mesotrófica; es decir, presenta un nivel de fosforo total de las aguas un poco altas con poca transparencia debido a la turbiedad y a pesar

de que poseen una profundidad alta, la claridad del agua es nula haciendo que, el agua posea niveles considerables de fosforo causado principalmente por las actividades en las orillas que, durante las situaciones de escorrentía, erosión y arrastre de contaminantes en aguas arriba del tramo estudiado, genera un aumento de este parámetro; bajo esta situación, la mesotrofización de las aguas pueden generar un poco presencia de especies acuáticas en la zona, en especial de macroinvertebrados, lo cual concordarían los resultados con el índice ICOBIO que, al haber una ausencia considerable de las familias, generaron un índice de contaminación ALTO Y MUY ALTO en ambas temporadas.

6.4. ETAPA 3: Evaluación de la calidad hídrica del tramo del río Cesar de Guacoche con base a los índices BMWP/Col e ICO.

6.4.1. Evaluación final de la calidad hídrica del tramo del río Cesar del corregimiento de Guacoche – municipio de Valledupar.

Para la determinación de la calidad hídrica del tramo estudiado, se tuvieron en cuenta los resultados de los índices de contaminación ICO y del índice BMWP/COL de las etapas anteriores (ver ítems 6.3 y ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) través del modelo estadístico denominado **Correlación de Pearson**. Los resultados se presentan a continuación.

Tabla 24. Consolidado de indicadores de calidad biológica y de parámetros fisicoquímico en ambas temporadas.

Sitios de muestreo		BMWP/Col		MI		BIO		ICO		MO		TRO	
		Sequía Lluvia		Sequía Lluvia		Sequía Lluvia		Sequía Lluvia		Sequía Lluvia		Sequía Lluvia	
Zona Alta	P1			0,73	0,174			0,024	0,571	0,607	0,451		
	P2	125	94	0,834	0,166			0,03	0,592	0,616	0,469		
	P3			0,838	0,167			0,043	0,577	0,616	0,46		
Zona Media	P4			0,826	0,169			0,032	0,523	0,61	0,456		
	P5	111	86	0,715	0,161	0,84	0,75	0,039	0,475	0,603	0,442	0,15	0,15
	P6			0,663	0,162			0,023	0,403	0,598	0,437		
Zona Baja	P7			0,731	0,168			0,026	0,508	0,596	0,447		
	P8	52	46	0,824	0,161			0,029	0,466	0,6	0,456		
	P9			0,834	0,16			0,024	0,502	0,599	0,446		

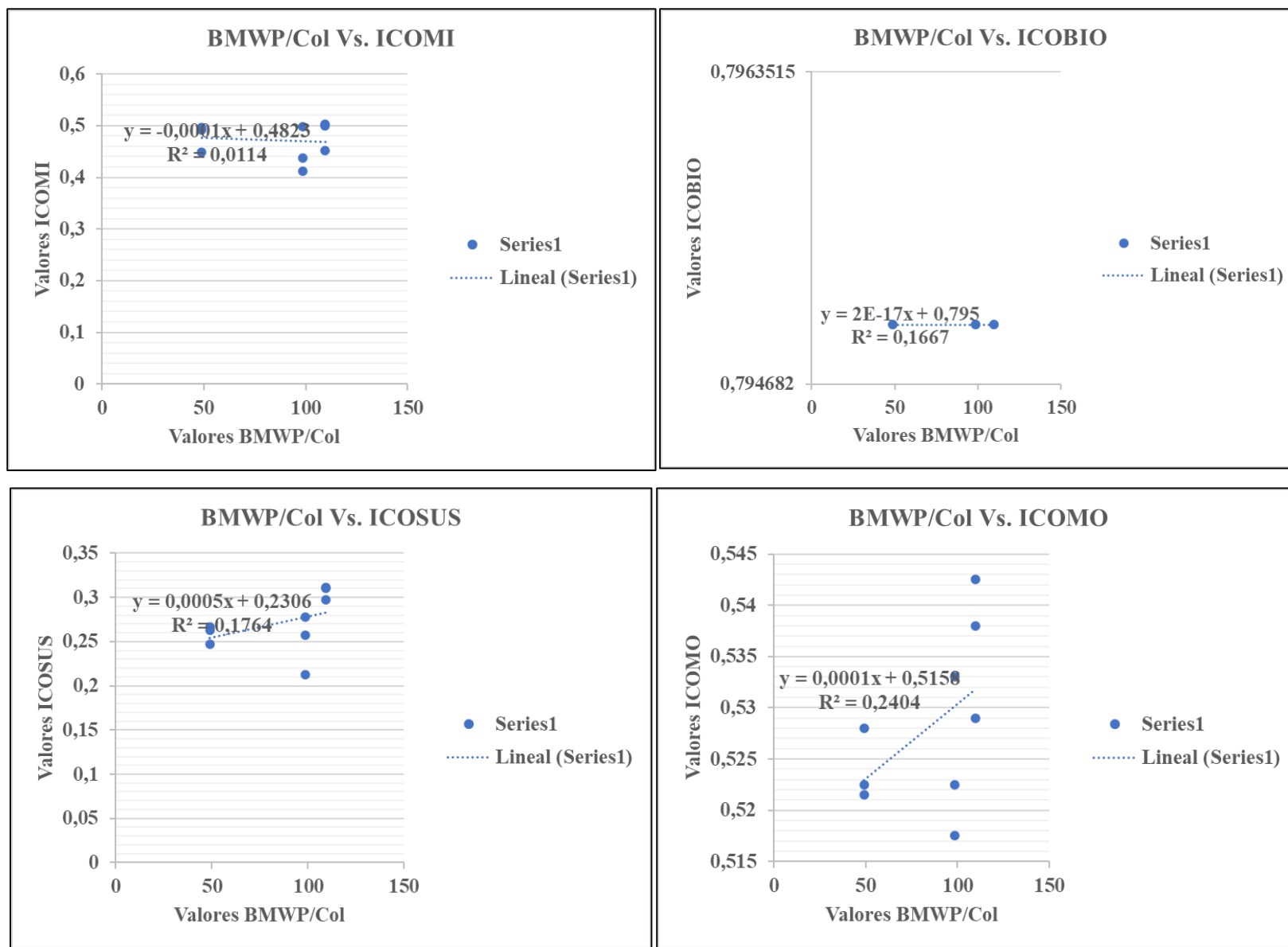
Convenciones					
Índice Biológico BMWP/Col		Muy Limpias - No contaminadas	Ligeramente contaminadas	Moderadamente contaminadas	Contaminadas
Índice de contaminación ICO		Ninguna	Baja	Media	Alta
				Muy alta	

Nota: tomado y adaptado de (Herrera & Navarro, 2019).

Como análisis previo de los resultados presentado en la tabla anterior, se puede inferir que, durante la temporada de sequía, se incrementan los niveles de alcalinidad – dureza y conductividad en todos los tramos, haciendo que el índice ICOMI tenga un grado de contaminación alto y muy alto. Por su parte, durante la temporada de lluvias, las variables de sólidos suspendidos totales y los coliformes fecales representados en bacterias como E. Coli fueron muy altas según sus registros, lo cual generó un índice ICOSUS con grado de contaminación medio e ICOMO un grado de contaminación medio y alto respectivamente; esta situación se debió principalmente por el arrastre de sólidos por escorrentía en las orillas, acompañado de sustancias y desechos de actividades agropecuarias en los alrededores de la zona. Seguidamente, el índice ICOTRO en ambas temporadas generó un grado de mesotrofía, lo que constataría que hay presencia de fosforo total en el agua ya sea por los fertilizantes utilizados para las actividades agropecuarias de la zona que hacen que, por escorrentía, transporte, erosión y demás se depositen en el agua. Por su parte, el índice ICOBIO generó en ambos resultados un grado de contaminación muy alta y alta debido a la ausencia de taxones entre las estaciones de muestreo, indicando que el hábitat se ve afectado considerablemente y por la cual es corroborado por los resultados de los demás índices ICO's y del índice biológico BMWP/COL que sufrió un cambio de condiciones entre temporada a otra; que, a pesar que en sequía generó una calidad de agua muy limpias, se presentó un cambio en aguas abajo con la presencia de especies en ambientes de contaminación.

Con los datos procesados en la **Tabla 24. Consolidado de indicadores de calidad biológica y de parámetros fisicoquímico en ambas temporadas.** Se estableció el modelo estadístico de Correlación de Pearson con la intención de determinar la relación entre los indicadores entre sí. Los resultados fueron los siguientes:

Ilustración 22. Correlación de Pearson entre el índice BMWP/COL e índices de contaminación ICOMI – ICOBIO – ICOSUS - ICOMO.



En los resultados presentados se puede inferir que; hay una correlación fuerte entre el índice BMWP/COL con los índices de contaminación ICOMO con un valor de 0.2404, ICOSUS con 0.1764 e ICOBIO con 0.1667 respectivamente. Por lo anterior; se evidencia que hay relación con la presencia de macroinvertebrados con factores como el tipo de sustrato representativo (oferta de alimento) y capacidad de dilución o autorregulación de la corriente de agua desde el aspecto de la turbiedad y de sólidos suspendidos disponibles en el agua, los cambios de ambiente entre zona y zona, la materia orgánica presente a través de la DBO; lo cual genera en consecuencia, un comportamiento proporcional en cuanto al cambio de las variables respectivas, es decir, si el valor del BMWP/Col mejora en términos de calidad de agua, entonces el índice ICOMO, ICOSUS e ICOBIO mejoran su grado de contaminación respectiva. Además, se evidencia que el indicador biológico posee una correlación casi nula con el índice ICOMI que, a pesar se presentó un alto nivel de contaminación bajo los parámetros de alcalinidad y dureza en la temporada de sequía, no afectó la presencia o calidad del cuerpo hídrico a partir de la presencia de macroinvertebrados. En síntesis, la temporada de mayor contaminación por decirlo así sería la de lluvia, debido a su capacidad de arrastre de sustancias, compuestos, componentes y escorrentía a lo largo de su trayecto que hacen que cambien sus condiciones de calidad tal como se demostró con los índices BMWP/COL, ICOBIO e ICOSUS; sin embargo, se presentó una particularidad con el ICOMO que estuvo prevaleciente en todas las temporadas con nivel de contaminación alto y muy alto que afectó la presencia de macroinvertebrados y que están correlación según las gráficas anteriores. Con ello demostraría que, la modificación de las condiciones de los parámetros fisicoquímicos reflejados en los índices ICO afecta de manera proporcional (exceptuando el ICOMI) en el hábitat de los macroinvertebrados, específicamente para aquellos que son poco tolerantes a un grado de contaminación, lo cual promueve que, su calificación se deteriore a medida que trasciende de la temporada de sequía a lluvia.

Conclusiones

Se identificaron en total 598 especies de macroinvertebrados durante las temporadas de lluvia y sequía respectivamente, con una abundancia en la temporada de sequía de 327 macroinvertebrados; en donde estuvo prevalente el Phylum Artrópoda durante las temporadas con un porcentaje entre 98.2 y 95.6%, con mayor presencia de macroinvertebrados del orden Ephemeroptera durante ambas temporadas en alrededor del 60% respectivamente; en cuanto a la presencia de macroinvertebrados hubo una disminución considerable de familias de macroinvertebrados en alrededor de 10 familias entre temporada y otra por aspectos hidromorfológicos del cauce, acompañado de arrastre de sólidos y contaminantes tanto de las orillas como del curso del río.

Por su parte, los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados del tramo del río Cesar, indicaron durante ambas temporadas altos niveles de coliformes fecales y totales con un pH básico en alrededor de 8 a 9 puntos; al igual, se presentaron bajos niveles de fosforo total y BDO5 en ambas temporadas. Además, presentaron variaciones entre temporada y otra como la alcalinidad – dureza y conductividad que aumentaron durante la sequía y se redujeron al llegar la temporada de lluvia; los sólidos suspendidos totales de un valor bajo en temporada de sequía a un nivel alto en temporada de lluvias. Con base a los datos arrojados de las variables microbiológica podría concluirse que el cauce está presentando un alto grado de contaminación a través de residuos sólidos o materia fecal proveniente de los animales semovientes asentados en las fincas que, sus residuos son arrastrados hacia el cauce.

El índice BMWP/COL indicó aguas poco contaminadas o limpias (buena calidad) durante la temporada de sequía en zona alta y media; la cual estuvo asociada a la presencia de algunas especies de macroinvertebrados como Leptophlebiidae, Trycorythidae, Psephenidae, Ptilodactylidae y Polythoridae; pero, hubo un cambio de calidad hacia la zona más baja del tramo estudiado hacia la categoría de moderadamente contaminadas, provocado principalmente por la ausencia de ciertas especies de familias de macroinvertebrado que alteraron o cambiaron el hábitat residente. Este mismo fenómeno sucedió durante la temporada de lluvias, pero cambiaron su calidad a ligeramente contaminadas; debido principalmente a la ausencia o arrastre de macroinvertebrados con mejor calificación o en su defecto la destrucción de su hábitat.

Los índices de contaminación ICOBIO, ICOMO e ICOTRO presentaron un grado de contaminación medio, alto y muy alto en ambas temporadas debido principalmente por varios factores; la presencia – ausencia de taxones entre los tramos, niveles altos de coliformes con una saturación de oxígeno por debajo de 5mg/lSatO2 y niveles mesotróficos de fosforo total. Por su parte se presentó un grado de contaminación alto y muy alto durante la temporada de sequía para el índice ICOMI debido a los altos

niveles de conductividad – alcalinidad – dureza en el agua; al igual que un grado de contaminación medio para el índice ICOSUS durante la temporada de lluvias debido al incremento de solidos suspendidos totales.

El análisis estadístico realizado entre el índice biológicos BMWP/COL con los ICO, se observó una correlación moderada y positiva entre los índices ICOSUS – ICOMO e ICOBIO debido a los factores de coliformes fecales, solidos suspendidos totales y DBO5 que promueven en la presencia – ausencia de los macroinvertebrados a lo largo del trayecto del río estudiado. En donde se ve reflejada la relación con los cambios de calidad de agua durante las temporadas abarcadas.

Recomendaciones

Se recomienda realzar una extensión de los estudios taxonómicos de macroinvertebrados sobre el trayecto que cruza el corregimiento con la finalidad de determinar las posibles fuentes de contaminación tanto en las orillas como durante su trayecto.

Se recomienda establecer un muestreo detallado sobre las condiciones fisicoquímicas de las aguas del río Cesar debido a sus condiciones de arrastre, escorrentía y deposición de residuos y demás contaminantes en aguas arriba con la intención de promover medidas de mitigación y de control a estos contaminantes, en especial para aquellas actividades que se realizan en las orillas del río Cesar.

Se recomienda evaluar la condición hídrica del río Cesar y el uso potencial que se deberá de realizar en pro o beneficio para el corregimiento de Guacoche a través de una identificación exhaustiva de los macroinvertebrados, el análisis de los parámetros fisicoquímicos y demás variables a comparar con la normatividad ambiental vigente en materia de uso de agua.

Referencias

- Álvarez, A. (2005). Metodología para la evaluación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de los recursos hidrobiológicos. . *Instituto Alexander Von Humboldt. Colombia.* , 1-20.
- Closs, G., Downes, B., & Boulton, A. (2004). Aquatic Conservation: Marine and freshwater ecosystem. En G. Closs, B. Downes, & A. Boulton, *Freshwater ecology: a scientific introduction* (págs. 539-541). United States Of America: John Wiley & Sons, Ltd.
- Gamboa, M., Reyes, R., & Arrivillaga, J. (2008). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Bol Mal Salud Amb*, 48(2).
- Garcés, D., & Pacheco, L. (2020). *ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA A PARTIR DE LA CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS Y MACROINVERTEBRADOS EN TRES SECTORES DEL RÍO CANEY, RESTREPO – META*. Obtenido de Universidad Santo Tomás : <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/28160/2020danielgarcés.pdf?sequence=13>
- Gil, J. (2014). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS, Y LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO GARAGOA*. Obtenido de Universidad de Manizalez .
- Gualdrón, L. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. *Dinámica Ambiental*.
- health, D. o. (Marzo de 2016). Obtenido de <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/water/docs/ncom/coliformcnspanish.pdf>
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, L. (2006). METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION: cuarta edicion. En R. Hernandez Sampieri, C. Fernandez Collado, & L. Baptista Lucio, *CUARTA PARTE: Cap 17, los procesos mixtos o multimodales* (págs. 751 - 759). McGraw-Hill.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, L. (2006). METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN: Cuarta edicion. En R. Hernandez Sampieri, C. Fernandez

- Collado, & L. Baptista Lucio, *SEGUNDA PARTE Cap 5: Definición del tipo de investigación a realizar, " exploratoria, descriptiva, correlacional "* (págs. 99-117). McGraw-Hill.
- Herrera, J., & Navarro, B. (2019). *Determinación de la calidad ambiental del curso hídrico del Balneario Hurtado-Río Guatapurí, a través de los índices biológicos BMWP/COL, índice de Bosque de Rivera (QBR), Índice de Hábitat Fluvial (IHF) y análisis fisicoquímicos, Valledupar, Colombia.* Obtenido de Universidad Popular del Cesar.
- IDEAM. (13 de mayo de 2004). SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO PROGRAMA DE FISICOQUÍMICA AMBIENTAL. *FÓSFORO TOTAL EN AGUA POR DIGESTIÓN ACIDA, METODO DEL ACIDO ASCORBICO*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/F%C3%B3sforo+Total+en+Agua+M%C3%A9todo+del+Acido+Asc%C3%B3rbico.pdf/bf2f449b-4b9b-4270-b77e-159258d653e2>
- IDEAM. (2007). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Obtenido de DETERMINACIÓN DE ESCHERICHIA COLI Y COLIFORMES TOTALES EN AGUA POR EL MÈTODO DE FILTRACIÒN POR MEMBRANA EN AGAR CHROMOCULT: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.coli+en+Agua+Filtraci%C3%B3n+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174#:~:text=La%20presencia%20de%20Escherichia%20coli,se%20considera%20como%20indicador%20universal>.
- IDEAM. (04 de Junio de 2007). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Obtenido de DEMANDA BIOQUÌMICA DE OXÌGENO 5 días, INCUBACIÓN Y ELECTROMETRÍA: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>
- IDEAM. (25 de agosto de 2007). SUBDIRECCIÒN DE HIDROLOGÌA- GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL. *Determinación de Coliformes totales y E. Coli de aguas mediante la técnica de sustrato definido, colilert por el método de Numero Más Probable*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Obtenido de

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+agua+NMP+M%C3%A9todo+Colilert.pdf/463a6c8d-122c-4f75-8572-81bd64baa2d2>

IDEAM. (2010). Guía de Monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. En IDEAM, *TIPOS DE MUESTRAS Y FRECUENCIA DE MUESTREO* (págs. 16 - 17). BOGOTÁ: IDEAM.

Leaño, J., & Pérez, D. (2020). Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Río Trancas, Municipio de Entre Ríos - Tarija. *Acta Nova*, 9(4), pp. 569 - 591. Obtenido de Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Madera, L., Angulo, L., Díaz, L., & Rojano, R. (2016). Evaluación de la Calidad del Agua en algunos puntos afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación. *Información tecnológica*, 27(4), 103-110. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000400011>

Meneses, Y., Castro, M. I., & Jaramillo, A. M. (2019). COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DOS RÍOS ALTOANDINOS MEDIANTE EL USO DE LOS ÍNDICES BMWP/COL. Y ABI. *Acta biol.Colomb.*, 24(2).

Morales, A., & Soto, M. (2015). *Evaluación de la calidad del agua del río Badillo, en el balneario La Vega - Cesar, implementando los índices BMWP e ICO para Colombia*. Obtenido de <http://gecaes.org/wp-content/uploads/2021/04/13.-LIBRO-INVESTIGACION-CIENCIA-Y-TECNOLOGIA-COMO-EJES-TRANS.-PARA-EL-DES.-DE-LA-PAZ-julio-13.pdf>

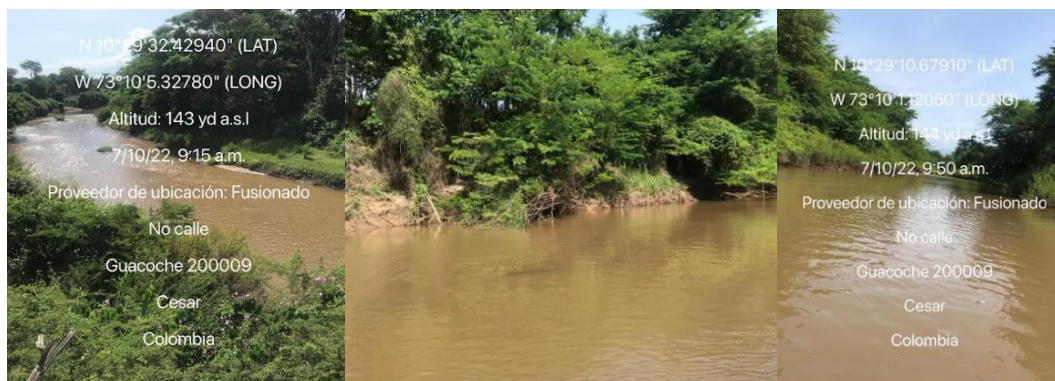
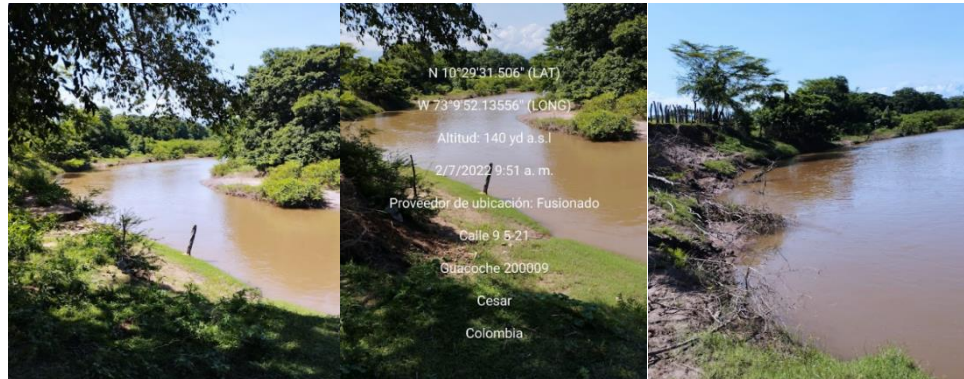
Pastran, M. (2017). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS BENTÓNICOS, COMO BIOINDICADORES: ESTUDIO DE CASO EN EL RÍO SUÁREZ (CHIQUEQUIRÁ – BOYACÁ)*. Obtenido de Universidad Libre. Bogotá D.C.: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11180/EVALUACION%20DE%20LA%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20MEDIANTE%20LA%20UTILIZACION%20DE%20MACRO%20INVERTEBRADOS%20BENTONICOS%20COMO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Patiño, G. (2015). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE BIOINDICADORES MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA QUEBRADA LA VIEJA*. Obtenido de UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.
- R P, G. (1996). GUIA PARA EL ESTUDIO DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA. En *Phylum: Artrópoda* (págs. 20-22). Medellín: Presencia S.A.
- Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). CUATRO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES. FORMULACIONES Y APLICACIÓN. *C.T.F Cienc. Tecnol. Futuro*.
- Ramírez, A., Restrepo, R., Viña, G., & otros. (1997). CUATRO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES. FORMULACIONES Y APLICACIÓN. *Ciencia, Tecnología y Futuro*, 135 - 153.
- Rodier, J. (2011). ANALISIS DE LAS AGUAS primera parte: analisis de las aguas naturales. En J. Rodier, *Generalidades: Toma de muestras* (págs. 6 - 7). BARCELONA: OMEGA S.A.
- Roldán P, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. *Universidad de Antioquia. Facultad de ciencias exactas y naturales. Centro de investigaciones CIEN*.
- Roldán, G. (2003). La bioindicacion de la calidad del agua en Colombia. *Medellin: Editorial. Universidad del Antioquia, Medellín*.
- Roldán, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamerica. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 254-274.
- Sanchez Molano, M., & García, D. P. (16 de septiembre de 2018). Determinación del índice BMWP/Col, mediante la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua, en el cauce del rio Guachicos, que surte el acueducto del municipio de Pitalito . *Determinación del índice BMWP/Col, mediante la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua, en el cauce del rio Guachicos, que surte el acueducto del municipio de Pitalito* . Pitalito, Huila, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD: Escuela de Ciencias Agrícolas; Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA.

- Sánchez, M., & García, D. (2018). *Determinación del índice BMWP/Col, mediante la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua, en el cauce del río Guachicos, que surte el acueducto del municipio de Pitalito*. Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Sarmiento, M. (2017). *MICROALGAS COMO INDICADORES BIOLÓGICOS DEL ESTADO TRÓFICO DE LAS CIÉNAGAS DE MALAMBO Y SANTO TOMÁS, EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO*. Obtenido de Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.:
<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/3137/DOCUMENTO%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Silva, L. (2015). *Manual de Monitoreo de agua para investigación local*. Bogota: ARFO Editores e Impresores Ltda.
- Silva, L. A. (2015). *Manual de Monitoreo de agua para investigación local*. Bogota: ARFO Editores e Impresores Ltda.
- Universidad de Pamplona . (11 de noviembre de 2005). *Universidad de Pamplona*. Obtenido de Vicerectoría de investigaciones:
https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/05082010/libros.jsp

Anexos

ANEXO A. Exploración de zona de estudio



ANEXO B. Identificación de macroinvertebrados



ANEXO C. Análisis y resultados de parámetros fisicoquímicos.



GPO-RG-002. Versión: 01

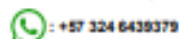
Página: 1 de 1

INFORME DE RESULTADO							No. CV 8822091
INFORMACIÓN DEL CLIENTE							
Tipo de Cliente: <u>Persona Natural</u>		Nombre y Apellido Razón Social: <u>Edison Corderón Morón</u>		Teléfono Celular: <u>3185293355</u>		E-mail: <u>edisoncorderon@upcesar.edu.co</u>	
Dirección: <u>Corregimiento Guacoeche</u>		Departamento y Municipio: <u>Cesar - Guacoeche</u>		Número de Documento: <u>1.065.842.892</u>			
INFORMACIÓN DEL ÍTEM DE ENSAYO Y DEL MUESTREO							
Identificación del ítem de ensayo: <u>AG-250122001</u>							
Matriz: <u>Aguas superficial</u>							
Descripción del ítem de ensayo: <u>Aguas Superficial, Río Cesar</u>							
Solicitó servicio toma de muestra: <u>SI</u>		Responsable toma de muestra: <u>Jaime Salazar</u>		Ubicación del muestreo: <u>Corregimiento Guacoeche</u>			
Lugar de toma de muestra: <u>Corregimiento Guacoeche</u>		Método de muestreo: <u>IDEAM 16-S-L-C-004</u>		Punto de toma: <u>Río Cesar - Guacoeche</u>			
Plan de Muestreo: <u>PL-0722001</u>		Clasificación de la muestra: <u>N.A.</u>		Cantidad recibida: <u>5 Litros</u>			
Hora y Fecha de muestreo: <u>12:15:00 2022-07-25</u>		Número de lote: <u>N.A.</u>		Fecha de vencimiento: <u>N.A.</u>			
Registro sanitario: <u>N.A.</u>		Fecha de emisión de resultados: <u>2022-08-17</u>					
Fabricante: <u>N.A.</u>							
Tipo de muestra: <u>Simple</u>							
Análisis solicitados: ☒ Microbiológico ☒ Fisicoquímico							
Fecha ingreso del ítem de ensayo: <u>2022-07-25</u>							
Ensayos realizados en el lugar de muestra: ☒ pH ☒ Conductividad ☐ Cloro Libre Residual ☐ Oxígeno Disuelto ☒ Cloro Total <u>Temperatura</u>							
REPORTES DE RESULTADOS							
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS							
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis	
Coliformes Totales	NMP/100ml	SM 9222 Sumario definido IDXXX Guacoeche Try	N.A.	<2287.2	N.A.	2022-07-25	
Echerichia coli	NMP/100ml	SM 9222 Sumario definido IDXXX Guacoeche Try	N.A.	338.9	N.A.	2022-07-25	
CRITERIOS FISICOQUÍMICOS							
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis	
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	SM 2320-B (Ed 23, 2017) - Método Titulométrico	-	136.003	-	2022-07-25	
Conductividad (in Situ)	µS/cm	SM 2510-B (Ed 23, 2017) - Método de Laboratorio	-	462.33	-	2022-07-25	
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno) (TA)	mg O ₂ /L	SM 5210-B, ASTM 688-12 Método C - Incubación 5 días y Luminiscencia	5.0	< 4.9	9.20	27/07/2022 / 2022-08-01	
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	SM 2340-C (Ed 23, 2017) - Método Volumétrico	-	109.34	-	2022-08-06	
Fósforo total	mg P /L	SM 4500-P E (Ed 23, 2017) - Digestión - Método de Ácido ascórbico	-	< 0.15	-	2022-08-03	
Potencial de hidrogeno (pH) (in Situ)	Unidades de pH	SM 4500-H B (Ed 23, 2017) - Electrométrico	-	8.26	-	2022-07-25	
Sólidos suspendidos totales (SST) (TA)	mg /L	SM 2540-D - Gravimetría Secado 103-105 °C	10.0	14.8	8.68	2022-07-29	
Temperatura °C (in Situ)	°C	SM 2550-M Ed 23, 2017 (Ed 23, 2017) - Electrométrico	-	34.06	-	2022-07-25	
Conversiones: (N.R.): No Registrado, (SM): Standard Methods for examination of water and waste water 2005, APHA, 1997. (N.S.): No detectado por el método, (LCM): Límite de cualificación del método. (TA): Ensayo titulado con laboratorio acreditado en el método, (TNA): Ensayo titulado con laboratorio no acreditado en el método. (NA): No Aplica. (IN.S.): Información no suministrada por el cliente (NMP): Número Más Probable. Notas: 1. El Resultado obtenido solo es válido para el ítem de ensayo analizado. 2. Cristal Violeta Aguas y Alimentos NO se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en el ingreso del ítem de ensayo y que en este informe de resultado se diferencia por estar en formato: negrita, cursiva y subrayado.							
OBSERVACIONES DEL MUESTREO:		Para los parámetros realizados en el sitio de muestreo, se les hicieron tres lecturas y el resultado es el promedio de las lecturas.					
<u>Judith Santos A.</u> Par técnico de Fisicoquímica. Judith Santos No. Tarjeta Profesional 21628		<u>Sandy Ruiz M.</u> Director técnico de Microbiología Sandy Ruiz Manrique		<u>Laideth Estrada B.</u> Coordinadora de Laboratorio Laideth Estrada B. Autoriza emisión del informe de resultado			
Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.							
FIN DEL INFORME							

Cristal Violeta Aguas y Alimentos

NIT: 901.015.580-4

Carrera 13 # 15 - 48 Barrio Galán, Valledupar- Cesar



@cristalvioleta_aa



Laboratorio Cristal Violeta

INFORME DE RESULTADO						No. CV 0822092	
INFORMACIÓN DEL CLIENTE							
Tipo de Cliente:		Persona Natural		Nombre y Apellido Razón Social:		Edison Calderón Morón	
Tipo de Identificación:		C.C.		Número de Documento:		1.065.842.860	
Teléfono/Celular:		2184293505		E-mail:		edisoncalderon@unicesar.edu.co	
Dirección:		Corregimiento Guacocha		Departamento y Municipio:		Cesar - Guacocha	
INFORMACIÓN DEL ÍTEM DE ENSAYO Y DEL MUESTREO							
Identificación del ítem de ensayo:				AG-250722002			
Matriz:				Agua superficial			
Descripción del ítem de ensayo:				Agua Superficial, Rio Cesar			
Solicitó servicio toma de muestra:				SI			
Lugar de toma de muestra:				Corregimiento Guacocha			
Plan de Muestreo:				PL-0722002			
Hora y Fecha de muestreo:				12:38:50 2022-07-25			
Registro sanitario:				N/A			
Fabricante:				N/A			
Tipo de muestra:				Simple			
Análisis solicitados:				☒ Microbiológico ☒ Fisicoquímico			
Fecha ingreso del ítem de ensayo:				2022-07-25			
Fecha emisión de resultados:				2022-08-17			
Ensayos realizados en el lugar de muestreo:							
☒ pH ☒ Conductividad ☐ Cloro Libre Residual ☐ Oxígeno Disuelto ☒ Cloro Total ☐ Temperatura							
REPORT DE RESULTADOS							
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS							
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis	
Coliformes totales	NMP/100ML	SM 9222 Sumario de la Norma ISO 15709-1 Try	N/A	<210/3	N/A	2022-07-25	
Escherichia coli	NMP/100ML	SM 9223 Sumario de la Norma ISO 15709-1 Try	N/A	387/3	N/A	2022-07-25	
CRITERIOS FÍSICOQUÍMICOS							
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis	
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	SM 2320-B (Ed 23, 2017) - Método Titulométrico	-	150,484	-	2022-07-25	
Conductividad (in Situ)	µS/cm	SM 2510-B (Ed 23, 2017) - Método de Laboratorio	-	404,66	-	2022-07-25	
DBO ₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno) (TA)	mg O ₂ /L	SM 5210-B, ASTM 888-12 Método C - Incubación 5 días y Luminiscencia	5,0	< 5,0	9,20	27/07/2022 / 2022-08-01	
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	SM 2340-C (Ed 23, 2017) - Método Volumétrico	-	113,41	-	2022-08-06	
Fósforo total	mg P /L	SM 4500-P-E (Ed 23, 2017) - Digestión - Método de Ácido ascorbico	-	< 0,15	-	2022-08-03	
Potencial de hidrogeno (pH) (in Situ)	Unidades de (pH)	SM 4500-H-B (Ed 23, 2017) - Electrométrico	-	8,27	-	2022-07-25	
Sólidos suspendidos totales (SGT) (TA)	mg /L	SM 2540D - Gravimetría Secado 103-105 °C	10,0	16,5	8,68	2022-07-29	
Temperatura °C (in Situ)	°C	SM 2550-B Ed 23, 2017 (Ed 23, 2017) - Electrométrico	-	34,05	-	2022-07-25	
Conversión: (N/A): No Registrado; (SM): Norma Método for examination of water and waste water (APHA, APHA, 1995); (N/A): No detectado por el método; (LCM): Límite de cuantificación del método. (TA): Ensayo licenciado con laboratorio acreditado en el método; (TNA): Ensayo licenciado con laboratorio no acreditado en el método; (NA): No Aplica; (N/A): Información no suministrada por el cliente (NMP): Número Más Probable. Notas: 1. El Resultado obtenido solo es válido para el ítem de ensayo analizado. 2. Cristal Violeta Aguas y Alimentos NO se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en el ingreso del ítem de ensayo y que en este informe de resultado se diferencia por estar en formato: negrita, cursiva y subrayado.							
OBSERVACIONES DEL MUESTREO:		Para los parámetros realizados en el sitio de muestreo, se les hicieron tres lecturas y el resultado es el promedio de las lecturas.					
<i>Judith Santos A.</i> Par técnico de Fisicoquímica. Judith Santos No. Tarjeta Profesional 21628		<i>Sandy Ruiz M.</i> Director técnico de Microbiología Sandy Ruiz Manrique		<i>Laideth Estrada B.</i> Coordinadora de Laboratorio Laideth Estrada B. Autoriza emisión del informe de resultado			
Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.							
FIN DEL INFORME							

Cristal Violeta Aguas y Alimentos
NIT: 901.015.580-4
Carrera 13 # 18 - 48 Barrio Galán, Valledupar- Cesar

WhatsApp: +57 324 6439379 Instagram: @cristalvioleta_es Facebook: Laboratorio Cristal Violeta

INFORME DE RESULTADO		No. CV 8822093				
INFORMACIÓN DEL CLIENTE						
Tipo de Cliente: Persona física Tipo de Identificación: C.C. Teléfono/Celular: 3181293355 Dirección: Calle 100 No. 100-100	Nombre y Apellido: Jaime Salazar Número de Documento: 1086 842 802 E-mail: edemecabrer@unice.edu.co Departamento y Municipio: Cesar - Guacoché	Nombre y Apellido: Jaime Salazar Número de Documento: 1086 842 802 E-mail: edemecabrer@unice.edu.co Departamento y Municipio: Cesar - Guacoché				
INFORMACIÓN DEL ÍTEM DE ENSAYO Y DEL MUESTRO						
Identificación del ítem de ensayo: AG-25072003 Matriz: Agua superficial						
Descripción del ítem de ensayo: Agua Superficial, Río Cesar Solicitó servicio toma de muestra: Si Lugar de toma de muestra: Corredimiento Guacoché Plan de Muestreo: PL-0722003 Hora y Fecha de muestreo: 14:00:00 / 2022-07-25 Registro sanitario: N/A Fabricante: N/A Tipo de muestra: Simple Análisis solicitado: ☒ Microbiológico ☒ Fisicoquímico Fecha ingreso del ítem de ensayo: 2022-07-25						
Responsable toma de muestra: Jaime Salazar Ubicación del muestreo: Corredimiento Guacoché Método de muestreo: OFCAM M-5-L-C-004 Punto de toma: Río Cesar - Guacoché Clasificación de la muestra: N/A Cantidad recibida: 5 Litros Número de lote: N/A Fecha de vencimiento: N/A Fecha emisión de resultados: 2022-08-17						
Ensayos realizados en el lugar de muestreo: ☒ pH ☒ Conductividad ☐ Cloro Libre Residual ☐ Oxígeno Disuelto ☒ Cloro Total						
REPORT DE RESULTADOS						
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS						
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis
Coliformes totales	NMP/100mL	SM 9222 Sumario definido (DL-XX) Cuant. try	N/A	<250	N/A	2022-07-25
E. coli	NMP/100mL	SM 9223 Sumario definido (DL-XX) Cuant. try	N/A	380	N/A	2022-07-25
CRITERIOS FÍSICOQUÍMICOS						
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	SM 2320-B (Ed 23, 2017) - Método Titulométrico	-	152,984	-	2022-07-25
Conductividad (in situ)	µS/cm	SM 2510-B (Ed 23, 2017) - Método de Laboratorio	-	380,86	-	2022-07-25
DBO ₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno) (TA)	mg O ₂ /L	SM 5210-B, ASTM 888-12 Método C - Incubación 5 días y Luminiscencia	5,0	< 5,0	8,20	27/07/2022 / 2022-08-01
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	SM 2340-C (Ed 23, 2017) - Método Volumétrico	-	112,56	-	2022-08-06
Fósforo total	mg P/L	SM 4500-P-E (Ed 23, 2017) - Digestión - Método de Ácido ascórbico	-	< 0,15	-	2022-08-03
Potencial de hidrógeno (pH) (in situ)	Unidades de pH	SM 4500-H-B (Ed 23, 2017) - Electrométrico	-	8,27	-	2022-07-25
Sólidos suspendidos totales (SST) (TA)	mg/L	SM 2540-D - Gravimetría Secado 103-105 °C	10,0	20,9	8,68	2022-07-29
Temperatura °C (in situ)	°C	SM 2500-W (Ed 23, 2017) (Ed 23, 2017) - Electrométrico	-	34,05	-	2022-07-25
Conversión: (N/A): No Regula; (SM): Standard Methods for examination of water and wastewater, APHA, 1995; (N/A): No detectado por el método; (LCM): Límite de cuantificación del método; (TA): Ensayo realizado con laboratorio acreditado en el método; (TNA): Ensayo realizado con laboratorio no acreditado en el método; (N/A): No Aplica; (TN.E): Información no suministrada por el cliente; (NMP): Número Más Probable.						
NOTAS: 1. El Resultado obtenido solo es válido para el ítem de ensayo analizado. 2. Cristal Violeta Aguas y Alimentos NO se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en el ingreso del ítem de ensayo y que en este informe de resultado se diferencia por estar en formato: negrita, cursiva y subrayado.						
OBSERVACIONES DEL MUESTREO: Para los parámetros realizados en el sitio de muestreo, se les hicieron tres lecturas y el resultado es el promedio de las lecturas.						
Firmas: Judith Santos A. <i>Judith Santos A.</i> Participo de Fisicoquímica. Sandy Ruiz M. <i>Sandy Ruiz M.</i> Director técnico de Microbiología Laideth Estrada B. <i>Laideth Estrada B.</i> Coordinadora de Laboratorio Autoriza emisión del informe de resultado						
Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.						
FIN DEL INFORME						

INFORME DE RESULTADO						Nº. CV 8820094
INFORMACIÓN DEL CLIENTE						
Tipo de Cliente:	Persona Natural	Nombre y Apellido Razón social:		Institución Educativa Tardón		
Tipo de Identificación:	C.C.	Número de Documento:		1.045.842.890		
Teléfono/Celular:	3184293355	E-mail:		edmoncalderon@unicesar.edu.co		
Dirección:	Corregimiento Guacoeche	Departamento y Municipio:		Cesar - Guacoeche		
INFORMACIÓN DEL ÍTEM DE ENSAYO Y DEL MUESTREO						
Matriz:		Agua superficial				
Descripción del ítem de ensayo:		Agua Superficial - Río Cesar				
Solicitó servicio toma de muestra:		Si		Responsable toma de muestra:		
Lugar de toma de muestra:		Corregimiento Guacoeche		Ubicación del muestreo:		
Plan de Muestreo:		PL-0722004		Método de muestreo:		
Hora y Fecha de muestreo:		14:35:00 2022-07-25		Punto de toma:		
Registro sanitario:		N/A		Clasificación de la muestra:		
Fabricante:		N/A		Cantidad recibida:		
Tipo de muestra:		Simple		Número de lote:		
Análisis solicitados:		☒ Microbiológico ☒ Fisicoquímico		Fecha de vencimiento:		
Fecha ingreso del ítem de ensayo:		2022-07-25		Fecha emisión de resultados:		
Ensayos realizados en el lugar de muestreo:		☒ pH ☒ Conductividad ☐ Cloro Libre Residual ☐ Oxígeno Disuelto ☒ Cloro Total				
REPORT DE RESULTADOS						
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS						
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis
Coliformes totales	NMP/100mL	SM 9223 Sumario definido (ISO 10000) Try	N/A	<220.0	N/A	2022-07-25
Escherichia coli	NMP/100mL	SM 9223 Sumario definido (ISO 10000) Try	N/A	200.0	N/A	2022-07-25
CRITERIOS FISIQUÍMICOS						
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	SM 2320-B (Ed 23, 2017) - Método Titulométrico	-	145,497	-	2022-07-25
Conductividad (in Situ)	µS/cm	SM 2510-B (Ed 23, 2017) - Método de Laboratorio	-	372,98	-	2022-07-25
DBO ₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno) (TA)	mg O ₂ /L	SM 5210-B, ASTM 888-12 Método C - Incubación 5 días y Luminiscencia	5,0	< 4,9	9,20	27/07/2022 / 2022-08-01
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	SM 2340-C (Ed 23, 2017) - Método Volumétrico	-	113,83	-	2022-08-06
Fósforo total	mg P /L	SM 4500-P-E (Ed 23, 2017) - Digestión - Método de Ácido ascórbico	-	< 0,15	-	2022-08-03
Potencial de hidrógeno (pH) (in Situ)	Unidades de pH	SM 4500-H-B (Ed 23, 2017) - Electrométrico	-	8,18	-	2022-07-25
Sólidos suspendidos totales (SST) (TA)	mg /L	SM 2540D - Gravimetría Secado 103-105 °C	10,0	17,4	8,68	2022-07-29
Temperatura °C (in Situ)	°C	SM 2550-B Ed 23, 2017 (Ed 23, 2017) - Electrométrico	-	34,04	-	2022-07-25
Consideraciones: (N/A): No Registrado; (SM): Standard Methods for examination of water and wastewater, APHA, AWWA, WEF; (LCM): No detectado por el método; (LCM): Límite de cuantificación del método; (TA): Ensayo certificado con laboratorio acreditado en el método; (TNA): Ensayo certificado con laboratorio no acreditado en el método; (NA): No Aplica; (N/A): Información no suministrada por el cliente; (NMP): Número Más Probable. Notas: 1. Si Resultado obtenido solo es válido para el ítem de ensayo analizado. 2. Cristal Violeta Aguas y Alimentos NO se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en el ingreso del ítem de ensayo y que en este informe de resultado se diferencia por estar en formato: negrita, cursiva y subrayado.						
OBSERVACIONES DEL MUESTREO:		Para los parámetros realizados en el sitio de muestreo, se les hicieron tres lecturas y el resultado es el promedio de las lecturas.				
<u>Judith Santos A.</u> Par técnico de Fisicoquímica. Judith Santos No. Tarjeta Profesional 21626		<u>Sandy Ruiz M.</u> Director técnico de Microbiología Sandy Ruiz Manrique		<u>Laideth Estrada B.</u> Coordinadora de Laboratorio Laideth Estrada B. Autoriza emisión del informe de resultado		
Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.						
FIN DEL INFORME						

Cristal Violeta Aguas y Alimentos
NIT: 901.015.580-4
Carrera 13 # 18 - 48 Barrio Gaitán. Valledupar- Cesar

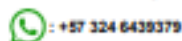
WhatsApp: +57 324 6439379 Instagram: @cristalvioleta_aa Facebook: Laboratorio Cristal Violeta

INFORME DE RESULTADO				No. CV 0020095		
INFORMACIÓN DEL CLIENTE						
Tipo de Cliente: <u>Persona Natural</u>		Nombre y Apellido: <u>Rafael Jarama</u>		Dirección: <u>Barrio La Esperanza</u>		
Tipo de Identificación: <u>C.C.</u>		Número de Documento: <u>1.005.642.860</u>		E-mail: <u>edemocalderon@upcesar.edu.co</u>		
Teléfono/Celular: <u>3107000000</u>		Departamento y Municipio: <u>Cesar - Guacacoche</u>				
INFORMACIÓN DEL ÍTEM DE ENSAYO Y DEL MUESTREO						
Identificación del ítem de ensayo: <u>AG-25072005</u>						
Matriz: <u>Agua superficial</u>						
Descripción del ítem de ensayo: <u>Agua Superficial, Río Cesar</u>						
Solicitó servicio toma de muestra: <u>SI</u>		Responsable toma de muestra: <u>Jaime Salazar</u>				
Lugar de toma de muestra: <u>Corredimiento Guacacoche</u>		Ubicación del muestreo: <u>Corredimiento Guacacoche</u>				
Plan de Muestreo: <u>PL-0722005</u>		Método de muestreo: <u>IDEAM M-SHC-004</u>				
Hora y Fecha de muestreo: <u>15:00:00</u> / <u>2022-07-25</u>		Punto de toma: <u>Rio Cesar - Guacacoche</u>				
Registro sanitario: <u>N.A.</u>		Clasificación de la muestra: <u>N.A.</u>				
Fabricante: <u>N.A.</u>		Cantidad recibida: <u>5 Litros</u>				
Tipo de muestra: <u>Simple</u>		Número de lote: <u>N.A.</u>				
Análisis solicitados: ☒ Microbiológico ☒ Fisicoquímico		Fecha de vencimiento: <u>N.A.</u>				
Fecha ingreso del ítem de ensayo: <u>2022-07-25</u>		Fecha emisión de resultados: <u>2022-08-17</u>				
Ensayos realizados en el lugar de muestreo: ☒ pH ☒ Conductividad ☐ Cloro Libre Residual ☐ Oxígeno Disuelto ☒ Cloro Total <u>Temperatura</u>						
REPORTE DE RESULTADOS						
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS						
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis
Coliformes totales	NMP/100ML	SM 9222 Sumario definido (D-XX) Cuant. try	N.A.	< 2110.1	N.A.	2022-07-25
Escherichia coli	NMP/100ML	SM 9222 Sumario definido (D-XX) Cuant. try	N.A.	279.1	N.A.	2022-07-25
CRITERIOS FÍSICOQUÍMICOS						
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	SM 2320-B (Ed 23, 2017) - Método Titulométrico	-	144,361	-	2022-07-25
Conductividad (in Situ)	µS/cm	SM 2510-B (Ed 23, 2017) - Método de Laboratorio	-	392,33	-	2022-07-25
DBO ₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno) (TA)	mg O ₂ /L	SM 5210-B, ASTM 988-12 Método C - Incubación 5 días y Luminiscencia	5,0	< 4,9	9,20	2707/0022 / 2022-08-01
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	SM 2340-C (Ed 23, 2017) - Método Volumétrico	-	106,41	-	2022-08-06
Fosforo total	mg P /L	SM 4500-P-E (Ed 23, 2017) - Digestión de Ácido ascórbico	-	< 0,15	-	2022-08-03
Potencial de hidrogeno (pH) (in Situ)	Unidades de pH	SM 4500-H-B (Ed 23, 2017) - Electrométrico	-	8,26	-	2022-07-25
Sólidos suspendidos totales (SSG) (TA)	mg /L	SM 2540-D - Gravimetría Secado 103-105 °C	10,0	19,5	8,68	2022-07-29
Temperatura °C (in Situ)	°C	SM 2550-W (Ed 23, 2017) (Ed 23, 2017) - Electrométrico	-	34,01	-	2022-07-25
Comentarios: (N.A.): No Aplica; (SM): Standard Methods for examination of water and wastewater, APHA, 1995; (N.D.): No detectado por el método; (LCM): Límite de cualificación del método; (TA): Ensayo titulado con laboratorio acreditado en el método; (TNA): Ensayo titulado con laboratorio no acreditado en el método; (NA): No Aplica; (I.N.D.): Información no suministrada por el cliente; (NMP): Número Más Probable. Notas: 1. Si Resultado obtenido solo es válido para el ítem de ensayo analizado. 2. Cristal Violeta Aguas y Alimentos NO se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en el ingreso del ítem de ensayo y que en este informe de resultado se diferencia por estar en formato: negrita, cursiva y subrayado.						
OBSERVACIONES DEL MUESTREO:		Para los parámetros realizados en el sitio de muestreo, se les hicieron tres lecturas y el resultado es el promedio de las lecturas.				
<u>Judith Santos A.</u> Par técnico de Fisicoquímica. Judith Santos No. Tarjeta Profesional 21028		<u>Sandy Ruiz R.</u> Director técnico de Microbiología Sandy Ruiz Manrique		<u>Laideth Estrada B.</u> Coordinadora de Laboratorio Autoriza emisión del informe de resultado		
Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.						
FIN DEL INFORME						

Cristal Violeta Aguas y Alimentos

NIT: 901.015.582-4

Carrera 13 # 18 - 48 Barrio Galán, Valledupar- Cesar



Laboratorio Cristal Violeta

INFORME DE RESULTADO		No. CV 0022096				
INFORMACIÓN DEL CLIENTE						
Tipo de Cliente:	Persona Natural	Nombre y Apellido: Ralston Socarr				
Tipo de Identificación:	C.C.	Número de Documento:				
Teléfono/Celular:	2184290000	E-mail:				
Dirección:	Corregimiento Guacocha	Departamento y Municipio:				
INFORMACIÓN DEL ÍTEM DE ENSAYO Y DEL MUESTREO						
Identificación del ítem de ensayo: AG-0507220006						
Matriz:	Agua superficial					
Descripción del ítem de ensayo:	Agua Superficial Río Cesar					
Solicitó servicio toma de muestra:	SI	Responsable toma de muestra:				
Lugar de toma de muestra:	Corregimiento Guacocha	Ubicación del muestreo:				
Plan de Muestreo:	PL-0722006	Método de muestreo:				
Hora y Fecha de muestreo:	15:40:00 2022-07-25	Punto de toma:				
Registro sanitario:	N/A	Clasificación de la muestra:				
Fabricante:	N/A	Cantidad recibida:				
Tipo de muestra:	Simple	Número de lote:				
Análisis solicitados:	☒ Microbiología ☒ Fisicoquímica	Fecha de vencimiento:				
Fecha ingreso del ítem de ensayo:	2022-07-25					
Fecha emisión de resultados:	2022-08-17					
Ensayos realizados en el lugar de muestreo:						
☒ pH ☒ Conductividad ☐ Cloro Libre Residual ☐ Oxígeno Disuelto ☒ Cloro Total ☐ Temperatura						
REPORTE DE RESULTADOS						
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS						
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis
Coliformes totales	NMP/100mL	SM 9222 Sumario definido IDXXX Quant Try	N/A	41980.8	N/A	2022-07-25
Echerichia coli	NMP/100mL	SM 9223 Sumario definido IDXXX Quant Try	N/A	305.4	N/A	2022-07-25
CRITERIOS FÍSICOQUÍMICOS						
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	SM 2320-B (Ed 23, 2017) - Método Titulométrico	-	130,104	-	2022-07-25
Conductividad (in Situ)	µS/cm	SM 2510-B (Ed 23, 2017) - Método de Laboratorio	-	401,33	-	2022-07-25
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno) (TA)	mg O ₂ /L	SM 5210-B, ASTM 888-12 Método C - Incubación 5 días y Luminiscencia	5,0	< 4,9	9,20	27070602 / 2022-08-01
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	SM 2340-C (Ed 23, 2017) - Método Volumétrico	-	103,19	-	2022-08-06
Fósforo total	mg P/L	SM 4500-P-E (Ed 23, 2017) - Digestión - Método de Ácido ascórbico	-	< 0,15	-	2022-08-03
Potencial de hidrógeno (pH) (in Situ)	Unidades de pH	SM 4500-H-B (Ed 23, 2017) - Electrométrico	-	7,53	-	2022-07-25
Sólidos suspendidos totales (SST) (TA)	mg/L	SM 2540D - Gravimetría Secado 103-105 °C	10,0	14,3	8,68	2022-07-29
Temperatura °C (in Situ)	°C	SM 2550-B (Ed 23, 2017) - Electrométrico	-	33,05	-	2022-07-25
Conexiones: (N/A): No Registrada; (SM): Standard Methods for examination of water and wastewater, APHA, 1997. (N/A): No detectado por el método; (LCM): Límite de cuantificación del método; (TA): Ensayo certificado con laboratorio acreditado en el método; (TNA): Ensayo certificado con laboratorio no acreditado en el método; (N/A): No Aplica; (I.N.E.): Información no suministrada por el cliente; (NMP): Número Más Probable. Notas: 1. El Resultado obtenido solo es válido para el ítem de ensayo analizado. 2. Cristal Violeta Aguas y Alimentos NO se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en el ingreso del ítem de ensayo y que en este informe de resultado se diferencia por estar en formato: negrita, cursiva y subrayado.						
OBSERVACIONES DEL MUESTREO:		Para los parámetros realizados en el sitio de muestreo, se les hicieron tres lecturas y el resultado es el promedio de las lecturas.				
<i>Judith Santos A.</i> Par técnico de Fisicoquímica. Judith Santos No. Tarjeta Profesional 21828		<i>Sandy Ruiz M.</i> Directora técnica de Microbiología Sandy Ruiz Manrique		<i>Laideth Estrada B.</i> Coordinadora de Laboratorio Laideth Estrada B. Autoriza emisión del informe de resultado		
Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.						
FIN DEL INFORME						

Cristal Violeta Aguas y Alimentos
NIT: 901.015.580-4

Carrera 13 # 18 - 48 Barrio Gallán, Valledupar- Cesar



+57 324 6439379



@cristalvioleta_aa



Laboratorio Cristal Violeta

INFORME DE RESULTADO		No. CV 0822007	
INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Tipo de Cliente:	Persona Natural	Nombre y Apellido Razón Social:	Edison Caballero Morón
Tipo de Identificación:	C.C.	Número de Documento:	1.065.842.890
Teléfono/Celular:	3181293350	E-mail:	edisoncaballero@unicezar.edu.co
Dirección:	Corregimiento Guacocha	Departamento y Municipio:	Cesar - Guacochá
INFORMACIÓN DEL ÍTEM DE ENSAYO Y DEL MUESTREO			
Identificación del ítem de ensayo:		AG-250722007	
Matriz:	Agua superficial		
Descripción del ítem de ensayo:	Agua Superficial, Rio Cesar		
Solicitó servicio toma de muestra:	SI	Responsable toma de muestra:	Jaime Salcedo
Lugar de toma de muestra:	Corregimiento Guacocha	Ubicación del muestreo:	Corregimiento Guacocha
Plan de Muestreo:	PL-0722007	Método de muestreo:	IDEAM M-S-LC-004
Hora y Fecha de muestreo:	16:15:00 2022-07-25	Punto de toma:	Rio Cesar - Guacocha
Registro sanitario:	N/A	Clasificación de la muestra:	N/A
Fabricante:	N/A	Cantidad recibida:	5 Litros
Tipo de muestra:	Simple	Número de lote:	N/A
Análisis solicitados:	☒ Microbiológico ☒ Fisicoquímico	Fecha de vencimiento:	N/A
Fecha ingreso del ítem de ensayo:	2022-07-25	Fecha emisión de resultados:	2022-08-17
Ensayos realizados en el lugar de muestreo:			
☒ pH ☒ Conductividad ☐ Cloro Libre Residual ☐ Oxígeno Disuelto ☒ Cloro Total ☐ Temperatura			
REPORTE DE RESULTADOS			
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS			
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM Resultado Incertidumbre Fecha de Análisis
Coliformes totales	NMP/100mL	SM 9222 Sistema definido (DLXX Quars Try	N/A <1024 3 N/A 2022-07-25
Echerichia coli	NMP/100mL	SM 9223 Sistema definido (DLXX Quars Try	N/A 264 9 N/A 2022-07-25
CRITERIOS FÍSICOQUÍMICOS			
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM Resultado Incertidumbre Fecha de Análisis
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	SM 2320-B (Ed 23, 2017) - Método Titulométrico	- 139,532 - 2022-07-25
Conductividad (in Situ)	µS/cm	SM 2510-B (Ed 23, 2017) - Método de Laboratorio	- 376,66 - 2022-07-25
DBO ₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno) (TA)	mg O ₂ /L	SM 5210-B, ASTM 988-12 Método C - Incubación 5 días y Luminiscencia	5,0 < 5,0 9,20 2707/0002 / 2022-08-01
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	SM 2340-C (Ed 23, 2017) - Método Volumétrico	- 108,82 - 2022-08-06
Fósforo total	mg P /L	SM 4500-P-E (Ed 23, 2017) - Digestión - Método de Ácido ascórbico	- < 0,15 - 2022-08-03
Potencial de hidrogeno (pH) (in Situ)	Unidades de pH	SM 4500-H-B (Ed 23, 2017) - Electrométrico	- 7,97 - 2022-07-25
Sólidos suspendidos totales (SST) (TA)	mg /L	SM 2540-D - Gravimetría Secado 103-105 °C	10,0 15,4 8,68 2022-07-29
Temperatura °C (in Situ)	°C	SM 2590-B Ed 23, 2017 (Ed 23, 2017) - Electrométrico	- 33,02 - 2022-07-25
Consideraciones: (N/A): No Realiza; (SM): Standard Methods for examination of water and waste water 19th ed. 2011, APHA, 1997; (N.E.): No detectable por el método; (LCM): Límite de cuantificación del método; (TA): Ensayo licenciado con laboratorio acreditado en el método; (TNA): Ensayo licenciado con laboratorio no acreditado en el método; (NA): No Aplica; (I.N.E.): Información no suministrada por el cliente; (NMP): Número Más Probable. NOTAS: 1. El Resultado obtenido solo es válido para el ítem de ensayo analizado. 2. Cristal Violeta Agua y Alimentos NO se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en el ingreso del ítem de ensayo y que en este informe de resultado se diferencia por estar en formato: negrita, cursiva y subrayado.			
OBSERVACIONES DEL MUESTREO:		Para los parámetros realizados en el sitio de muestreo, se les hicieron tres lecturas y el resultado es el promedio de las lecturas.	
<i>Juith Santos A.</i> Par técnico de Fisicoquímica. Judith Santos No. Tarjeta Profesional 21628		<i>Sandy Ruiz M.</i> Director técnico de Microbiología Sandy Ruiz Manrique	
		<i>Laideth Estrada B.</i> Coordinadora de Laboratorio Laideth Estrada B. Autoriza emisión del informe de resultado	
Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.			
FIN DEL INFORME			

Cristal Violeta Agua y Alimentos

NIT: 901.015.580-4

Carrera 13 # 18 - 48 Barrio Galán, Valledupar- Cesar



+57 324 6439379



@cristalvioleta_aa



Laboratorio Cristal Violeta

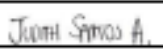
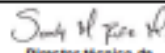
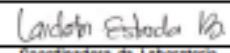
INFORME DE RESULTADO						No. CV 002008
INFORMACIÓN DEL CLIENTE						
Tipo de Cliente:	Persona Natural	Nombre y Apellido Razón social:		Edison Calderón Muñoz		
Tipo de Identificación:	C.C.	Número de Documento:		1.065.842.880		
Teléfono/Celular:	218728280	E-mail:		edisoncalderon@unicesar.edu.co		
Dirección:	Corredoriento Guascoche	Departamento y Municipio:		Cesar - Guascoche		
INFORMACIÓN DEL ÍTEM DE ENSAYO Y DEL MUESTREO						
Identificación del ítem de ensayo: Ad-250722008						
Matriz: Agua superficial						
Descripción del ítem de ensayo: Agua Superficial, Río Cesar						
Solicitó servicio toma de muestra:	SI	Responsable toma de muestra:		Jaime Salcedo		
Lugar de toma de muestra:	Corredoriento Guascoche	Ubicación del muestreo:		Corredoriento Guascoche		
Plan de Muestreo:	PL-0722008	Método de muestreo:		IDEAM M-S-L-C-004		
Hora y Fecha de muestreo:	16:43:55 2022-07-25	Punto de toma:		Río Cesar - Guascoche		
Registro sanitario:	N.A.	Clasificación de la muestra:		N.A.		
Fabricante:	N.A.	Cantidad recibida:		5 Litros		
Tipo de muestra:	Simple	Número de lote:		N.A.		
Análisis solicitado:	☒ Microbiológico ☒ Fisicoquímico	Fecha de vencimiento:		N.A.		
Fecha ingreso del ítem de ensayo:	2022-07-25	Fecha emisión de resultados:		2022-08-17		
Ensayos realizados en el lugar de muestreo:						
☒ pH ☒ Conductividad ☐ Cloro Libre Residual ☐ Oxígeno Disuelto ☒ Cloro Total						
REPORTE DE RESULTADOS						
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS						
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis
Coliformes totales	NMP/100mL	SM 9223 Sumario definido (US-X) Quante Try	N.A.	<2000 A	N.A.	2022-07-25
Eschencia coli	NMP/100mL	SM 9223 Sumario definido (US-X) Quante Try	N.A.	300 B	N.A.	2022-07-25
CRITERIOS FÍSICOQUÍMICOS						
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	SM 2320-B (Ed 23, 2017) - Método Titulométrico	-	144,256	-	2022-07-25
Conductividad (in Situ)	µS/cm	SM 2510-B (Ed 23, 2017) - Método de Laboratorio	-	381,66	-	2022-07-25
DBO ₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno) (TA)	mg O ₂ /L	SM 5210-B, ASTM 888-12 Método C - Incubación 5 días y Luminiscencia	5,0	< 4,9	9,20	27/07/2022 / 2022-08-01
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	SM 2340-C (Ed 23, 2017) - Método Volumétrico	-	111,23	-	2022-08-06
Fósforo total	mg P /L	SM 4500-P-E (Ed 23, 2017) - Digestión - Método de Ácido ascórbico	-	< 0,15	-	2022-08-03
Potencial de hidrogeno (pH) (in Situ)	Unidades de pH	SM 4500-H-B (Ed 23, 2017) - Electrométrico	-	7,46	-	2022-07-25
Sólidos suspendidos totales (SGT) (TA)	mg /L	SM 2540-D - Gravimetría Secado 103-105 °C	10,0	16,3	8,68	2022-07-29
Temperatura °C (in Situ)	°C	SM 2500-H (Ed 23, 2017) - Electrométrico	-	31,03	-	2022-07-25
Concentraciones: (N.R.): No Registrado; (M): Método; (Método) for examination of water and waste water: APHA, 1995; (N.A.): No detectable por el método; (LCM): Límite de cuantificación del método; (TA): Ensayo desarrollado con laboratorio acreditado en el método; (TNA): Ensayo desarrollado con laboratorio no acreditado en el método; (N.A.): No Aplica; (N.D.): Información no suministrada por el cliente; (NMP): Número Más Probable. Notas: 1. El Resultado obtenido solo es válido para el ítem de ensayo analizado. 2. Cristal Violeta Aguas y Alimentos NO se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en el ingreso del ítem de ensayo y que en este informe de resultado se diferencia por estar en formato: negrita, cursiva y subrayado.						
OBSERVACIONES DEL MUESTREO:						
Para los parámetros realizados en el sitio de muestreo, se les hicieron tres lecturas y el resultado es el promedio de las lecturas.						
 Par técnico de Fisicoquímica. Judith Santos No. Tarjeta Profesional 21628		 Director técnico de Microbiología Sandy Ruiz Manrique		 Coordinadora de Laboratorio Laideth Estrada B. Autoriza emisión del informe de resultado		
Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.						
FIN DEL INFORME						

Cristal Violeta Aguas y Alimentos

NIT: 901.015.580-4

Carrera 13 # 18 - 48 Barrio Galán. Valledupar- Cesar

: +57 324 6439379
 : @cristalvioleta_aa
 : Laboratorio Cristal Violeta

INFORME DE RESULTADO		No. CV 0022099				
INFORMACIÓN DEL CLIENTE						
Tipo de Cliente:	Persona Natural	Nombre y Apellido Razón social:	Kelson Caballerón			
Tipo de Identificación:	C.C.	Número de Documento:	1.065.842.802			
Teléfono/Celular:	3181293355	E-mail:	edinsoncaballeron@upcesar.edu.co			
Dirección:	Corregimiento Guacoeche	Departamento y Municipio:	Cesar - Guacoeche			
INFORMACIÓN DEL ÍTEM DE ENSAYO Y DEL MUESTREO						
Identificación del ítem de ensayo:		AG-25072009				
Matriz:		Agua superficial				
Descripción del ítem de ensayo:		Agua Superficial - Río Cesar				
Solicitó servicio toma de muestra:	SI	Responsable toma de muestra:	Jaime Sulestas			
Lugar de toma de muestra:	Corregimiento Guacoeche	Ubicación del muestreo:	Corregimiento Guacoeche			
Plan de Muestreo:	PL-0722009	Método de muestreo:	INEAM M-S-1-C-004			
Hora y Fecha de muestreo:	17:15:00 2022-07-25	Punto de toma:	Río Cesar - Guacoeche			
Registro sanitario:	N/A	Clasificación de la muestra:	N/A			
Fabricante:	N/A	Cantidad recibida:	5 Litros			
Tipo de muestra:	Simple	Número de lote:	N/A			
Análisis solicitados:	☒ Microbiología ☒ Fisicoquímica	Fecha de vencimiento:	N/A			
Fecha ingreso del ítem de ensayo:	2022-07-25	Fecha emisión de resultados:	2022-08-17			
Ensayos realizados en el lugar de muestreo:						
☒ pH ☒ Conductividad ☐ Cloro Libre Residual ☐ Oxígeno Disuelto ☒ Cloro Total						
REPORT DE RESULTADOS						
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS						
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis
Coliformes totales	NMP/100mL	SM 9222 (Método de dilución) (ISO 4833:1991)	N/A	<1972.3	N/A	2022-07-25
Bacterias col	NMP/100mL	SM 9222 (Método de dilución) (ISO 4833:1991)	N/A	332.3	N/A	2022-07-25
CRITERIOS FÍSICOQUÍMICOS						
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis
Acidez Total	mg CaCO ₃ /L	SM 2320-B (Ed 23, 2017) - Método Titulométrico	-	150.324	-	2022-07-25
Conductividad (in Situ)	µS/cm	SM 2510-B (Ed 23, 2017) - Método de Laboratorio	-	374.33	-	2022-07-25
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno) (TA)	mg O ₂ /L	SM 5210-B, ASTM 588-12 Método C - Incubación 5 días y Luminiscencia	5,0	< 5,0	9,20	27/07/2022 / 2022-08-01
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	SM 2340-C (Ed 23, 2017) - Método Volumétrico	-	110.28	-	2022-08-06
Fósforo total	mg P /L	SM 4500-P-E (Ed 23, 2017) - Digestión - Método de Ácido ascórbico	-	< 0.15	-	2022-08-03
Potencial de hidrógeno (pH) (in Situ)	Unidades de (pH)	SM 4500-H-B (Ed 23, 2017) - Electrométrico	-	8,05	-	2022-07-25
Sólidos suspendidos totales (SST) (TA)	mg /L	SM 2540-D - Gravimetría Secado 103-105 °C	10,0	14,5	8,68	2022-07-29
Temperatura °C (in Situ)	°C	SM 2550-A (Ed 23, 2017) - Electrométrico	-	32,06	-	2022-07-25
Comentarios: (N/A): No Aplica; (SM): Standard Methods for examination of water and wastewater, APHA, 1995; (N/A): No detectado por el método; (LCM): Límite de cuantificación del método; (TA): Ensayo titulado con laboratorio acreditado en el método; (TNA): Ensayo titulado con laboratorio no acreditado en el método; (N/A): No Aplica; (I.N.E.): Información no suministrada por el cliente; (NMP): Número Más Probable.						
Notas: 1. El Resultado obtenido solo es válido para el ítem de ensayo analizado. 2. Cristal Violeta Aguas y Alimentos NO se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en el ingreso del ítem de ensayo y que en este informe de resultado se diferencia por estar en formato: negrita, cursiva y subrayado.						
OBSERVACIONES DEL MUESTREO:		Para los parámetros realizados en el sitio de muestreo, se les hicieron tres lecturas y el resultado es el promedio de las lecturas.				
 Par técnico de Fisicoquímica. Judith Santos No. Tarjeta Profesional 21020		 Director técnico de Microbiología Sandy Ruiz Manrique		 Coordinadora de Laboratorio Laideth Estrada B. Autoriza emisión del informe de resultado		
Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.						
FIN DEL INFORME						

Cristal Violeta Aguas y Alimentos
NIT: 901.015.580-4
Carrera 13 # 15 - 48 Barrio Galán. Valledupar- Cesar

 +57 324 6439379
  : @cristalvioleta_as
  : Laboratorio Cristal Violeta