

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA A TRAVÉS DEL USO DE
BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS) POR EL MÉTODO
BMWP-COL EN EL BALNEARIO “EL RINCÓN” EN VALLEDUPAR – CESAR.**

AUTORES:

MORELIS GAMARRA MONTES

ARIANNE PATRICIA SUAREZ AYALA

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA.
VALLEDUPAR – CESAR**

2022

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA A TRAVÉS DEL USO DE
BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS) POR EL MÉTODO
BMWP-COL EN EL BALNEARIO “EL RINCÓN” EN VALLEDUPAR – CESAR.**

AUTORES:

**MORELIS GAMARRA MONTES
ARIANNE PATRICIA SUAREZ AYALA**

DIRECTOR:

**JOSÉ MAURICIO PÉREZ ROYERO
ING. AMBIENTAL
ESPECIALISTA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS
MAESTRANTE EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA.
VALLEDUPAR – CESAR**

2022



**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

DEDICATORIA

Este proyecto de grado está dedicada a mis padres Morelis Montes Mendoza, Armando Gamarra Ramírez, a mis abuelos Carmen Ramírez, Clara Montes y Pablo Rodríguez gracias por su amor, confianza y paciencia puede cumplir el sueño de ser un gran profesional.

Morelis Gamarra Montes



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



A mis padres Claudia Ayala y Luciano Suarez, por sus consejos, valores, amor, y apoyo en todo momento; mi abuelo Alberto Ayala por su acompañamiento y motivación en esta formación.

Arianne Patricia Suarez Ayala

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

AGRADECIMIENTOS

Principalmente quiero agradecer a Dios que ha sido el motor de mi vida, a mis padres, hermanos y familiares quienes me han apoyado incondicionalmente para sacar adelante mi carrera profesional como ingeniera ambiental & sanitaria.

Le agradezco al Ingeniero José Mauricio Pérez por su tiempo y conocimiento que hicieron posible la realización de este proyecto. También le agradezco a mi compañera Arianne Suarez, por su apoyo incondicional y compromiso en la realización de nuestra tesis, a mis amigos que aportaron su granito de arena para que todo esto fuera posible.

Y finalmente agradezco a mis docentes de la Universidad Popular del Cesar, por enseñarme, compartir sus conocimientos y motivarme a desarrollarme como persona y profesional.

A todos, mi mayor reconocimiento y gratitud.

Morelis Gamarra Montes

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

A Dios principalmente por la vida y permitirme haber culminado tan importante meta como lo es la formación profesional, por ayudarme y guiarme en los pasos y decisiones tomadas en la vida.

A mis padres y hermanos quienes me han apoyado incondicionalmente para sacar adelante mi carrera profesional como ingeniera ambiental & sanitaria, por ser el pilar, apoyo moral y financiero.

Le agradezco al Ingeniero José Mauricio Pérez por su tiempo, acompañamiento, colaboración y conocimiento que hicieron posible el desarrollo de este proyecto.

Agradezco a los docentes de la Universidad Popular del Cesar, por enseñarme, compartir sus conocimientos y motivarme a desarrollarme como persona y profesional.

También le agradezco a mi compañera Morelis Gamarra, por su apoyo en la realización de nuestra tesis, a mis amigos por brindarme su apoyo, acompañamiento y cariño.

Arianne Patricia Suarez Ayala

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

RESUMEN

Si bien es cierto, las actividades recreativas, domésticas, agropecuarias, que se realizan en cercanía a los ríos pueden generar un desarrollo económico y social para la población por su significancia en cuanto a los beneficios que de ellas obtienen. Sin embargo, en el mayor de los casos se deja a un lado el factor ambiental, el cual se puede ver afectado por dichas actividades.

El presente proyecto de investigación tuvo como finalidad contribuir a través de la implementación del método BMWP/Col, el ICA y el análisis fisicoquímico de algunos parámetros a la identificación de la calidad del agua del río Guatapurí en el sector del balneario el Rincón.

La implementación del ICA dejó como resultado que la calidad del agua del balneario es mala, dando una señal de alerta naranja. Mientras que el método BMWP/Col indicó que el mayor porcentaje de organismos que se encontraron en el río son altamente sensibles a la contaminación, lo que indica que en el afluente no hay cambios ecológicos negativos que afecten la presencia de estos. Los parámetros fisicoquímicos analizados arrojaron resultados que cumplen con los límites permisibles por la normativa colombiana.

Lo anterior refleja el estado actual del río Guatapurí en el sector del balneario el Rincón y la importancia de tomar en cuenta las medidas de mitigación enmarcadas para la protección ambiental, orientando así las actividades económicas que se realizan aledañas al balneario, con el propósito de hacer compatibles las estrategias de desarrollo económico y social de toda la comunidad, con las de preservación ambiental.

Palabras claves: BMWP, ICA, parámetros.

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

ABSTRACT

While it is true that recreational, domestic, agricultural and livestock activities carried out near rivers can generate economic and social development for the population because of their significance in terms of the benefits obtained from them. However, in most cases the environmental factor, which can be affected by these activities, is left aside.

The purpose of this research project was to contribute through the implementation of the BMWP/Col method, the ICA, and the physicochemical analysis of some parameters to the identification of the water quality of the Guatapurí river in the sector of the Rincón spa.

The implementation of the ICA resulted in the water quality of the resort being poor, giving an orange alert signal. The BMWP/Col method indicated that the highest percentage of organisms found in the river are highly sensitive to contamination, which indicates that there are no negative ecological changes in the tributary that affect the presence of these organisms. The physicochemical parameters analyzed yielded results that comply with the limits allowed by Colombian regulations.

The above reflects the current state of the Guatapurí river in the sector of the Rincón spa and the importance of taking into account the mitigation measures framed for environmental protection, thus guiding the economic activities that are carried out near the spa, with the purpose of making the economic and social development strategies of the entire community compatible with those of environmental preservation

Keywords: BMWP, ICA, parameter.

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

TABLA DE CONTENIDO

Introduccion	14
1. Titulo del proyecto.....	16
2. Planteamiento y Formulacion del Problema.....	17
3. Justificación del Proyecto	19
4. Objetivos.....	20
4.1 Objetivo General	20
4.2 Objetivos Específicos.....	20
5. Marco Referencial.....	21
5.1 Antecedentes de la Investigacion	21
5.2 Marco teórico	25
5.2.1 Calidad del agua	25
5.2.2. Parámetros físicos y químicos de las aguas.....	25
5.2.3 Consideración de un bioindicador	29
5.2.4 Los insectos en la Bioindicación	31
5.2.5. Índices bióticos para aguas fluviales	31
5.2.6. Método BMWP para Colombia (BMWP/COL).....	32
5.2.7. Mapas de calidad de agua.....	35
5.2.8. Índice de calidad de agua.....	36
5.2.9. Comunidades de macroinvertebrados acuáticos.....	37
5.2.10. Familias más usuales de macroinvertebrados acuáticos.....	40
5.3. Marco Conceptual	42

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

ASPT:	42
Bentónico:.....	42
Biodiversidad:.....	42
Bioindicadores:	42
BMWP:.....	42
Calidad del agua:	42
Coxa:.....	43
Cuenca:	43
Depuración:	43
Limnología:	43
Macroinvertebrados:	43
Patógenos:.....	43
Salinidad:	43
Sedentarismo:	44
Sedimento:.....	44
Taxonomía:	44
5.4. Marco Contextual.....	45
5.4.1. Localización de la Zona de Estudio.....	45
5.4.2. Geografía	48
5.4.3. Cultura	48
5.4.4. Clima	49
5.4.5. Hidrografía.....	49
5.4.6. Fauna y Flora.....	49

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

5.5. Marco Legal	51
6. Marco Metodológico.....	57
6.1. Línea y Sublínea de Investigación	57
6.2. Tipo de Investigación.....	57
6.3. Nivel de Investigación.....	57
6.4. Población de Estudio.....	58
6.5. Muestra Poblacional.....	58
6.6. Desarrollo Metodológico.....	58
6.6.1. Trabajo de campo	58
6.6.2. Selección de puntos de muestreo.....	60
6.6.3. Recolección de muestra de agua.....	61
7. Resultado y Analisis	73
7.1. Análisis del Comportamiento Hidrométrico del Balneario el Rincón.	73
7.2. Análisis de los Parámetros Físicos y Químicos	75
7.2.1. Temperatura.....	77
7.2.2. pH	78
7.2.3. Conductividad eléctrica.	79
7.2.4. Alcalinidad.....	80
7.2.5. Oxígeno disuelto.....	81
7.3. Análisis de Macroinvertebrados Acuáticos.....	82
7.4. Índice de Calidad del Agua (ica).....	94
Conclusiones.....	96
Recomendaciones	98



**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

Bibliografía	99
Anexos.	105
Anexo 1. Ejemplo del Cálculo del Índice BMWP/Col Para la Época de sequia y la época de lluvia.....	105
Anexo 2. Ejemplo del Cálculo del Caudal en el Balneario el Rincón en Época de sequia y en Época de lluvia	107
Anexo 3. Soporte Fotográfico de Macroinvertebrados	109
Anexo 4. Resultados de Laboratorio de las Muestras de Agua en el Balneario el Rincón en las Tres Estaciones de Muestreo en la Época de Invierno y Verano.	129
Anexo 5. Determinación de los Índices de Calidad del Agua (ICA)	135
Anexo 6. Registro fotografico.....	143

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores de parámetros físicos y químicos establecidos por la normatividad ambiental colombiana vigente para consumo humano.....	28
Tabla 2. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.	34
Tabla 3. Valores de BMWP-COL para la identificación de la calidad del agua	36
Tabla 4 Descriptores de calidad del ICA.....	37
Tabla 5. Marco Legal	51
Tabla 6. Cronograma de recolección de muestras de agua en las estaciones de muestreos en época de invierno.	62
Tabla 7. Cronograma de recolección de muestras de agua en las estaciones de muestreos en época de verano.	62
Tabla 8. Métodos para la determinación de parámetros físicos y químicos.	63
Tabla 9. Cronograma de recolección de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreos en época de lluvia.	65
Tabla 10. Cronograma de recolección de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreos en época de sequía.	65
Tabla 11. Cinco variables involucradas en el cálculo del ICA, sus unidades y su ponderación dentro de la fórmula de cálculo.....	68
Tabla 12. Relación de la calidad del agua con el porcentaje de saturación de oxígeno.....	69
Tabla 13. Medición de caudales en épocas de invierno.....	74
Tabla 14. Medición de caudales en épocas de verano.....	74
Tabla 15. Parámetros físicos y químicos en las tres estaciones de muestreo en época de lluvia.	75
Tabla 16. Parámetros físicos y químicos en las tres estaciones de muestreo en época de sequía.	76
Tabla 17. Caracterización taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos recolectados en la estación 1 de muestreo en época de sequía en el Balneario el Rincón.....	83
Tabla 18. Caracterización taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos recolectados en la estación 2 de muestreo en época de sequía en el Balneario el Rincón.....	84

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

Tabla 19. Caracterización taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos recolectados en la estación 3 de muestreo en época de sequía en el Balneario el Rincón.....	85
Tabla 20. Caracterización taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos recolectados en la estación 1 de muestreo en época de lluvia en el Balneario el Rincón.....	86
Tabla 21. Caracterización taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos recolectados en la estación 2 de muestreo en época de lluvia en el Balneario el Rincón.....	87
Tabla 22. Caracterización taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos recolectados en la estación 3 de muestreo en época de lluvia en el Balneario el Rincón.....	88
Tabla 23. Representación porcentual de los macroinvertebrados acuáticos según el orden taxonómico recolectados en el balneario el Rincón en época de verano.....	91
Tabla 24. Representación porcentual de los macroinvertebrados acuáticos según el orden taxonómico recolectados en el balneario el Rincón en época de invierno.	91
Tabla 25. Determinación del índice BMWP en las estaciones de muestreo en el Balneario el Rincón en época de verano.....	93
Tabla 26. Determinación del índice BMWP en las estaciones de muestreo en el Balneario el Rincón en época de invierno.	93
Tabla 27. Índice promedio de calidad del agua en época de invierno y verano.	94
Tabla 28. Índice promedio de calidad del agua en época de verano con información secundaria.	95



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Macroinvertebrados Neuston.....	38
Figura 2. Macroinvertebrados Necton.	39
Figura 3. Macroinvertebrados Bentos.....	40
Figura 4. Ubicación espacial de las estaciones de muestreo en el Balneario “El Rincón”	46
Figura 5. Ubicación geográfica del río Guatapurí	47
Figura 6. Toma de muestra de agua en el balneario el Rincón	63
Figura 7. Comportamiento de la temperatura en las estaciones de muestreo	77
Figura 8. Comportamiento del pH en las estaciones de muestreo.....	78
Figura 9. Comportamiento de la Conductividad eléctrica en las estaciones de muestreo	79
Figura 10. Comportamiento de la alcalinidad en las estaciones de muestreo	80
Figura 11. Comportamiento del oxígeno disuelto en las estaciones de muestreo	81

Introducción

El agua es un recurso imprescindible para la sobrevivencia de los seres humanos, lo cual ha generado que históricamente las comunidades se hayan asentado en cercanías a las fuentes hídricas (Ramírez, 2011). Dicha proximidad aunada a la poca gestión ha conllevado a la modificación de la calidad y disponibilidad del recurso, lo que se debe principalmente al desarrollo de actividades antrópicas como vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales, destrucción de hábitats, modificación del régimen hídrico, entre otros (Reyes, 2001).

La evaluación de la calidad del agua puede realizarse a través del monitoreo de variables fisicoquímicas y biológicas, que permiten evidenciar el ingreso de contaminantes (Aguirre, 2014).

En Colombia se han realizado estudios sobre la Bioindicación de la calidad del agua desde los años setenta. Las investigaciones pioneras realizadas en Antioquia por Roldán (1973, 1996) permitieron la elaboración de una guía taxonómica y ecológica sobre los macroinvertebrados. Esta guía ha tenido gran aceptación en el Neotrópico y ha servido como punto de partida para la elaboración de claves regionales en varios países (Roldán G., 2009). Roldán (1996), realizó una adaptación del sistema Biological Monitoring Working Party para evaluar la calidad del agua en Colombia (BMWP/COL), este índice ha sido ampliamente empleado en nuestro país (Aguirre, 2014).

La presente investigación tiene como objetivo principal la evaluación de la calidad del agua a través del uso de bioindicadores (macroinvertebrados acuáticos) por el método BMWP-COL en el balneario “El Rincón” en Valledupar – Cesar, enfocado a determinar las condiciones físicas y químicas del recurso hídrico, así como también los causantes de estas.

En el desarrollo de este proyecto se ejecutan varias actividades las cuales permiten de manera organizada y clara obtener nuestro objetivo. Estas actividades consisten en establecer tres

estaciones de monitoreo en puntos específicos del balneario, se toman muestras de agua y macroinvertebrados, seguidamente se realiza una caracterización y clasificación de estos para posteriormente analizarlos y compararlos con los índices de calidad de agua y así poder determinar las condiciones del balneario el Rincón. El proyecto de grado se dividió en tres etapas la primera consiste en la determinación de los valores de parámetros físicos y químicos del agua del río Guatapurí en el sector balneario El Rincón para periodo seco y de lluvia. La segunda etapa consiste en la caracterización de los macroinvertebrados por el método BMWP-COL en los periodos climáticos secos y de lluvias como indicadores de calidad de agua. Y la tercera etapa consiste en el análisis del índice de calidad de agua (ICA) teniendo en cuenta los parámetros físicos y químicos determinados.

1. Título del proyecto

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA A TRAVÉS DEL USO DE
BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS) POR EL MÉTODO
BMWP-COL EN EL BALNEARIO “EL RINCÓN” EN VALLEDUPAR – CESAR.**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

2. Planteamiento y Formulación del Problema

Al noroccidente de Valledupar se encuentra ubicado Balneario El Rincón, el cual desde hace varios años viene presentando problemáticas de contaminación en la fuente hídrica ocasionando deterioro en la salud de las personas que habitan aledañas a la orilla del río Guatapurí, ya que utilizan el agua proveniente de él para fines personales y también a aquellas que lo aprovechan como sitio turístico; además se evidencia el deterioro del ecosistema, lo cual se debe por que los habitantes vierten sus residuos sólidos y las aguas negras provenientes de sus viviendas al cauce del río, también se evidencia a personas que captan el agua del río para lavado de vehículos pesados y posteriormente son vertidas a este mismo como aguas grises (El Pilón, 2019). A pesar de que en cercanías del balneario el rincón se encuentra ubicada la planta de tratamiento de agua potable de EMDUPAR, la población aledaña al río Guatapurí no cuenta con un tratamiento óptimo para el consumo de esta.

Corpocesar mediante el boletín del 28 de agosto del 2019, informa que el balneario el Rincón está siendo invadido por construcciones ilegales rudimentarias, las cuales están arrojando residuos sólidos y aguas residuales al efluente (Corpocesar, 2019).

Ecologistas y bañistas del municipio de Valledupar que frecuentan esta zona atractiva del balneario “El Rincón” en la parte norte del río Guatapurí, manifiestan que hoy luce abandonado y tomado por toda clase de ruina y residuos sólidos e inexplicablemente ninguna administración municipal se ha interesado en recuperar ese lugar que ha sido invadido por particulares que han establecido allí unos sectores subnormales que terminan contaminando esa fuente hídrica por aguas residuales domésticas y residuos sólidos (Cesar Noticias, 2019).

Balneario el Rincón es utilizado como zona de explotación de material de hecho, (Minería de hecho ilegal), donde se extraen materiales pétreos mediante vehículo tipo volquetas y paleros, realizando además el lavado de vehículos Transportadores de este material, generando vertimiento

de grasas y aceites, alterando posiblemente las condiciones naturales de este sector del río Guatapurí y por ende afectando al sector del balneario El Rincón (Comunidad, 2018).

¿los bioindicadores pueden ser un método para determinar la calidad de un recurso hídrico superficial?

3. Justificación del Proyecto

Uno de los métodos de evaluación de la calidad del agua más usado y aceptado como herramienta importante es el BMWP-Col de los macroinvertebrados, ya que responde 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.

La presente investigación pretende evidenciar el problema ambiental de contaminación que se viene presentando en el balneario El Rincón, el cual busca proponer medidas de conservación y recuperación del río Guatapurí en este sector, aportando a la gestión del recurso hídrico de la zona que es indispensables para nuestro municipio y el departamento.

Lo que se busca con esta investigación son posibles soluciones a esta problemática ambiental en la que se encuentra el balneario El Rincón y que las autoridades ambientales competentes permitan diseñar y promover medidas de conservación de este importante sector y de este recurso hídrico.

El presente estudio está encaminado a obtener datos reales que permitan conocer la situación actual en que se encuentra el río, por medio de este conocimiento se podrá establecer medidas preventivas, de la mano con la comunidad y con las autoridades ambientales y municipales con el fin de hacer cumplir las normativas que protegen el medio ambiente.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Evaluar la calidad del agua a través del método BMWP-Col por medio del uso de macroinvertebrados acuáticos en el balneario “El Rincón” de Valledupar-Cesar.

4.2 Objetivos Específicos

- ✓ Determinar los valores de parámetros físicos y químicos del agua del río Guatapurí en el sector balneario El Rincón para periodo seco y de lluvia.
- ✓ Caracterizar los macroinvertebrados por el método BMWP-COL en los periodos climáticos secos y de lluvias como indicadores de calidad de agua.
- ✓ Analizar el índice de calidad de agua (ICA) en el río Guatapurí, sector Balneario El Rincón, teniendo en cuenta los parámetros físicos y químicos determinados.

5. Marco Referencial

Para el foco de estudio de la presente investigación, es imprescindible cada iniciativa o planteamiento que encierre la valoración de las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua. A continuación, se presentan los estudios más actualizados referentes a la evaluación de la calidad del agua por medio de macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos que aportan información a la investigación.

5.1 Antecedentes de la Investigación

Garces y Pacheco (2020), desarrollan la investigación titulada Análisis de la calidad del agua a partir de la correlación entre variables fisicoquímicas y macroinvertebrados en tres sectores del río Caney, Restrepo, Meta; para optar el título de Ingeniero Ambiental en la universidad Santo Tomas. Esta investigación se lleva a cabo en tres etapas; ETAPA 1: cálculo del índice de calidad del agua para corrientes superficiales para el caso de 5 variables propuesto por el IDEAM; en esta etapa seleccionaron los puntos de muestreos, midieron parámetros fisicoquímicos como pH, temperatura, conductividad eléctrica, caudal, profundidad, ancho del río, velocidad del río y oxígeno disuelto también, demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales, y se realizaron los cálculos necesarios. ETAPA 2: Obtención y clasificación de macroinvertebrados bentónicos mediante el índice BMWP Col; en esta etapa se realiza la recolección de macroinvertebrados, análisis en el laboratorio y cálculo de BMWP. ETAPA 3: Correlación entre los macroinvertebrados bentónicos y los índices de calidad del agua del río Caney; en esta etapa analizan los datos obtenidos. El resultado de BMWP dio valores tan bajos debido a la poca cantidad de familias encontradas esto posiblemente a la presencia de rápidos y a pesar de que se encontró gran cantidad de individuos no sumo ya que estos pertenecían mayormente a la familia Baetidae, los resultados obtenidos de ICA fueron más precisos en este caso para los tres sectores escogidos. Los aportes directos al presente estudio se basan en entender la relación que existe entre los macroinvertebrados y los parámetros fisicoquímicos para determinar de la calidad de agua.

Yépez et al. (2017), desarrollan la investigación titulada Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador, en la Universidad de Ecuador. Esta investigación se lleva a cabo en dos etapas; ETAPA 1: trabajo de campo y laboratorio, se efectúan cuatro muestreos periódicos cada 20 días, fueron medidos in situ los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua: oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos disueltos totales (SDT) mediante un medidor multiparamétrico. Con una Red D-net por sitio de muestreo, se ejecutan arrastres removiendo hojarasca y sedimento in situ en el cauce en una extensión de 100 m longitudinales en sentido contrario de la corriente. Las muestras recogidas son etiquetadas y almacenadas en recipientes con alcohol al 70% en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. La identificación taxonómica de los especímenes llegó hasta nivel de familia utilizando un estereoscopio y claves taxonómicas especializadas. ETAPA 2: en la cual se analizan todos los datos obtenidos. Los resultados de esta investigación arrojan que los valores promedios de los parámetros de calidad de agua son similares entre los sitios de muestreo. Los aportes directos al presente estudio se basan en la especificación de cada macroinvertebrado y como este os puede indicar si contamos con un agua en óptimas condiciones o no.

Castaño y Quintana (2016), desarrolla la investigación titulada análisis comparativo de la calidad del agua usando Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la parte Alta, media y baja de la quebrada el tabor en el municipio de san Carlos, Antioquia; para optar el título de Ingeniero Ambiental en tecnológico de Antioquia, Institución universitaria. Esta investigación se lleva en dos etapas, estas fueron; ETAPA 1: identificación de los puntos de muestreo, medición de parámetros fisicoquímicos y recolección de macroinvertebrados. ETAPA 2: identificación de macroinvertebrados y cálculo del BMWP. Los resultados de esta investigación arrojan que la quebrada presenta para cada punto de muestreo los siguientes resultados; parte Alta 132 Buena, parte Media 120 Buena, parte Baja 86 Aceptable. Los aportes directos al presente estudio se basan en la utilización de macroinvertebrados para el análisis de calidad de agua.

Gil (2014), desarrolla la investigación titulada determinación de la calidad del agua mediante variables fisicoquímicas y la comunidad de macroinvertebrados como Bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa, para optar al título de Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente en la Universidad de Manizales. Esta investigación se lleva a cabo en tres etapas; estas fueron: ETAPA1: fase de campo, toman 12 estaciones de muestreo en época de lluvia y sequía, en cada una de las estaciones se limita un tramo entre 30 y 50 metros en los cuales se muestrean diferentes coreotipos en un tiempo de 15 minutos. ETAPA 2: fase de laboratorio, en esta se transportan las muestras al laboratorio y las examinan. ETAPA 3: análisis de la información, para el análisis de los datos, aplican los índices ecológicos de riqueza de Margalef, diversidad de Shannon, equidad de Pielou y análisis de agrupamiento. El cálculo de estos atributos de la comunidad se hizo utilizando el paquete estadístico PAST. Para determinar los patrones en la composición de las comunidades de macroinvertebrados se empleó el análisis de correspondencia. Los productos de esta investigación se buscan establecer cuáles fueron las principales variables que afectan a la comunidad de macroinvertebrados, y las familias son potenciales indicadores de la calidad del agua en la cuenca del Río Garagoa. Los resultados de esta investigación arrojan que la comunidad de macroinvertebrados reportada en la cuenca del Río Garagoa durante los muestreos realizados en los meses mayo y noviembre del año 2013 estuvo mejor representada durante el primer muestreo, donde posiblemente las condiciones de bajo caudal se encontraban favoreciendo la exposición de un mayor número de micro hábitats en los que gracias a la baja velocidad de corriente se favorecen el establecimiento de una comunidad más representativa y mejor estructurada. Los aportes directos al presente estudio se basan en la utilización de macroinvertebrados acuáticos para analizar la calidad del agua del Río.

Carvacho (2012), desarrolla la investigación titulada estudio de la comunidad de macroinvertebrado bentónico y desarrollo de un índice milimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos en la cuenca del Limarí en Chile. Esta investigación se lleva a cabo en dos etapas, las cuales son; ETAPA 1: identificación de puntos de muestreos y recolección de la fauna bentónica. ETAPA 2: análisis estadísticos que determinan 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 definido por la degradación hidro morfológica, conductividad y temperatura.

Prat et al (2009), desarrollan la investigación titulada los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas para el libro llamado Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. E. Domínguez y H.R. Fernández (Eds.). Publicaciones Especiales. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán. Argentina (en prensa). Los productos de esta investigación se basan en que el uso de los macroinvertebrados acuáticos (y muy especialmente los insectos) como indicadores de la calidad de las aguas de los ecosistemas (ríos, lagos o humedales) está generalizándose en todo el mundo. Los resultados de esta investigación arrojan que existe una considerable literatura sobre la calidad de las aguas en diversos países de América del Sur, aunque en muchos casos poco disponibles para su estudio y revisión. En diferentes zonas se han diseñado y aplicado diversas metodologías para el análisis de la calidad biológica de las aguas. Históricamente los índices biológicos han sido ampliamente utilizados, con diversas metodologías, aunque los métodos similares al BMWP parecen haber ganado en popularidad en los años recientes, existiendo diversas adaptaciones en diversos países. Su aplicación debe hacerse con cautela ya que la generalización de valores de tolerancia para las diferentes familias a toda América del Sur puede dar lugar a errores importantes en su utilización. Dada la amplitud de ambientes del continente (altitud, temperatura, latitud, eco regiones, etc.) es imposible una generalización del método y debe estudiarse con cierto detalle la distribución de las diferentes familias implicadas. Los aportes al presente estudio se basan en la explicación del uso de macroinvertebrados para evaluar la calidad del agua y los diferentes métodos que se pueden aplicar para obtener la evaluación de estas aguas. Se considera importante tener en cuenta este estudio con más de 10 años de antigüedad porque el autor permite conocer el uso de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua en todo el mundo y como existe una gran literatura sobre el tema en América del sur.

5.2 Marco teórico

Para la presente investigación, es preciso conocer los conceptos relacionados con la idea principal a estudiar con el fin de tener una mayor destreza al momento de desarrollarla, por eso se hace una descripción a continuación de ellos.

5.2.1 Calidad del agua

Es un factor que incide directamente en la salud de los ecosistemas y el bienestar humano: de ella depende la biodiversidad, la calidad de los alimentos, las actividades económicas, etc. Por tanto, la calidad del agua es también un factor influyente en la determinación de la pobreza o riqueza de un país. El aumento de la población, la masiva urbanización, el vertido de nuevos patógenos y productos químicos procedentes de las industrias y el auge de especies invasoras son factores clave que contribuyen al deterioro de la calidad del agua en todo el mundo, a los cuales se está sumando ya el cambio climático.

El aumento de las temperaturas y los cambios en los patrones hidrológicos (sequías e inundaciones) afectan a la calidad del agua y agravan su contaminación por sedimentos, nutrientes, carbono orgánico disuelto, agentes patógenos, pesticidas, etc. Además, el aumento del nivel del mar provoca la salinización de aguas subterráneas y estuarios, reduciendo la disponibilidad de agua dulce para consumo humano y para los ecosistemas en las zonas costeras (Valera, 2009)

5.2.2. Parámetros físicos y químicos de las aguas

El agua como consecuencia de su composición química y de acciones naturales externas presenta una serie de propiedades o características fisicoquímicas como: color, pH, temperatura, conductividad, alcalinidad, oxígeno disuelto, etc.

La calidad de diferentes tipos de agua se ha valorado a partir de variables físicas y químicas, evaluadas individualmente o en forma grupal. Los parámetros fisicoquímicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática

La ventaja de los métodos fisicoquímicos se basa en que sus análisis suelen ser más rápidos y pueden ser monitoreados con mayor frecuencia (Samboni, 2007).

pH. La determinación del potencial de hidrógeno (pH) en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. Un pH menor de 7.0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor de 7.0 muestra una tendencia hacia lo alcalino. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. El valor del pH en el agua es utilizado cuando nos interesa conocer su tendencia corrosiva o incrustante (Mejia, 2005).

Temperatura. La temperatura del agua en un punto y momento determinado representa un estado de equilibrio entre los aportes y las extracciones caloríficas en ese punto. Su influencia en la calidad del agua es debido a la relación que se establece entre temperatura y solubilidad de sales y gases: a mayor temperatura mayor solubilidad de iones, y menor en gases, factores ambos que degradan la calidad de las aguas, ya que disminuyen la capacidad de disolución de oxígeno. (Gardey, 2012)

Oxígeno disuelto. La cantidad de oxígeno que está en el agua se denomina oxígeno disuelto. La solubilidad es directamente proporcional a la presión parcial. El OD se utiliza para el control de la contaminación en aguas naturales, las cuales deben tener condiciones favorables para el crecimiento y reproducción de la población de peces y organismos acuáticos, suministrando niveles de oxígeno suficientes y permanentes. Se mide para asegurar las condiciones aerobias de un tratamiento (Aguilar, 2011). Los cambios biológicos producidos en un residuo líquido se conocen por la concentración de oxígeno disuelto (Aguilar, 2011).

Alcalinidad. La alcalinidad se expresa como la cantidad de bicarbonatos y carbonatos presentes en el agua. Si el pH es inferior a 8.3, se expresa como alcalinidad bicarbonato; y si es superior; se expresa como alcalinidad carbonato (Valera, 2009).

Sólidos suspendidos totales (SST): Presencia de sólidos en suspensión en una fuente hídrica indica cambio en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente, la presencia de estos se relaciona con erosión, vertimientos de industrias, extracción de materiales y disposición inadecuada de residuos, está relacionada con la turbiedad.

Demanda química de oxígeno (DQO): Denota la presencia de sustancias químicas susceptibles a oxidación en condiciones fuertemente ácidas y alta temperatura, como la materia orgánica, ya sea biodegradable o no y la materia inorgánica.

Conductividad eléctrica. La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. El agua pura prácticamente no conduce electricidad; por lo tanto, la conductividad que se puede medir será consecuencia de las sales disueltas presentes en el agua. El instrumento para medir la conductividad se llama conductímetro. La medida de la conductividad es una buena forma de control de calidad de un agua, siempre que: 1. No se trate de contaminación orgánica por sustancias no ionizables. Las mediciones se realizan a la misma temperatura. La composición del agua se mantenga relativamente constante (Petro, 2014) (ver **Tabla 1.**)

Tabla 1.

Valores de parámetros físicos y químicos establecidos por la normatividad ambiental colombiana vigente para consumo humano.

PARAMETROS	DECRETOS 1575/2007 – RESOLUCION 2115
Temperatura °C	NR
Ph	6.5 – 9.0
Conductividad US/CM	Hasta 1000
Sólidos disueltos mg/l	NR
Cloruros mg/l	250
Fosfatos mg/l	Hasta 0.5
Hierro mg/l	Hasta 0.3
Nitratos mg/l	Hasta 10
Nitritos mg/l	Hasta 0.1
Nitrógeno amoniacal mg/l	NR
Nitrógeno total mg/l	NR
Acidez mg/l	NR
Alcalinidad mg/l	Hasta 200

PARAMETROS	DECRETOS 1575/2007 – RESOLUCION 2115
Dureza cálcica mg/l	NR
Dureza magnésica mg/l	NR
Dureza total mg/l	Hasta 300
Manganeso mg/l	Hasta 0.1
Sodio mg/l	NR
Fenol mg/l	NR
Sólidos suspendidos	NR
Color aparente UPC	Hasta 15
Turbiedad UNT	Hasta 2
Sólidos sedimentables	NR
Sólidos totales mg/l	NR
Magnesio mg/l	36
Calcio mg/l	60

Fuente: Decretos 1575/2007 – Resolución 2115

5.2.3 Consideración de un bioindicador

No todos los organismos son aptos para ser usados como Bioindicadores. Aunque no existe un prototipo de bioindicador, pues todo depende del ecosistema que se estudie, sí que podemos resumir algunos de los principales requisitos para que uno o varios organismos sean considerados “buenos Bioindicadores”:

- Han de responder a las perturbaciones que acontecen en su medio en mayor o menor grado. Esta respuesta debe ser equiparable al resto de organismos de la misma especie y correlacionarse bien con la perturbación.

- Su respuesta debe ser representativa de la de toda la comunidad o población.
- Deben localizarse de forma natural en el medio que se estudia y ser ubicuos (es decir, estar presentes en casi todos los ecosistemas de similar o igual índole).
- Ser abundantes (las especies raras no suelen ser óptimas).
- Ser relativamente estables ante cambios moderados del clima (es decir, que una tormenta o un cambio natural de la temperatura no les afecte más allá de lo normal).
- Ser fáciles de detectar y, a poder ser, de poca movilidad (sedentarios).
- Estar bien estudiados, tanto desde un punto de vista ecológico como taxonómico (saber, por lo tanto, cuál es su tolerancia a las perturbaciones).
- Ser fáciles de manipular y testear en el laboratorio.

El uso de Bioindicadores siempre será óptimo si no nos limitamos a tomar como referencia poblaciones de una o dos especies y usamos comunidades enteras, permitiendo abarcar un rango amplio de tolerancias ambientales: desde organismos con unas necesidades ambientales de rango muy limitado (es decir, estenóticos) y sensibles a la contaminación, hasta organismos muy tolerantes capaces de sobrevivir en medios muy perturbados.

Así, podremos saber que un ecosistema está muy perturbado si, por ejemplo, sólo encontramos una única especie muy tolerante y ninguna de las consideradas sensibles (Roldan, 2003).

5.2.4 Los insectos en la Bioindicación

Como se ha comentado en el apartado anterior, alrededor de un 80% de los macroinvertebrados de aguas continentales son, en efecto, artrópodos y, en su mayoría, órdenes de insectos en su forma larvaria o de ninfa. Veamos algunos de los más frecuentes (Roldan, 2003).

Tricópteros. Insectos muy emparentados con los lepidópteros (mariposas y polillas). Sus ninfas acuáticas construyen refugios alrededor de su cuerpo usando materiales del lecho fluvial. Se diferencian del resto de larvas acuáticas de insectos porque presentan un par de filamentos anales provistos de fuertes uñas. Suelen aparecer en zonas de aguas limpias con bastantes corrientes (Roldan, 2003).

Efemerópteros (o efímeras). Uno de los órdenes de insectos alados más primitivo. Sus ninfas acuáticas, las cuales suelen vivir en ríos, se caracterizan por presentar tres pelos anales muy largos. Los adultos, que vuelan cerca del agua, son muy frágiles, y su ciclo de vida es muy corto en comparación al de las ninfas (de ahí el nombre de “efímeras”) (Roldan, 2003).

Plecópteros. Insectos alados con larvas acuáticas muy similares a las de los efemerópteros. Presentan, como éstos, pelos anales, pero se diferencian por desarrollar dos uñas apicales en cada pata. Viven sobre todo en lagos y arroyos. (Roldan, 2003).

5.2.5. Índices bióticos para aguas fluviales

Los diferentes grados de tolerancia que manifiestan los macroinvertebrados de una comunidad ante las perturbaciones de su medio nos permiten clasificarlos y asignarles un valor cualitativo dentro de una escala (cuanto mayor sea el número, más sensible es el organismo a la contaminación). Mediante estos valores, podemos calcular distintos índices bióticos, que no son

más que valores cualitativos que se asignan a una comunidad para clasificarla según su calidad: cuanto mayor sea el índice, mayor calidad tendrá el agua.

Uno de los índices más usados en la evaluación del estado ecológico de los ríos de la Península Ibérica es el IBMWP (Iberian Bio-Monitoring Working Party), una adaptación del índice británico BMWP por Alba Tercedor (1998). A grandes rasgos, cuanto mayor sea su valor, mayor será la calidad de las aguas. En esta web podéis ver los detalles de este índice, así como los valores que se asignan a cada macroinvertebrado.

También se usa el índice IASPT, un índice complementario que corresponde al valor de IBMWP dividido por el número de taxones identificados. Éste nos aporta información sobre el tipo de comunidad dominante en el tramo estudiado.

Los macroinvertebrados, y especialmente los insectos, juegan un papel vital en el estudio de la calidad de las aguas continentales. Además, su presencia o ausencia es de suma importancia para el resto de los organismos de su ecosistema, por lo que debemos ser conscientes de que, a pesar de ser aparentemente tan abundantes, la reducción de su número y/o diversidad puede conllevar efectos negativos en cadena de difícil reparación (Loné, 2017).

5.2.6. Método BMWP para Colombia (BMWP/COL)

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Las razones para ello fueron básicamente económicas y por el tiempo que se necesita invertir. El método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuriidae reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, Tubificidae,

reciben una puntuación de 1.0 (Armitage et al. 1983). La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP.

La Bioindicación en Colombia se remonta a los años setenta con los trabajos en el río Medellín (Roldán et al. 1973). Posteriormente Matthias & Moreno (1983) realizaron un estudio fisicoquímico y biológico del mismo río, utilizando los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. Bohórquez & Acuña (1984) realizaron los primeros estudios para la sabana de Bogotá. (Zúñiga et al. (1993) hicieron una adaptación de este método para algunas cuencas del Valle del Cauca. Reinoso (1999) realizó un estudio del río Combeima en el Departamento del Tolima. Zamora (2000) hizo una adaptación del índice BMWP para la evaluación de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia. Roldán (2001) aplica esta metodología para la cuenca de Piedras Blancas en el Departamento de Antioquia. Riss et al. (2002) establecen valores de bioindicación para la Sabana de Bogotá.

Roldán (2003) adapta el sistema del BMWP para evaluar la calidad del agua en Colombia mediante el uso de los macroinvertebrados acuáticos. Con base en el conocimiento que actualmente se tiene en Colombia sobre los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta el nivel de familia, propone utilizar el método BMWP/Col, como una primera aproximación para evaluar los ecosistemas acuáticos de montaña.

La **Tabla 2** presenta las familias y su valoración de acuerdo con su grado de adaptación a las diferentes calidades de agua. Cada región, tanto en Colombia como en Latinoamérica, han hecho sus propias valoraciones de puntajes de acuerdo con las sus experiencias (Zamora & Sarria, 2001; Sánchez-Herrera, 2005; Zúñiga 2009, Springer et al.2010). Las formas inmaduras de la entomofauna tienen un buen potencial como bioindicadores, además de ser una comunidad diversa, abundante y de amplia distribución altitudinal en los ecosistemas hídricos de Colombia. El género *Anacroneuria* (Plecoptera: Perlidae), es considerado uno de los grupos de mayor sensibilidad a la degradación del hábitat y del enriquecimiento de la carga orgánica residual (Roldán, 2003; Zúñiga, 2010). Entre los géneros de Ephemeroptera más sensibles se encuentran

Lachlania (Ologineuriidae), Haplohyphes (Leptohyphidae), Mayobaetis, Andesiops (Baetidae) Atopophlebia y Thraulodes (Leptobhlebiidae); mientras que Camelobaetidius, Baetodes (Baetidae), Leptohyphes y Tricorythodes (Leptohyphidae) son de amplio espectro ambiental. (Roldan, 2003) (Ver **Tabla 2**)

Tabla 2.

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

FAMILIAS	PUNTAJES
Anomalopsychidae, atriplectididae, blepharoceridae, calamoceratidae, ptilodactylidae, chordodidae, gomphidae, hydridae, lampyridae, lymnessiidae, odontoceridae, oligoneuriidae, perlidae, polythoridae, psephenidae.	10
Ampullariidae, dytiscidae, ephemeridae, euthyplociidae, gyridae, hydraenidae, hydrobiosidae, leptophlebiidae, philopotamidae, polycentropodidae, polymitarcyde, xiphocentronidae.	9
Gerridae, hebridae, helicopsychidae, hydrobiidae, leptoceridae, lestidae, palaemonidae, pleidae, pseudothelpusidae, saldidae, simuliidae, vaiiidae.	8
Baetidae, caenidae, calopterygidae, coenagrionidae, corixidae, dixidae, dryopidae, glossosomatidae, hyalellidae, hydroptilidae, hydropsychidae, leptohyphidae, naucoridae, notonectidae, planariidae, psychodidae, scirtidae.	7
Aeshnidae, ancylidae, corydalidae, elmidae, libellulidae, limnichidae, lutrochidae, megapodagrionidae, sialidae, staphylinidae.	6
Belostomatidae, gelastocoridae, mesovellidae, nepidae, planorbiidae, pyralidae, tabanidae, thiaridae.	5

FAMILIAS	PUNTAJES
Chrysomelidae, stratiomyidae, haliplidae, empidae, dolichopodidae, sphaeridae, lymnaeidae, hydrometridae, noteridae.	4
Ceratopogonidae, glossiphoniidae, cyclobdellidae, hydrophilidae, physidae, tipulidae.	3
Culicidae, chironomidae, muscidae, sciomyzidae, syrphidae.	2
Tubificidae.	1

Fuente: Roldan G. (2003) Bioindicación de la calidad de agua en Colombia por el método BMWP/COL. Medellín, Colombia: editorial Universidad de Antioquia

5.2.7. Mapas de calidad de agua.

La tabla 3, muestra las cinco clases de calidad de agua resultante al sumar la puntuación obtenida por las familias encontradas en un ecosistema determinado. El total de los puntos se designan como valores de BMWP/Col. De acuerdo con el puntaje obtenido en cada situación, se califican las distintas clases de agua, asignándoles a cada una de ellas un color determinado (Roldan, 2003) (ver **Tabla 3.**)

Tabla 3.

Valores de BMWP-COL para la identificación de la calidad del agua

Clases	Calidad	BMWP-Cu (Valor)	Significado	Color
I	Buena	>101-120	Agua muy limpia, agua no contaminada o no alterada de modo sensible	Azul
II	Aceptable	61-100	Evidentes algunos efectos de contaminación	Verde
III	Dudosa	36-60	Agua contaminada	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Agua muy contaminada	Naranja
V	Muy Crítica	<16	Agua fuertemente contaminada	Rojo

Fuente: Roldan G. (2003) Bioindicación de la calidad de agua en Colombia por el método BMWP/COL. Medellín, Colombia: editorial Universidad de Antioquia

5.2.8. Índice de calidad de agua.

El Índice de Calidad del Agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de siete variables, registradas en una red de monitoreo. Este indicador permite conocer las condiciones de calidad fisicoquímica de un cuerpo de agua, e identifica problemas de contaminación en un punto determinado. En la tabla 4, se muestran los descriptores de las variables simplificadas en el ICA (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2017) (Ver **Tabla 4**)

Tabla 4.

Descriptores de calidad del ICA

Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0,00 – 0,25	Muy mala	Rojo
0,26 – 0,50	Mala	Naranja
0,51 – 0,70	Regular	Amarillo
0,71 – 0,90	Aceptable	Verde
0,91 – 1,00	Buena	Azul

Fuente: IDEAM, 2011.

El ICA toma valores entre 0 y 1, los valores más bajos indican una peor calidad y mayores limitaciones para el uso del agua. La aplicación de ICA se utiliza como una herramienta para determinar el estado de las cuencas de la región en un tiempo determinado y con su análisis se puede evaluar las restricciones en los usos definidos en cada tramo de una corriente (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2017).

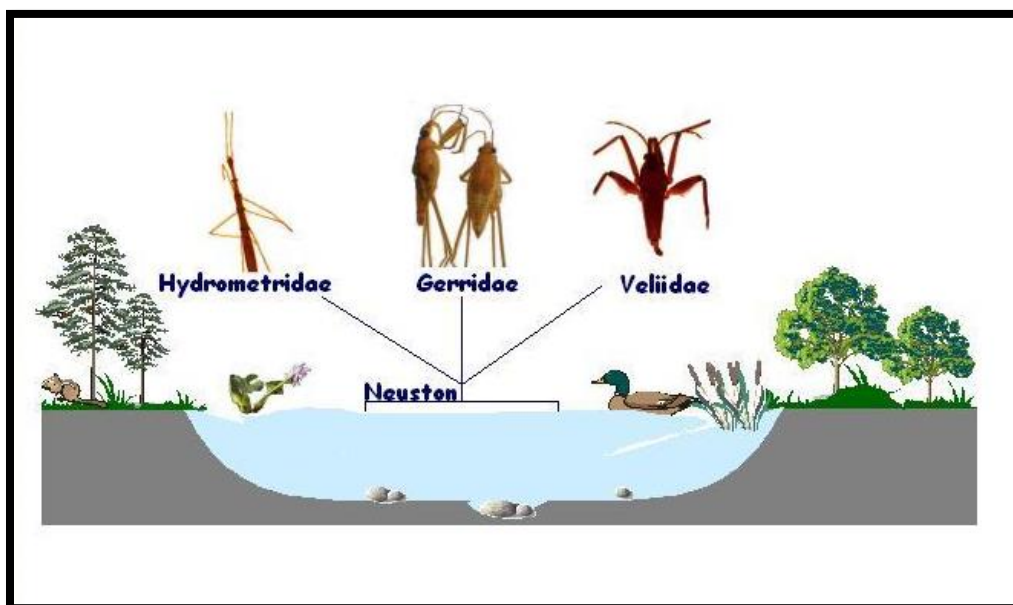
5.2.9. Comunidades de macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos pueden vivir en la superficie, en el fondo o nadar libremente; de ahí que reciban diferentes nombres de acuerdo con este tipo de adaptación.

Neuston. Se refiere a los organismos que viven sobre la superficie del agua caminando, patinando o brincando. Sus uñas, sus patas y su exoesqueleto están recubiertos por una especie de cera que los hace impermeables, así que, en vez de hundirse, doblan la superficie del agua venciendo la tensión superficial. Entre los representantes están las familias Gerridae, Hydrometridae y Mesoveliidae. (Roldan, 2003) (Ver **Figura 1.**)

Figura 1.

Macroinvertebrados Neuston

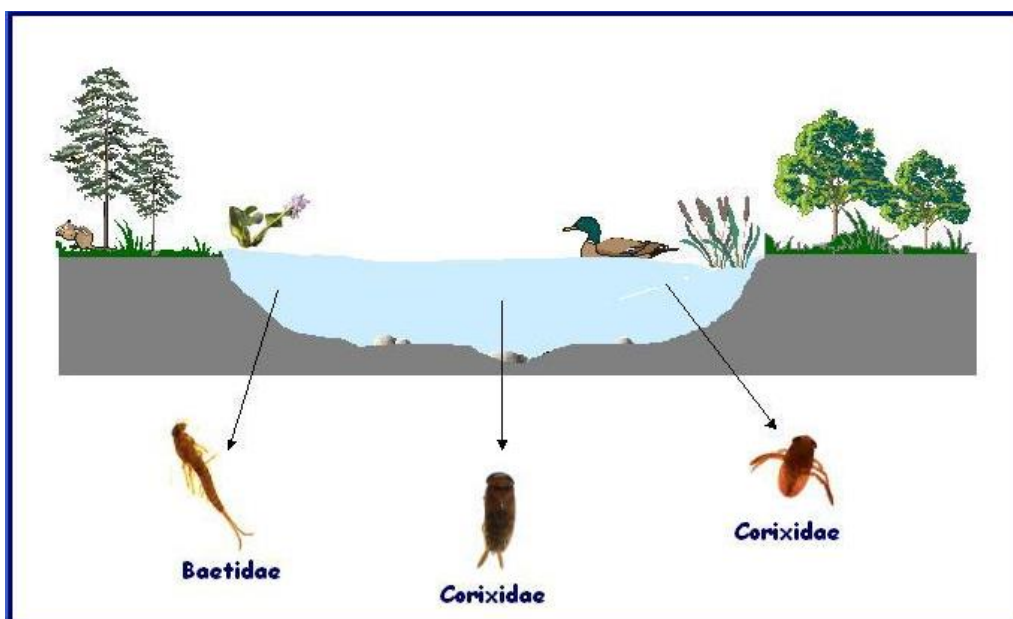


Fuente: Roldan G. (2003) Bioindicación de la calidad de agua en Colombia por el método BMWP/COL. Medellín, Colombia: editorial Universidad de Antioquia.

Necton. Está conformado por todos aquellos organismos que nadan libremente en el agua. Entre ellos se encuentran: corixidae y notonectidae del orden hemiptera; dytiscidae, gyrinidae e hydrophilidae del orden coleóptero y baetidae del orden ephemeroptera. (Roldan, 2003) (Ver Figura 2.)

Figura 2.

Macroinvertebrados Necton

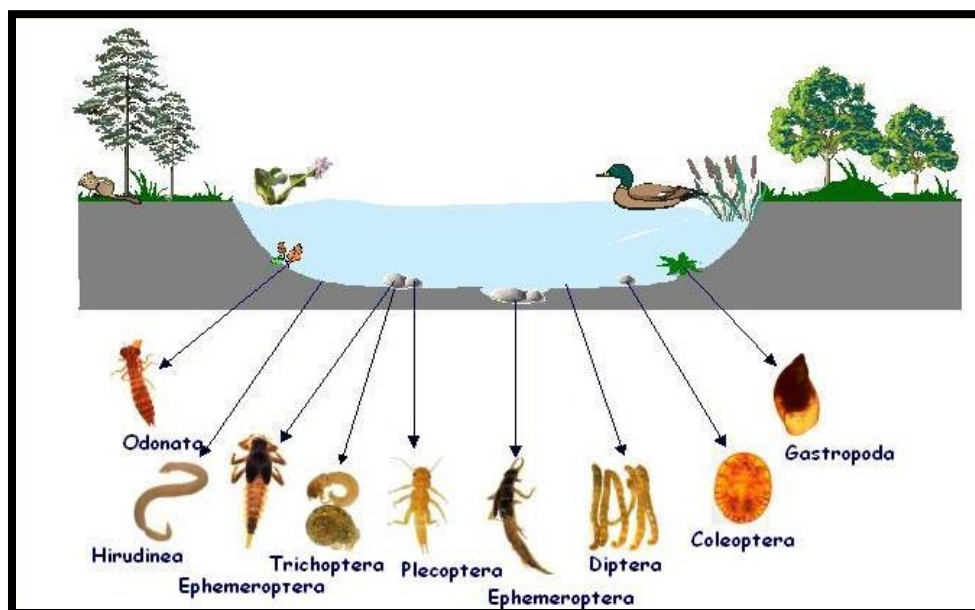


Fuente: Roldan G. (2003) Bioindicación de la calidad de agua en Colombia por el método BMWP/COL. Medellín, Colombia: editorial Universidad de Antioquia.

Bentos. Se refiere a todos los organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y sustratos similares. (Roldan, 2003) (Ver **Figura 3.**)

Figura 3.

Macroinvertebrados Bentos



Fuente: Roldan G. (2003) Bioindicación de la calidad de agua en Colombia por el método BMWP/COL. Medellín, Colombia: editorial Universidad de Antioquia.

5.2.10. Familias más usuales de macroinvertebrados acuáticos

Existen diferentes tipos de organismos acuáticos, los cuales sirven como indicadores de calidad de agua dependiendo su clasificación y puntaje en el método BMWP en Colombia. (Roldan, 2003)

Familia Baetidae Puntaje BMWP-COL. 7. Miden entre 5.0 y 8.0mm, poseen agallas del 1° al 7° segmento abdominal, filamento terminal más corto y delgado que los cercos. Viven en aguas rápidas, debajo de troncos, rocas, hojas y adheridos a vegetación sumergida.

Familia Leptohiphidae Puntaje BMWP-COL. 7. Miden entre 3.0 y 5.0 mm, su forma varía entre triangulares y ovaladas. Viven de bajo de troncos hojas y piedras.

Familia Lepthophlebidae Puntaje BMWP-COL. 9. Tamaño variable en 6.0 y 1.0 mm, poseen branquias abdominales variables cabeza usualmente prognada.

Familia Caenidae Puntaje BMWP-COL. 4. Poseen branquias en los segundos segmentos abdominales operculares, cuadrangulares que se juntan en la línea de dorsal del abdomen.

Orden Tricópteros Puntaje BMWP-COL. 10. Su tamaño varía entre 2.0 y 50.0 mm, la mayoría son de colores oscuros; tienen alas cubiertas de pelos y piezas bucales reducidas.

Orden Plecópteros Puntaje BMWP-COL. 10. Miden entre 10.0 y 30.0 mm; poseen antenas muy largas, las agallas torácicas se localizan en la parte ventral, presentan coloración amarillenta a café oscuro. Viven sobre rocas, resto de vegetación, troncos sumergidos y fondos pedregosos.

Familia Bivalvia Puntaje BMWP-COL.4. Miden entre 3.0 y 5.0mm, tienen concha pequeña, algunos de un color amarillento.

Familia Annelida Puntaje BMWP-COL. 3. Miden entre 5.0 y 45.0 mm. Viven sobre troncos, rocas, planchas y residuos vegetales.

Familia Sciomyzidae Puntaje BMWP-COL. 2. Sus cuerpos están cubiertos por pelos finos; el disco espiracular presenta lóbulos débilmente elevados.

5.3. Marco Conceptual

A continuación, se realiza un glosario de términos utilizados en el desarrollo de esta investigación de los cuales es importante tener claridad sobre su enunciación.

ASPT: Average Score per-taxón (Promedio Puntuación por taxón).

Bentónico: El bento se distingue del plancton y del necton, formados por organismos que habitan en la columna de agua.

Biodiversidad: La biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de la vida. Abarca la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas.

Bioindicadores: Un bioindicador es un indicador consistente en una especie vegetal, hongo o animal; o formado por un grupo de especies (grupo eco-sociológico) o agrupación vegetal cuya presencia (o estado) nos da información sobre ciertas características ecológicas, (físicoquímicas, micro climáticas, biológicas y funcionales), del medio ambiente, o sobre el impacto de ciertas prácticas en el medio.

BMWP: El biological Monitoring Working Party (Grupo de trabajo sobre el monitoreo biológico).

Calidad del agua: Se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas 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. Se utiliza con mayor frecuencia por referencia a un conjunto de normas contra las cuales puede evaluarse el cumplimiento.

Coxa: Primera de las cinco piezas de que constan las patas de los insectos, que por un lado está articulada con el tórax y por otro con el trocánter.

Cuenca: Se entiende por cuenca a aquella depresión o forma geográfica que hace que el territorio vaya perdiendo altura a medida que se acerca al nivel del mar. Las cuencas hidrográficas son aquellas que hacen que el agua que proviene de las montañas o del deshielo, descienda por la depresión hasta llegar al mar.

Depuración: Eliminación de la suciedad, impurezas o sustancias nocivas de un ecosistema.

Limnología: Es la rama de la ecología que estudia los ecosistemas acuáticos continentales (lagos, lagunas, ríos, charcas, marismas y estuarios), las interacciones entre los organismos acuáticos y su ambiente, que determinan su distribución y abundancia en dichos ecosistemas.

Macroinvertebrados: Se utiliza comúnmente para referirse a animales invertebrados tales como insectos, crustáceos, moluscos y anélidos entre otros, los cuales habitan principalmente sistemas de agua dulce. En términos generales se acepta un tamaño de 500 μ m (0.5 mm) o superior para los macroinvertebrados.

Patógenos: Se denomina patógeno a todo agente biológico externo que se aloja en un ente biológico determinado, dañando de alguna manera su anatomía, a partir de enfermedades o daños visibles o no.

Salinidad: Es el contenido de sales minerales disueltas en un cuerpo de agua. El porcentaje medio que existe en los océanos es de 3,5% (35 gramos por cada litro de agua). Además, esta salinidad varía según la intensidad de la evaporación o el aporte de agua dulce de los ríos aumenten en relación con la cantidad de agua.

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

Sedentarismo: Es una forma de poblamiento por la cual una sociedad se establece en un lugar determinado al que pasa a considerar como su hogar.

Sedimento: Es un material sólido acumulado sobre la superficie terrestre (litósfera) derivado de las acciones de fenómenos y procesos que actúan en la atmósfera, en la hidrosfera y en la biosfera (vientos, variaciones de temperatura, precipitaciones meteorológicas, circulación de aguas superficiales o subterráneas, desplazamiento de masas de agua en ambiente marino o lacustre, acciones de agentes químicos, acciones de organismos vivos).

Taxonomía: Es en su sentido más general, la ciencia de la clasificación. Habitualmente se emplea el término para designar a la taxonomía biológica, la “teoría y práctica de clasificar organismos” Como se la entiende en la actualidad, la clasificación biológica tiene que ser congruente con las hipótesis de árbol filogenético disponibles, en ella, los organismos se agrupan en taxones mutuamente excluyentes a su vez agrupados en taxones de rango más alto también mutuamente excluyentes, de forma que cada organismo pertenece a uno y sólo un taxón en cada rango o "categoría taxonómica".

5.4. Marco Contextual

En la presente investigación, es necesario conocer la localización de la zona de estudio para poder realizar la selección de puntos de fácil acceso y en los cuales fuera posible la toma de muestra ofreciéndonos seguridad.

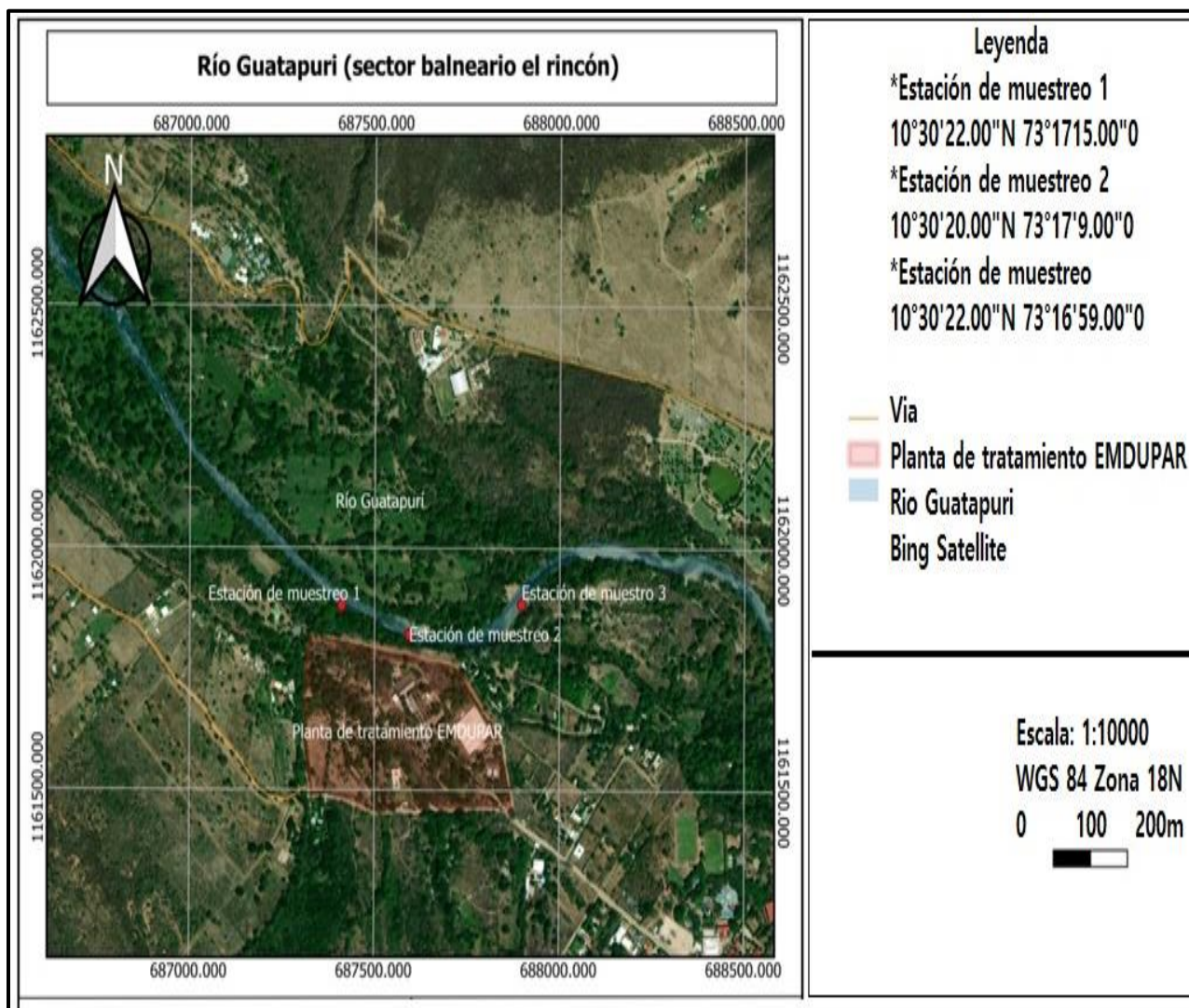
5.4.1. Localización de la Zona de Estudio.

Esta investigación se desarrolla en el balneario El Rincón, en el municipio de Valledupar, Cesar. Está ubicada en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta a la margen del río Guatapurí (Ver **Figura 4.**)

La ubicación estratégica de los puntos de estudio se encuentra entre las coordenadas iniciales: $10^{\circ} 30' 22'' \text{N} - 73^{\circ} 17' 15'' \text{W}$ y una coordenada final de: $10^{\circ} 30' 22'' \text{N} - 73^{\circ} 16' 59'' \text{W}$

Figura 4.

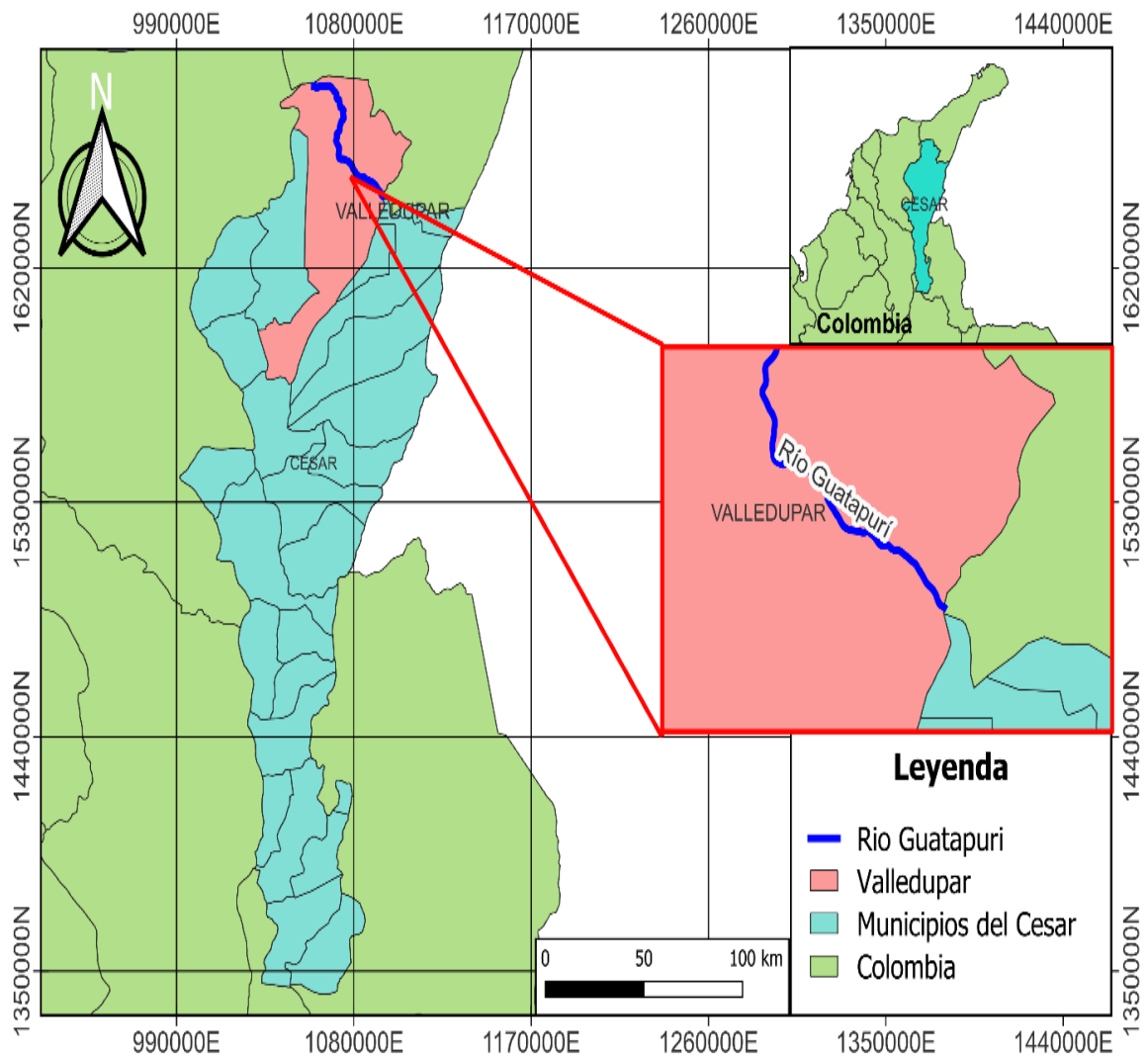
Ubicación espacial de las estaciones de muestreo en el Balneario ‘‘El Rincón’’



Fuente: Autores (2022)

Figura 5.

Ubicación geográfica del río Guatapurí



Fuente: Autores (2022)

5.4.2. Geografía

El área urbana del municipio de Valledupar tiene una extensión de 4.493 km² y una población de 532.956 habitantes; está conformado por 25 corregimientos y 102 veredas. (Alcaldía municipal de Valledupar, 2020).

Valledupar, dada su latitud, se encuentra en la zona de dominios tropicales, posee un clima tropical donde las características generales del clima son elevadas temperaturas y escasa oscilación térmica anual.

El territorio del municipio de Valledupar es recorrido por los ríos Cesar, Badillo, Guatapurí (con su afluente el río Donachuí), Ariguaní, Cesarito, río Seco, Diluvio y Mariangola. El valle del río Cesar cubre la mayor parte de la superficie del municipio. La Sierra Nevada de Santa Marta constituye el sistema montañoso más importante, y con la serranía de Perijá y la serranía de Valledupar configuran el extenso valle por donde corre el Cesar.

El crecimiento demográfico ha sido explosivo desde mediados del siglo XX, con máximas tasas de crecimiento en las décadas de 1960 y 1970; en la actualidad, aunque las tasas de crecimiento demográfico han ido disminuyendo todavía la población continúa creciendo de forma rápida, debido a la inmigración que supone un aumento de la población urbana en detrimento de la rural. (EcuRed, 2019)

5.4.3. Cultura

Valledupar es ampliamente conocida por ser la cuna del vallenato y celebrar anualmente el Festival de la Leyenda Vallenata. Es, además, uno de los epicentros culturales de la Costa Caribe colombiana. La danza folclórica más importante es la danza del pilón. En la ciudad se celebran anualmente los carnavales. Las peleas de gallos están muy arraigadas en la cultura de la gente (EcuRed, 2019).

5.4.4. Clima

En Valledupar, los veranos son cortos, tórridos, bochornosos y secos; los inviernos son calientes, opresivos y mojados y está nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 22 °C a 37 °C y rara vez baja a menos de 20 °C o sube a más de 39 °C. (Weather Spark, 2019)

5.4.5. Hidrografía

El Territorio del municipio de Valledupar es regado por los ríos Cesar, Badillo, Guatapurí, Ariguaní, Cesarito, Río Seco, Diluvio y Mariangola. El Valle del Río Cesar cubre la mayor parte de la superficie del municipio. Economía Valledupar al igual que los demás municipios del departamento, buscan el desarrollo principalmente en proyectos agroindustriales debido a la materia prima existente. La economía de Valledupar está basada en la agricultura y la ganadería. Es el principal productor de algodón de Colombia. (EcuRed, 2019)

5.4.6. Fauna y Flora

Valledupar se caracteriza por ser una de las ciudades más arborizadas de Colombia, esto en parte por iniciativa de los lugareños, quienes los siembran en los frentes y patios de sus casas, así como de la municipalidad que incentiva este tipo de acciones en parques, avenidas, andenes y zonas públicas. Los árboles más reconocidos son los mangos, ceibas, cañahuates, totumos, robles, cauchos, etc.

El bosque seco tropical, característico del Valle del río Cesar, ofrece un ecosistema ideal para vegetación, con especies como cañahuates, acacias, ceibas, cedros, guanábanos, mangos, cítricos, eucaliptos, etc.; en cuanto a fauna, existen especies que cada día se encuentran más amenazadas y no se encuentran con facilidad, como es el caso de los venados y tigrillos. Boas, lagartos, iguanas,

falsas corales, mapanás, pericos, colibríes, tierrelitas, palomas, gavilanes y lechuzas hacen parte de la fauna silvestre que habita el territorio (EcuRed, 2019).

5.5. Marco Legal

Al momento de desarrollar una investigación es necesario tener conocimiento de las normas y leyes que avalan o respaldan el desarrollo del tema objeto de estudio, por lo cual presentamos a continuación el marco legal y que en su orden está constituido por la constitución política de Colombia, las leyes, decretos. (Ver **Tabla 5.**)

Tabla 5.

Marco Legal

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA DE 1991	
Artículo 8	Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la nación.
Artículo 79	Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
Artículo 80	El Estado planificará el manejo y el aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
Artículo 95	Son deberes de la persona y el ciudadano: <ul style="list-style-type: none"> - Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.
Artículo 277	El Procurador General de la Nación, por sí o por medio de sus delegados y agentes, tendrá las siguientes funciones: <ul style="list-style-type: none"> - Defender los intereses colectivos, en especial el ambiente.
Artículo 289	Por mandato de la ley, los departamentos y los municipios ubicados en zonas fronterizas podrán adelantar directamente con la entidad territorial limítrofe del país vecino, de igual nivel, programas de cooperación e

	integración, dirigidos a fomentar el desarrollo comunitario, la prestación de servicios públicos y la preservación del ambiente.
LEYES	
LEY 9 DE 1979 – POR LA CUAL SE DICTAN MEDIDAS SANITARIAS	<p>Para la protección del Medio Ambiente la presente Ley establece:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Las normas generales que sirvan de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias en la que se relaciona la salud humana. <p>Los procedimientos y medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del ambiente.</p> <p>Artículos: 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.</p>
LEY 79 DE 1986 – SE PREVEE LA CONSERVACIÓN DEL AGUA	<p>Declárese áreas de reserva forestal protectora, para la conservación y preservación del agua, las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Todos los bosques y la vegetación natural que se encuentran en los nacimientos de agua permanente o no, en una extensión no inferior a doscientos (200) metros a la redonda, medidos a partir de la periferia. ✓ Todos los bosques y vegetación natural existentes en una franja no inferior a cien (100) metros de ancho, paralela a las líneas de mareas máximas, a cada lado de los causes de los ríos, quebradas y arroyos, sequias permanentes o no alrededor de los lagos, lagunas, ciénagas o depósitos de agua que abastezcan represas para servicios hidroeléctricos o de riego, acueductos rurales, ganadero, o la acuicultura o para usos de interés social.

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

	<p>Todos los bosques y la vegetación natural, existentes en el territorio nacional, que se encuentran sobre la cota de los tres mil (3000) metros sobre el nivel del mar</p>
<p>LEY 99 DE 1993 – CREACIÓN DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE</p>	<p>Principios Generales Ambientales. La política ambiental colombiana seguirá los siguientes principios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ La zona de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial. ✓ En la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso. ✓ El estado fomentara la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables. <p>Los estudios de impacto ambiental serán instrumento básico para la toma de decisiones respecto a la construcción de obras y actividades que afecten significativamente el medio ambiente natural o artificial.</p> <p>Artículos: 1, 4, 23, 49, 50, 64.</p>
<p>DECRETOS</p>	
<p>DECRETO 2811 DE 1974 – CODIGO DE RECURSOS NATURALES</p>	<p>El ambiente es patrimonio común. El Estado y los particulares pueden participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social.</p> <p>La preservación y manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social. (C.N. artículo 30).</p> <p>Artículos: 1, 2, 3, 39, 134, 135, 136, 137, 138, 140.</p>

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

<p>DECRETO 1594 DE 1984 – POR EL CUAL SE REGLAMENTA PARCIALMENTE EL TITULO I DE LA LEY 9 DE 1979</p>	<p>Para efectos de control de la contaminación del agua por la aplicación de agroquímicos, se tendrá en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se prohíbe la aplicación manual de agroquímicos dentro de una franja de tres (3) metros, medida desde las orillas de todo el cuerpo de agua. ✓ Se prohíbe la aplicación áreas de agroquímicos dentro de una franja de treinta (30) metros, medida desde las orillas de todo el cuerpo de agua. ✓ La aplicación de agroquímicos en cultivos que requieran áreas anegadas artificialmente requerirá concepto previo del Ministerio de Salud o de su entidad delegada y de la EMAR. <p>Además de las normas contenidas en el presente artículo sobre la aplicación de agroquímicos, se deberán tener en cuenta las demás disposiciones legales y reglamentarias sobre la materia. Artículo: 1.</p>
<p>DECRETO 1729 DE 2002 – POR EL CUAL SE REGLAMENTA LA PARTE XIII, TITULO 2 CAPITULO III DEL DECRETO LEY 2811 DE 1974, SOBRE CUENCAS HIDROGRÁFICAS PARCALMENTE EL NUMERAL 12 DEL</p>	<p>Medidas de protección. Aprobado un plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica, la respectiva autoridad ambiental competente o la comisión conjunta de que trata el párrafo 3 del artículo 33 de la ley 99 de 1993, según el caso, deberá adoptar en la cuenca las medidas de conservación y protección de los recursos naturales renovables, previstas en dicho plan, en desarrollo de lo cual podrá restringir o modificar las prácticas de su aprovechamiento y establecer controles o límites a las actividades que se realicen en la cuenca. Artículo: 5.</p>

<p>ARTICULO 5 DE LA LEY 99 DE 1993.</p>	
<p>DECRETO 1575 DE 2007 – POR EL CUAL SE ESTABLECE EL SISTEMA PARA LA PROTECCION Y CONTROL DE LA CALIDAD DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO</p>	<p>Objeto y campo de aplicación. El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para salud humana causadas por su consumo, exceptuando el agua envasada.</p> <p>Aplica a todas las personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para el consumo humano, ya sea cruda o tratada, en todo el territorio nacional, independientemente del uso que de ella se haga para otras actividades económicas, a las direcciones territoriales de salud, autoridades ambientales y sanitarias y a los usuarios.</p> <p>Artículos: 1, 3, 4, 12, 13, 14, 15.</p>
<p>DECRETO 3930 DE 2010</p>	<p>El presente decreto establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los Vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.</p>
<p>DECRETO 1076 DE 2015 – POR MEDIO DEL CUAL SE EXPIDE EL DECRETO ÚNICO REGLAMENTARIO DEL SECTOR AMBIENTE Y</p>	<p>Ordenamiento del recurso hídrico. La autoridad ambiental competente deberá realizar al ordenamiento del recurso hídrico con el fin de realizar la clasificación de las aguas superficiales, subterráneas y marinas, fijar en forma genérica su destinación a los diferentes usos de que trata el presente decreto y sus posibilidades de aprovechamiento. Entiéndase como ordenamiento del recurso hídrico, el proceso de planificación de este, mediante el cual la autoridad ambiental competente.</p> <p>1. Establece la clasificación de las aguas.</p>

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

**DESARROLLO
SOSTENIBLE**

2. Fija su destinación y sus posibilidades de uso, con fundamento en la priorización definida para tales efectos en el denominado Orden de Prioridades de que trata el presente decreto.
3. Define los objetivos de calidad a alcanzar en corto, mediano y largo plazo.
4. Establece las normas de preservación de la calidad del recurso para asegurar la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies.
5. Determina los casos en que deba prohibirse el desarrollo de las actividades como la pesca, el deporte y otras similares, en toda la fuente o en sectores de ella, de manera temporal o definitiva.
6. Fija las zonas en que se prohibirá o condicionará, la descarga de aguas residuales o residuos líquidos o gaseoso, provenientes de fuentes industriales o domésticas, urbanas o rurales, en las aguas superficiales, subterráneas o marinas.

Establece el programa de seguimiento al recurso hídrico con el fin de verificar la eficiencia y efectividad del ordenamiento del recurso.

Artículos: 2.2.3.3.1.1. - 2.2.3.3.1.2. - 2.2.3.3.1.4. - 2.2.3.3.1.5. - 2.2.3.3.1.7. - 2.2.3.3.2.1. - 2.2.3.3.3.1. -

Fuente: Autores (2022)

6. Marco Metodológico

6.1. Línea y Sublínea de Investigación

El programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del César cuenta con una línea de investigación llamada Sostenibilidad y Gestión Ambiental, la cual se aplicó en este proyecto y una sublínea de investigación denominada Gestión Integral del Recurso Hídrico.

6.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación en la cual se enmarcó el proyecto de grado fue la cuantitativa, se fundamenta en la obtención de información a través de herramientas y por lo general permite realizar un previo análisis de datos con el objetivo de encontrar factores y características importantes del fenómeno de estudio.

La investigación cuantitativa proporciona una descripción y exploración de fenómenos en situaciones y características de la vida real. Se describe la correlación de individuos, situaciones o grupos particulares (Narvaez, 2020).

6.3. Nivel de Investigación

El nivel de investigación fue descriptivo, debido a que estos buscan especificar las propiedades, características y perfiles individuales de personas, grupos, procesos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis (Hernández et al., 2014)

6.4. Población de Estudio

La población objeto de estudio fue el río Guatapurí en Valledupar - Cesar.

6.5. Muestra Poblacional

La muestra poblacional de la investigación fue la cuenca media del río Guatapurí, sector balneario El Rincón en una longitud muestral aproximada de 0,56 km, donde se ubicaron tres estaciones de muestreo.

6.6. Desarrollo Metodológico

6.6.1. Trabajo de campo

Para esta investigación se seleccionó y se ubicaron tres estaciones de muestreo en diferentes puntos del río Guatapurí, sector Balneario El Rincón. Las muestras recolectadas se utilizaron para determinar los parámetros físicos y químicos (pH, alcalinidad, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad), y se realizó la caracterización de macroinvertebrados en dos periodos del año, uno seco y uno de lluvia.

- **Medición de caudales**

Para determinar el caudal de la zona de estudio en cada una de las estaciones de muestreo, se utilizó el método del flotador (área – velocidad). Este método relaciona el área de la sección que conduce agua y la velocidad de escurrimiento.

Es el método más rudimentario para hallar la velocidad media de una corriente, pero también el más rápido y el que requiere de menos elementos y preparativos. En este caso no se dispuso de los medios necesarios para realizar un aforo con mayor precisión, donde el tiempo de duración fue corto y las condiciones económicas para montar un molinete o efectuar un aforo químico. Por lo cual el uso de flotadores resultó una alternativa recomendable.

Para hacer uso de este método de aforo, cada actividad llevó una secuencia con el fin de llegar a obtener el área, caudal y velocidad del balneario el Rincón en cada una de las estaciones de muestreo. El procedimiento fue el siguiente:

- a. Determinación del área.
 - Se midió el ancho del río (L).
 - Cada 2 metros se midió la profundidad del río
 - Se calculó el área.
- b. Determinación de la velocidad del cauce.
 - Se toma una distancia de 10 metros a lo largo del río antes del punto de la medición del área.
 - Se lanzó el flotador y se tomó su respectivo tiempo.
 - Se calculó el tiempo promedio.
 - Se calculó la velocidad.
- c. Cálculo del caudal (m^3/s)
 - Se llevó a cabo la determinación del caudal mediante la siguiente expresión.

$$Q = A \times V$$

(1)

Donde:

- A: área (m²)
- V: velocidad del cauce (m/s)

6.6.2. Selección de puntos de muestreo

Para la selección de los tres puntos de monitoreo tomamos en cuenta diversos factores, entre los cuales están:

- **Accesibilidad y seguridad:** este factor fue uno de los más importantes, ya que se debió seleccionar puntos de fácil acceso y en los cuales fuera posible la toma de muestra ofreciéndonos seguridad
- **Puntos estratégicos:** los puntos de muestreo fueron identificados y reconocidos claramente, de manera que permitiera las ubicaciones exactas en muestreos futuros. Todos los puntos de muestreo fueron geo-referenciados y plasmados en un mapa, de manera que se pudiese retornar a ellos con facilidad.

Una vez aplicados dichos factores se realizó la selección de los puntos de muestreo:

- ✓ Estación de muestreo 1, parte alta del balneario el Rincón en las coordenadas 10° 30'22''N – 73°17'15'' W.

- ✓ Estación de muestreo 2, parte media del balneario el Rincón en las coordenadas $10^{\circ} 30' 20'' \text{N} - 73^{\circ} 17' 09'' \text{W}$.
- ✓ Estación de muestreo 3, parte baja del balneario el Rincón en las coordenadas $10^{\circ} 30' 22'' \text{N} - 73^{\circ} 16' 59'' \text{W}$.

6.6.3. Recolección de muestra de agua

Mediante un muestreo puntual, recolectamos un litro de agua en recipientes plásticos, directamente del cauce del río, en cada uno de los tres puntos de muestreo establecido, para las dos temporadas de estudio (época de sequía y época de lluvia) basándonos en lo estipulado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Las muestras recolectadas se utilizaron para identificar la calidad de agua del río Guatapurí, sector balneario El Rincón mediante la determinación de parámetros físicos y químicos.

Etapas 1: Determinación de los valores de parámetros físicos y químicos del agua del río Guatapurí en el sector balneario El Rincón para periodo seco y de lluvia.

Actividad 1.1: Determinación de parámetros físicos y químicos del agua.

Descripción: En cada punto de muestreo se realizó la toma de muestra de un litro de agua en recipientes plásticos, estos fueron lavados varias veces con el agua del afluente, llenados completamente y cerrados dentro del río teniendo en cuenta que no quedara atrapado aire en su interior. Se rotulo los recipientes con número y coordenadas de la estación, fueron almacenados en una cava con hielo para conservarlos en un rango de temperatura entre $0^{\circ} \text{C} \pm 6^{\circ} \text{C}$ y se caracterizó el sitio con fotografías. La recolección se llevó a cabo desde las 7 am hasta las 10 am. Este procedimiento se llevó a cabo con relación al cronograma de actividades tanto para periodo seco y de lluvia. (ver **Tabla 6** y **Tabla 7**.)

Tabla 6.

Cronograma de recolección de muestras de agua en las estaciones de muestreos en época de invierno.

Muestreo de agua en época de lluvia	
Estación	Fecha
1	29 de septiembre de 2021
2	29 de septiembre de 2021
3	29 de septiembre de 2021

Fuente: Autores (2022)

Tabla 7.

Cronograma de recolección de muestras de agua en las estaciones de muestreos en época de verano.

Muestreo de agua en época de sequia	
Estación	Fecha
1	10 de febrero de 2021
2	10 de febrero de 2021
3	10 de febrero de 2021

Fuente: Autores (2022)

Para la toma de muestras de agua superficial se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- Evitar tocar el fondo con la botella de muestreo porque puede provocar la suspensión de sedimento fino, lo cual contamina la muestra falseando los resultados de análisis. (Ver **Figura 6.**)

- Prevenir la toma de muestras en orillas; ya que allí el agua no está perfectamente mezclada y puede haber sufrido efectos de evaporación o de contaminación.

Figura 6.

Toma de muestra de agua en el balneario el Rincón.



Fuente: Autores (2022)

Posteriormente las muestras de agua fueron enviadas al laboratorio Bioindalamb, donde se estableció los parámetros físicos y químicos (pH, alcalinidad, conductividad) por medio de los siguientes métodos (Ver **Tabla 8**).

Tabla 8.

Métodos para la determinación de parámetros físicos y químicos.

PARAMETROS	LUGAR	METODOS
pH	Laboratorio	4500-H+B STM Potenciométrico
Oxígeno disuelto	In situ	4500-0 G SM Electrométrico
Alcalinidad	Laboratorio	2320 B STM Volumétrico

PARAMETROS	LUGAR	METODOS
Temperatura	In situ	Electrométrico
Conductividad	Laboratorio	2510 B SM Electrométrico

Fuente: Autores, 2022

Actividad 1.2: Comparación de resultados.

Descripción: Se compararon los resultados obtenidos en el análisis físico y químico de las muestras de agua con la normatividad ambiental vigente.

Etapas 2. Caracterización de los macroinvertebrados por el método BMWP-COL en los periodos climáticos secos y de lluvias como indicadores de calidad de agua.

Actividad 2.1: Recolección de macroinvertebrados.

Descripción: El objetivo fundamental del muestreo consistió en recolectar la mayor diversidad posible de macroinvertebrados. Para ello se debió explorar cada uno de los hábitats posibles en cada punto de muestreo.

Identificamos todos los distintos microambientes en el río Guatapurí, sector balneario El Rincón tales como: sustratos (hojarasca, raíces, piedras y fondo) y tipos de corriente (pozas y agua estancada).

Se utilizó la red tipo D-net, con la cual se hizo un barrido a lo largo de las orillas y en recodos de la corriente en los tres puntos de muestreo para la recolección de los macroinvertebrados. El material recolectado se depositó sobre una bandeja, luego se guarda en un recipiente plástico con alcohol al 70% y posteriormente realizamos el análisis de las muestras en los laboratorios de la

Universidad Popular del Cesar. Este procedimiento se llevó a cabo con relación al cronograma de actividades tanto para época de lluvia como de sequía. (ver **Tabla 9** y **Tabla 10**).

Tabla 9.

Cronograma de recolección de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreos en época de lluvia.

MUESTREOS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EPOCA DE LLUVIA	
Estación	Fecha
1	26 de octubre del 2021
2	28 de octubre del 2021
3	30 de octubre del 2021

Fuente: Autores (2022)

Tabla 10.

Cronograma de recolección de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreos en época de sequía.

MUESTREOS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EPOCA DE SEQUIA	
Estación	Fecha
1	11 de enero del 2022
2	13 de enero del 2022
3	15 de enero del 2022

Fuente: Autores (2022)

Actividad 2.2: Caracterización de macroinvertebrados.

Descripción: Observamos por medio de un Microscopio Digital en el laboratorio de la Universidad Popular del Cesar cada uno de los macroinvertebrados encontrados en el río Guatapurí, sector balneario El Rincón y posteriormente se realizó un análisis comparativo con las fotografías y datos estudiados anteriormente en por el método BMWP-COL

Actividad 2.3: Clasificación de macroinvertebrados.

Descripción: Se clasificó cada uno de los macroinvertebrados encontrados según lo propuesto por el método BMWP-COL; anotando su nombre, el género, el número de índice al que pertenece, el tipo de calidad de agua donde habita o sobrevive, e investigamos más a fondo características del espécimen utilizando la cartilla BMWP-COL.

Posteriormente se efectuó la valoración correspondiente con lo propuesto en el índice BMWP-COL, esta se realizó sumando las puntuaciones asignadas a los distintos taxones recolectados. La puntuación se asignó en función del grado de sensibilidad a la contaminación y una sola vez por familia; independientemente de la cantidad de macroinvertebrados que encontramos en el río Guatapurí, sector Balneario El Rincón. En el marco teórico se describe la **Tabla 2.**, la cual presenta las familias de macroinvertebrados y su valoración de acuerdo con el grado de adaptación de estos a los diferentes niveles de contaminación que puede tener una fuente hídrica.

Suma de puntajes: La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en el sitio brinda el valor final del índice; el cual, permitió determinar la calidad del agua según las categorías mencionadas en la **Tabla 3.** que se encuentra en el marco teórico.

Etapla 3. Análisis del índice de calidad de agua (ICA) del río Guatapurí, sector Balneario El Rincón teniendo en cuenta los parámetros físicos y químicos determinados.

Actividad 3.1: Obtención del Índice de Calidad de Agua (ICA).

Descripción: La evaluación de la calidad del agua en los puntos de muestreo se realizó a través del cálculo del índice de calidad del agua (ICA) para los parámetros de pH, oxígeno disuelto, conductividad. La fórmula de cálculo del indicador es:

$$ICA_{njt} = \left[\sum_{i=1}^n W_i \cdot I_{ikjt} \right] \quad (2)$$

Donde:

ICA_{njt} : Es el índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

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

I_{ikjt} : Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del periodo de tiempo t.

n : Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; dependiendo de la medición del ICA que se seleccione.

Se recomienda que la tabla de datos del indicador incluya el valor mínimo del ICA registrado en el periodo de tiempo t , además, el ICA promedio de ese periodo, que se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{ICA promedio } n_{jt} = \sum_{k=1}^m [\sum_{i=1}^n W_i \cdot I_{ikjt}] \quad (3)$$

Donde: m es el número de muestreos en los cuales se midieron las variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador. $1 \leq m \leq 4$, si el periodo es anual.

En la siguiente tabla se resumen las variables que están involucradas en el cálculo del indicador para los casos en los que se emplean 3 variables (Ver **Tabla II.**)

Tabla 11.

Cinco variables involucradas en el cálculo del ICA, sus unidades y su ponderación dentro de la fórmula de cálculo.

VARIABLE	PONDERACIÓN
pH (Unidades de pH)	0,2
Conductividad eléctrica ($\mu\text{s/cm}$)	0,2
Oxígeno disuelto (% Saturación)	0,2
Solidos suspendidos totales	0,2
DQO	0,2

Fuente: Adaptado de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del agua superficial. 10 p.

- **Oxígeno disuelto (OD):** Se calculó el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto PS_{OD} .

$$PS_{OD} = \frac{Ox \cdot 100}{C_p} \quad (4)$$

Ox: Es el oxígeno disuelto medido en campo (mg/l) asociado a la elevación, caudal y capacidad de re-oxigenación.

Cp: es la concentración de equilibrio de oxígeno (mg/l), a la presión no estándar, es decir, oxígeno de saturación, se hace a partir de la siguiente ecuación (Centro de investigaciones en Hidroinformática, 2007):

$$\ln C = -139,3441 + \left(\frac{157570,1}{TE^1}\right) - \left(\frac{66423080}{TE^2}\right) + \left(\frac{12438000000}{TE^3}\right) - \left(\frac{862194900000}{TE^4}\right) \quad (5)$$

Dónde:

TE= Temperatura (K)

Tabla 12.

Relación de la calidad del agua con el porcentaje de saturación de oxígeno.

Nivel de DO	Porcentaje de saturación de DO	Consecuencias
Supersaturación	≥ 101%	Sistemas en producción fotosintética
Excelente	90% - 100%	Porcentajes adecuados para el desarrollo de vida de especies acuáticas y otros organismos.

Nivel de DO	Porcentaje de saturación de DO	Consecuencias
Adecuado	80% - 89%	Porcentajes adecuados para el desarrollo de vida de especies acuáticas y otros organismos.
Aceptable	60% - 79%	Desaparición de organismos y especies sensibles.
Pobre	< 60%	Muerte masiva de organismos aerobios

Fuente: Adaptada de Vernier, s.f.

Una vez calculado el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, el valor I_{OD} se calculo con la fórmula:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 \cdot PS_{OD}) \quad (6)$$

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

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

- **Índice de conductividad eléctrica (C.E.):** Se calculó mediante la siguiente expresión:

$$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26+1,34 \cdot \text{LOG}10C.E.)} \quad (7)$$

Cuando $I_{C.E.} < 0$, entonces $I_{C.E.} = 0$

- **pH:** Se determinó como se muestra a continuación.

Si $pH < 4$, entonces $I_{pH} = 0.1$

*Si $4 \leq pH \leq 7$, entonces $I_{pH} = 0.02628419 * e^{(pH \cdot 0.520025)}$*

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

*Si $8 < pH \leq 11$, entonces $I_{pH} = 1 * e^{[(pH-8) \cdot -0.5187742]}$*

Si $pH > 11$, entonces $I_{pH} = 0.1$ (8)

El índice de calidad de agua se determinó mediante lo establecido por el IDEAM. Donde se destacó un conjunto de tres variables para el caso de la investigación (pH, conductividad, oxígeno disuelto) con base en la información registradas en las estaciones de muestreo se compararon con lo establecido en la tabla 4 que se encuentra en el marco teórico, permitiéndose clasificar la calidad del agua de forma descriptiva en una de cinco categorías (buena, aceptable, regular, mala o muy mala) que a su vez se asocian a un determinado color (azul, verde, amarillo, naranja y rojo, respectivamente).

- **Sólidos suspendidos totales:** El subíndice de calidad para sólidos suspendidos se calcula con la ecuación:

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 \cdot SST) \quad (9)$$

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

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

- **Demanda química de oxígeno:** Se determina mediante las siguientes relaciones:

Si $DQO \leq 20$, entonces $I_{DQO} = 0,91$

Si $20 < DQO \leq 25$, entonces $I_{DQO} = 0,71$

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

Si $25 < DQO \leq 40$, entonces $I_{DQO} = 0,51$

Si $40 < DQO \leq 80$, entonces $I_{DQO} = 0,26$

Si $DQO > 80$, entonces $I_{DQO} = 0,125$

7. Resultado y Analisis

7.1. Análisis del Comportamiento Hidrométrico del Balneario el Rincón.

El río Guatapurí desciende sobre un lecho rocoso desde la laguna Curiba, ubicada en la Sierra Nevada de Santa Marta, a una altitud de 4.400 metros sobre el nivel del mar hasta su desembocadura en el río Cesar.

Tiene una longitud aproximada de 85 kilómetros, sus aguas frías y cristalinas, discurren por toda la parte oriental; desde el norte hasta el sur de Valledupar.

De acuerdo con la medición realizada el 26 de febrero del 2021 por Corpocesar, el caudal del río registró 4.657 l/s, frente a los 3.136 del 18 de marzo de 2020 y de los 6.099 del 30 de enero de 2019 (Ovalle, 2021).

Por consiguiente, los datos de medición de caudal que se lograron tomar en las dos épocas de muestreo pueden llegar a ser comparados con los datos tomados por Corpocesar en el año 2021, teniendo en cuenta que las variaciones climáticas pueden generar modificaciones en el balance hídrico del sistema hidrológico al que hace parte el afluente.

En la **Tabla 13.** y **Tabla 14.** Se puede observar una diferencia relativa que va en aumento entre los caudales obtenidos en la época de verano y época de lluvia. A partir de los resultados obtenidos en campo se pudo analizar que este presentó una variación en el caudal en comparación con los datos suministrados por Corpocesar en el año anterior. Uno de los factores que incide es la utilización del torrente para el riego de cultivos, mantenimiento de las fincas y viviendas cercanas.

Tabla 13.

Medición de caudales en épocas de invierno.

<i>Medición de caudales en invierno</i>	
Estación	Caudal
1	4,2 m ³ /s
2	3,6 m ³ /s
3	3,9 m ³ /s

Fuente: Autores (2022)

Tabla 14.

Medición de caudales en épocas de verano.

Medición de caudales en verano.	
Estación	Caudal
1	1,8 m ³ /s
2	1,5 m ³ /s
3	1,6 m ³ /s

Fuente: Autores (2022)

7.2. Análisis de los Parámetros Físicos y Químicos

Los resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos en las muestras de agua del balneario el Rincón, recolectadas en las diferentes estaciones de muestreo, en época de lluvia y sequía, son presentados en las siguientes tablas.

Tabla 15.

Parámetros físicos y químicos en las tres estaciones de muestreo en época de lluvia.

Época de lluvia	Estación 1	Estación 2	Estación 3
Hora de muestreo	08:05 A.M.	08:26 A.M.	08:30 A.M.
Cantidad de muestra	1,0 L	1,0 L	1,0 L
Brillo solar	Parcialmente nublado	Parcialmente Soleado	Parcialmente soleado
Temperatura ambiente promedio	27 °C	27 °C	27°C
Temperatura del agua promedio	21,9 °C	22 °C	22,1°C
pH	7.25	7.19	7.26
Alcalinidad	39 mg/L	39 mg/L	37 mg/L
Conductividad	84 µS/cm	86 µS/cm	84 µS/cm
Oxígeno disuelto	4.9 mg/L	4.9 mg/L	5.2 mg/L

Fuente: Autores (2022)

Tabla 16.

Parámetros físicos y químicos en las tres estaciones de muestreo en época de sequía.

Época de sequia	Estación 1	Estación 2	Estación 3
Hora de muestreo	07:15 A.M.	07:25 A.M.	07:30 A.M.
Cantidad de muestra	1,0 L	1,0 L	1,0 L
Brillo solar	Parcialmente nublado	Parcialmente nublado	Parcialmente nublado
Temperatura ambiente promedio	27 °C	27 °C	27°C
Temperatura del agua promedio	22,8 °C	22,8 °C	22,8 °C
PH	7,34	7,37	7,29
Alcalinidad	41 mg/L	40 mg/L	39 mg/L
Conductividad	79 µS/cm	84 µS/cm	84 µS/cm
Oxígeno disuelto	5,8 mg/L	5,7 mg/L	5,7 mg/L

Fuente: Autores (2022)

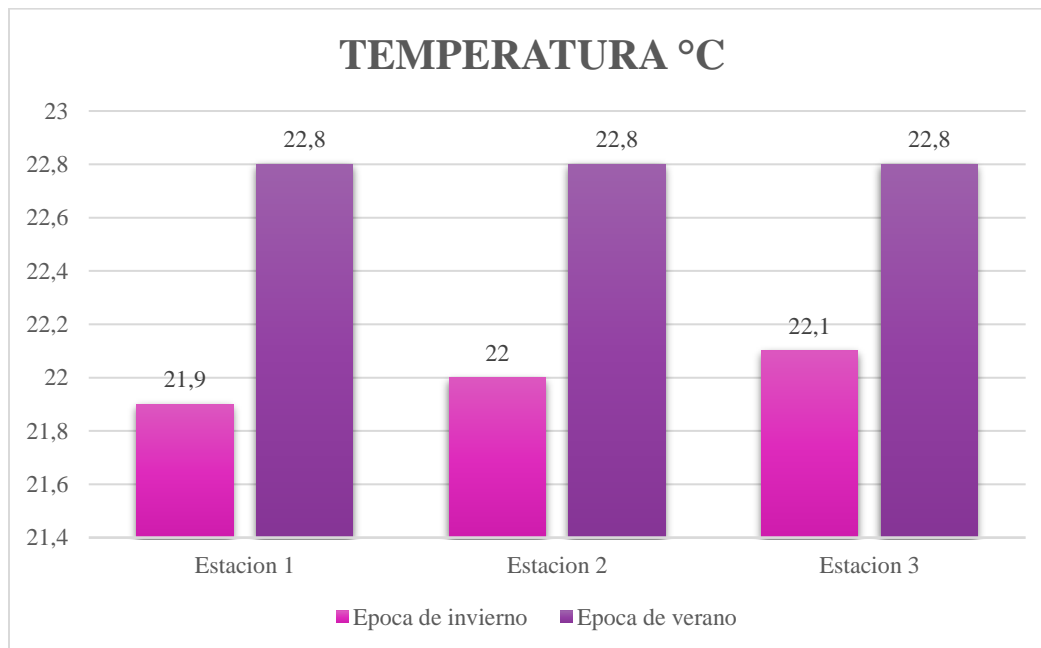
Al verificar si cada uno de los parámetros fisicoquímicos cumplen, se observó que el afluente estudiado, en la actualidad no presenta no conformidades con relación a lo exigido por la norma.

7.2.1. Temperatura

La temperatura es un indicador muy importante con el cual se puede predecir y confirmar las condiciones del agua. Fue tomada en el sitio con un termómetro de rangos entre -50°C A 300°C . Se registraron unas temperaturas entre $21,9^{\circ}$ y $22,8^{\circ}\text{C}$ en las dos épocas de muestreo. La variabilidad de la temperatura en las estaciones de muestreo se puede observar a continuación (ver **Figura 7.**)

Figura 7.

Comportamiento de la temperatura en las estaciones de muestreo



Fuente: Autores (2022)

En la tabla anterior se evidencia que en la época de verano la temperatura se elevó un poco en comparación con la época de invierno, la diferencia fue poco significativa lo que indica que este parámetro posee un comportamiento estable acorde a los valores de temperatura ambiente de las zonas tropicales donde la temperatura se mantiene más o menos constante a lo largo del año (Roldán, 2003).

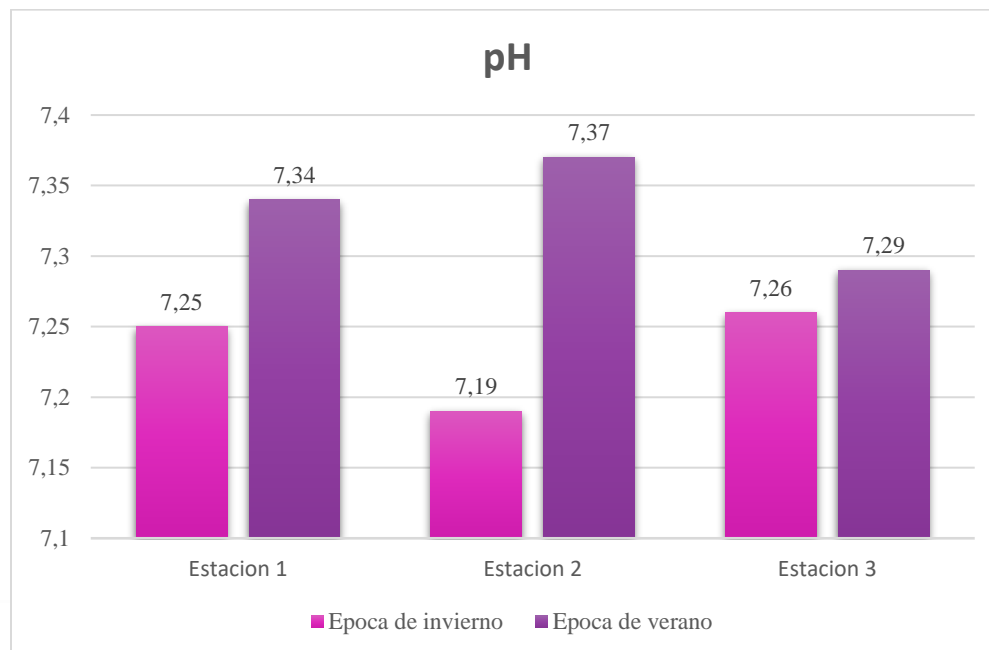
. Todos los valores que obtuvimos en las épocas de invierno y verano están dentro de los rangos permitidos en el Decreto 1594 de 1984 el cual dicta la reglamentación en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, en el capítulo VI del vertimiento de los residuos líquidos, en el artículo 72 el cual establece un valor menor o igual a 40°C.

7.2.2. pH

La mayoría de las aguas naturales no contaminadas tienen un pH entre 6,5 y 8,0 (Beita & Barahona, 2011). En los extremos finales de la escala de pH (2 o 13), ocurren daños para los organismos que habitan en el agua. Sin embargo, el valor del pH tolerado por diferentes organismos varía. El pH fue analizado en el laboratorio Bioindalamb por medio del método Potenciométrico en la época de invierno y verano. (Ver **Figura 8.**)

Figura 8.

Comportamiento del pH en las estaciones de muestreo



Fuente: Autores (2022)

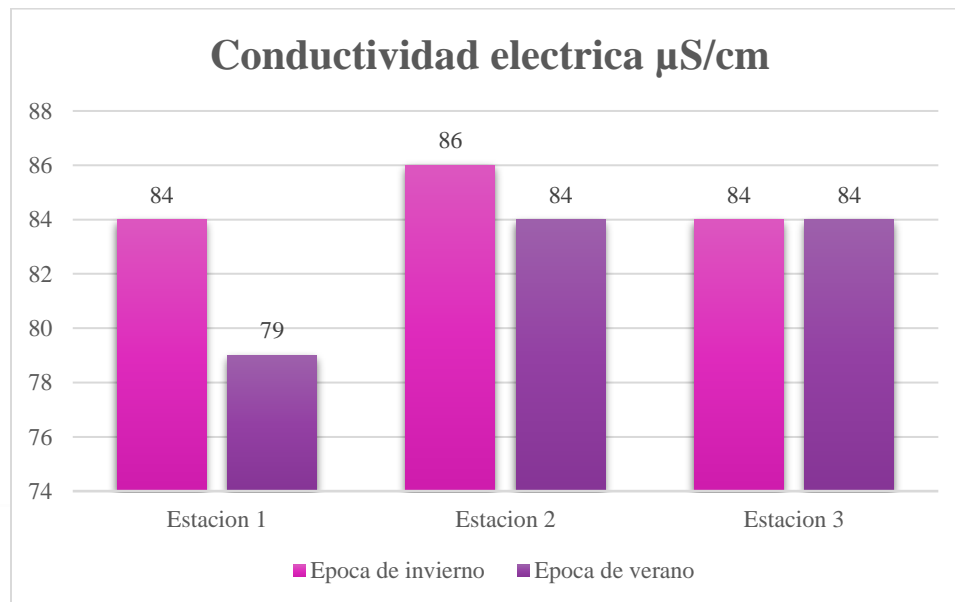
En la figura se muestra que el valor más alto se presentó en la época de verano en la estación 2 y en las otras estaciones se muestra una variación poco significativa en cada una de ellas. En general, se encontraron valores entre 7,19 y 7,37 U pH. Todos los valores obtenidos en las épocas de invierno y verano están dentro de los rangos permitidos en el Decreto 1594 de 1984 el cual dicta la reglamentación en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, en el capítulo VI del vertimiento de los residuos líquidos, en el artículo 72 el cual establece un valor menor de 5 a 9 unidades.

7.2.3. Conductividad eléctrica.

Es un indicador de sales disueltas en el agua, cuya medición en campo es de gran importancia para la interpretación ambiental del recurso (IDEAM, 2007). Las fluctuaciones en los valores de la conductividad se muestran en la **Figura 9**. El rango de los valores medidos se encuentra entre 79 y 86 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en las dos épocas muestreadas. En época de verano los valores de conductividad entre los tres puntos de muestreo tienen una variación significativa con respecto a las tres estaciones en época de invierno.

Figura 9.

Comportamiento de la Conductividad eléctrica en las estaciones de muestreo



Fuente: Autores (2022)

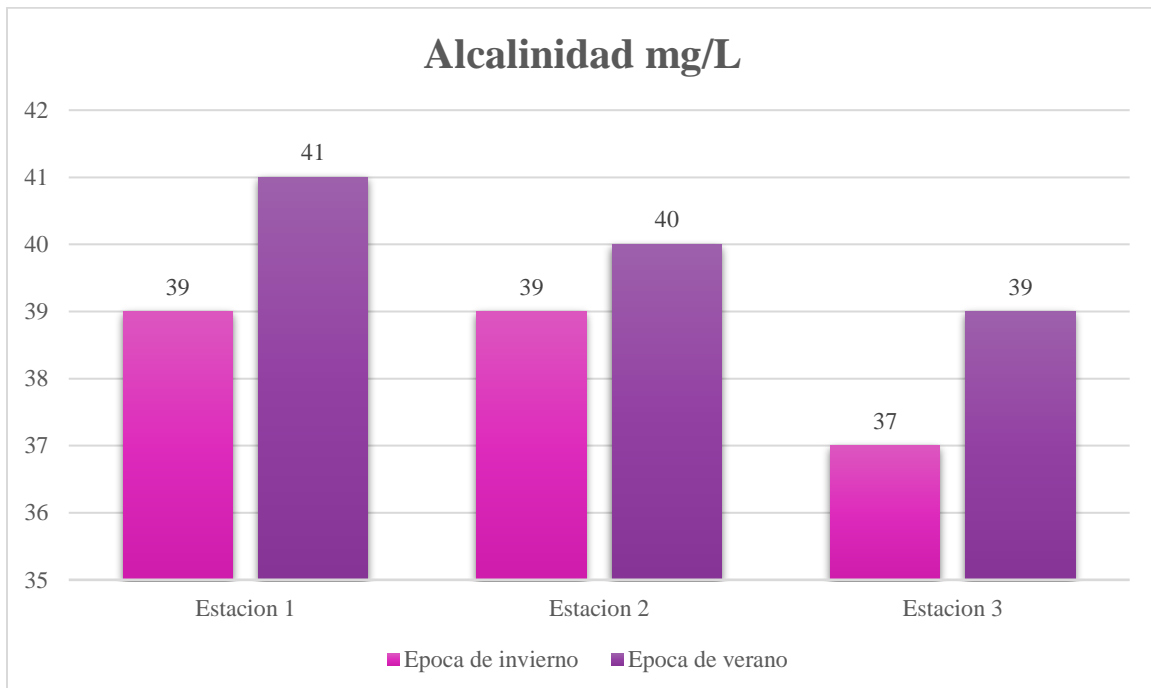
Los datos sugieren que un aumento de caudal disminuyó la concentración de sólidos disueltos y contribuyó en la disminución de la conductividad. El valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de acuerdo con la resolución 2115 de 2007. Los valores obtenidos en el análisis de conductividad en las dos épocas no sobrepasan lo estipulado por la norma. Sin embargo, la gráfica nos muestra que la conductividad mantiene rangos bajos, lo que a largo plazo indica un factor negativo para la vida acuática debido a que una baja conductividad eléctrica impide el normal desarrollo de la vida de peces y plantas.

7.2.4. Alcalinidad

El análisis de las medidas de alcalinidad obtenidas en los diferentes puntos de muestreo durante ambos periodos de estudio, presentaron el comportamiento ilustrado en la **Figura 10**.

Figura 10.

Comportamiento de la alcalinidad en las estaciones de muestreo



Fuente: Autores (2022)

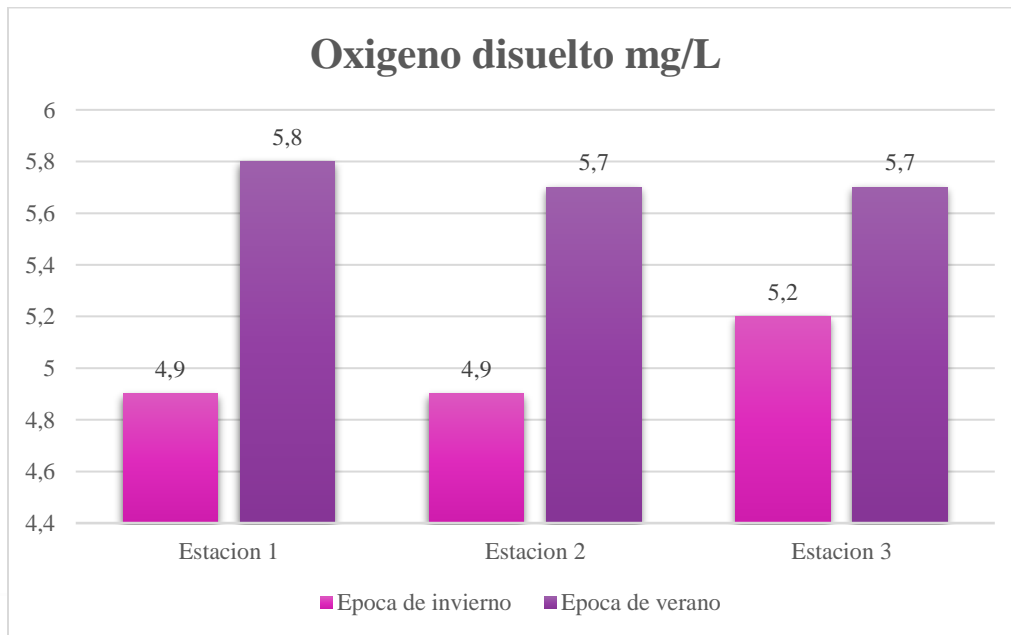
Los valores obtenidos en los laboratorios para la alcalinidad fueron entre 37 y 41 mg/L en las dos épocas de muestreo. La concentración más alta se obtuvo en el periodo de verano, con un valor de 41mg/L. Para el periodo de invierno se obtuvo el valor más bajo siendo de 37mg/L para la estación 3, dicho valor disminuyó solo dos unidades con respecto a las demás estaciones en esa misma época. De acuerdo con el decreto 1575 y la resolución 2115 de 2007 el valor aceptable de alcalinidad es hasta 200, lo que indica que los resultados obtenidos están cumpliendo con la norma.

7.2.5. Oxígeno disuelto.

El oxígeno disuelto es uno de los parámetros más importantes para la vida acuática y los microorganismos siendo 5mg/L aceptable y concentraciones por debajo de 3mg/L letal para la fauna ictiológica (CORPONOR, 2018). En la **Figura 11**.se muestran los resultados obtenidos en los análisis realizados por el laboratorio.

Figura 11.

Comportamiento del oxígeno disuelto en las estaciones de muestreo



Fuente: Autores (2022)

Los resultados obtenidos son favorables para el normal desarrollo de los organismos acuáticos. Según El Decreto 1594 de 1984 sobre usos del agua y residuos líquidos, los criterios de calidad para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna de agua fría dulce el oxígeno disuelto debe ser superior a 5,0 mg/L y para agua cálida dulce pasar los 4,0 mg/L, y todos los valores están por encima del rango. Se observó que en época de verano se presentaron valores mayores que en época de invierno, esto se debe a que los escurrimientos de las lluvias aumentan la turbiedad y presencia de sólidos en suspensión (sedimentos) con gran contribución de materia orgánica transportada que contribuyen a la disminución del oxígeno disuelto debido a un mayor consumo por parte de los microorganismos (Muñoz, H., 2015).

7.3. Análisis de Macroinvertebrados Acuáticos

Después de realizar la recolección de macroinvertebrados acuáticos con el fin de lograr la representatividad taxonómica de los bioindicadores presentes en el balneario el Rincón y hacer uso del programa de estudio de calidad del agua, se logró identificar 554 organismos en época de verano y 167 en época de invierno, 9 órdenes, 28 familias y 47 géneros en toda la extensión del área objeto de investigación.

Se logró observar que el comportamiento de la comunidad de macroinvertebrados originarios del Balneario el Rincón tiende a ser estable debido a que las familias taxonómicas encontradas en época de verano también se logran hallar en época de invierno, esto a la vez consigue ser un indicador de calidad de agua ya que el río entonces está presentando un comportamiento regular en los parámetros fisicoquímicos que garantizan el desarrollo de los organismos que en este abundan.

A continuación, se puede apreciar la caracterización taxonómica de familia y género de los macroinvertebrados que fueron identificados en cada una de las estaciones. (Ver **Tabla 17. A** **Tabla 22.**)

Tabla 17.

Caracterización taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos recolectados en la estación 1 de muestreo en época de sequía en el Balneario el Rincón.

ESTACIÓN 1		
FAMILIAS	GENERO	TOTAL
FAMILIA 10		
Psephenidae	Psephenops	2
Oligoneuridae	Lachlania	1
Ptilodactylidae	Anchytarsus	37
FAMILIA 9		
Philopotamidae	Chimarra	19
Leptophlebiidae	Thraulodes	6
	Terpides	4
Hydrobiosidae	Atopsyche	1
FAMILIA 8		
Gerridae	Brachymetra	5
	Eurygerris	1
FAMILIA 7		
Hydropsychidae	Leptonema	8
	Smicridea	12
Calopterygidae	Hetaerina	1
Naucoridae	Ambrysus	11
Baetidae	Baetodes	2
Leptohiphidae	Leptohiphes	23
FAMILIA 6		
Elmidae	Microcylloepus	28
	Macrelmis larva	12
	Cylloepus	7
	Stenelmis	1
	Disersus larva	1
Libellulidae	Tamea	1
Coridalidae	Corydalis larva	1
FAMILIA 1		
Tubificidae	Tubificidae	5
		189

Fuente: Autores (2022)

Tabla 18.

Caracterización taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos recolectados en la estación 2 de muestreo en época de sequía en el Balneario el Rincón.

ESTACION 2		
FAMILIAS	GENERO	TOTAL
FAMILIA 10		
Oligoneuridae	Lachlania	1
Ptilodactylidae	Anchytarsus	29
FAMILIA 9		
Leptophlebiidae	Thraulodes	21
	Terpides	5
	Farrodes	3
Philopotamidae	Chimarra	3
FAMILIA 8		
Gerridae	Brachymetra	4
	Limnogonus	1
FAMILIA 7		
Leptohyphidae	Leptohyphes	1
Naucoridae	Ambrysus	6
	Limnocoris	1
Baetidae	Baetodes	2
Hydropsychidae	Leptonema larva	5
	Smicridea	16
Calopterygidae	Hetaerina	4
FAMILIA 6		
Elmidae	Macrelmis larva	4
	Cylloepus	13
Libellulidae	Tamea	1
FAMILIA 5		
Tabanidae	Tabanus	1
FAMILIA 1		
Tubificidae	Tubificidae	9
		130

Fuente: Autores (2022)

Tabla 19.

Caracterización taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos recolectados en la estación 3 de muestreo en época de sequía en el Balneario el Rincón.

ESTACION 3		
FAMILIAS	GENERO	TOTAL
FAMILIA 10		
Ptilodactylidae	Anchytarsus	6
Psephenidae	Psephenops	2
FAMILIA 9		
Philopotamidae	Chimarra	3
	Dolophilodes	6
Hydrobiosidae	Atopsyche	8
Polycentropodidae	Polycentropus	3
	Polyplectropus	11
FAMILIA 7		
Baetidae	Baetodes	63
	Camelobaetidius	1
Hydropsychidae	Leptonema	19
	Smicridea	24
	Macrostenum	20
Naucoridae	Ambrysus	9
Dryopidae	Helichus	9
FAMILIA 6		
Elmidae	Cylloepus	1
	Phanocerus larva	2
	Macrelmis larva	23
	Microcylloepus	11
	Stenelmis	7
Corydalidae	Corydalis larva	3
FAMILIA 1		
Tubificidae	Tubificidae	4
		235

Fuente: Autores (2022)

Tabla 20.

Caracterización taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos recolectados en la estación 1 de muestreo en época de lluvia en el Balneario el Rincón.

ESTACION 1		
FAMILIAS	GENERO	TOTAL
FAMILIA 10		
Hydraenidae	Lampyridae	1
Oligoneuridae	Lachlania	6
FAMILIA 9		
Euthyplociidae	Euthyplocia	1
Dytiscidae	Thermonectus	2
FAMILIA 8		
Gerridae	Eurygerris	8
	Limnogonus	5
Veliidae	Stridulivelia	30
Leptoceridae	oecetis	1
FAMILIA 7		
Naucoridae	Limnocoris	3
Hydropsychidae	Smicridea	3
FAMILIA 6		
Libellulidae	Brechmorhoga	1
FAMILIA 3		
Tipulidae	Molophiilu	1
FAMILIA 2		
Chironomidae	Chironomidae	1
		63

Fuente: Autores (2022)

Tabla 21.

Caracterización taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos recolectados en la estación 2 de muestreo en época de lluvia en el Balneario el Rincón.

ESTACION 2		
FAMILIAS	GENERO	TOTAL
FAMILIA 10		
Ptilodactylidae	Anchytarsus	2
Psephenidae	Psephenops	1
FAMILIA 9		
Hydrobiosidae	Atopsyche	4
Leptophlebiidae	Farrodes	1
Polycentropodidae	Polyplectropus	2
FAMILIA 8		
Gerridae	Brachymetra	2
Veliidae	Stridulivelia	2
FAMILIA 7		
Baetidae	Baetodes	4
Hydropsychidae	Leptonema	3
	Smicridea	2
Naucoridae	Limnocois larva	18
FAMILIA 6		
Elmidae	Microcylloepus larva	2
	Stenelmis larva	1
	Macrelmis larva y adulto	2
Libellulidae	Brechmorhoga	1
FAMILIA 1		
Tubificidae	Tubificidae	4
		51

Fuente: Autores (2022)

Tabla 22.

Caracterización taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos recolectados en la estación 3 de muestreo en época de lluvia en el Balneario el Rincón.

ESTACION 3		
FAMILIAS	GENERO	TOTAL
FAMILIA 10		
Psephenidae	Psephenops	1
Perlidae	Anacroneuria	1
Oligoneuridae	Lachlania	5
Ptilodactylidae	Anchytarsus	1
FAMILIA 9		
Leptophlebiidae	Farrodes	1
Hydrobiosidae	Atopsyche	3
Euthyplociidae	Euthyplocia	1
Polycentropodidae	Polycentropus	4
Philopotamidae	Chimarra	1
	Dolophilodes	2
Xipocentronidae	Xipocentron	2
FAMILIA 8		
Gerridae	Limnogonus	1
Hydroptilidae	Neutrichia	2
FAMILIA 7		
Hydropsychidae	Leptonema	5
	Smicridea	3
	Macrostenum	4
Naucoridae	Limnocoris	2
Dryopidae	Dryops	3
FAMILIA 6		
Elmidae	Stenelmis	9
	Cylloepus	1
FAMILIA 3		
Tipulidae	Molophilus	1
		53

Fuente: Autores (2022)

A partir de la clasificación taxonómica que se le hizo a cada macroinvertebrado, se puede afirmar que la población posee una alta variedad de adaptaciones morfológicas.

En el afluente pudimos encontrar invertebrados como los trichopteros los cuales representan el 24,5% en invierno y 28,5% en verano; estos juegan papeles ecológicos importantes. Las larvas participan básicamente de todos los procesos ecológicos. Especies raspadoras consumen algas y participan en el control de la productividad primaria. Los fragmentadores de hojarasca juegan un papel importante, reducen la materia orgánica más gruesa en partículas finas haciendo que este material sea disponible para otros consumidores, mientras que los filtradores agrupan partículas finas y producen otras más grandes que pueden ser consumidas por recolectores. Debido a su gran diversidad y el hecho que las larvas poseen distintos rangos de tolerancia, según la familia o el género al que pertenecen, son muy útiles como bioindicadores de la calidad de agua y la salud del ecosistema. La gran mayoría de las especies son sensibles a la contaminación del agua y a la alteración de su hábitat, incluyendo las zonas de las riberas.

El orden Ephemeroptera representa un 11,3% en invierno y 24% en verano, ha sido considerado por muchos autores como uno de los órdenes más sensibles a la contaminación del agua. Las ninfas son generalmente raspadoras o recolectoras, alimentándose de una variedad de algas y detritus. La mayoría viven en la superficie de piedras, arena o barro.

La mayoría de hemíptera son predadores, representan un 42,5% en invierno y 6,9% en verano; viven en la película superficial del agua; habitan en ecosistemas dulceacuícolas, estuarios y marinos.

Los coleóptera representan un 15,5% en invierno y 35,5% en verano, cumplen una función importante en los sistemas de agua dulce como depredadores, enemigos naturales de los mosquitos. Son buenos indicadores de condiciones ambientales debido a que son conocidos como habitantes de aguas limpias.

Los díptera, son uno de los órdenes de insectos más complejos, abundantes y ampliamente distribuidos en el mundo. Presentan gran capacidad de colonización de los sustratos que ofertan los ecosistemas, gracias a sus diferentes variaciones morfológicas. Componente biológico relevante en la cadena trófica, ya que además de ser parte de la dieta de una biota acuática, ayudan al reciclaje de nutrientes sedimentados y la transformación de la materia orgánica de los fondos mediante los movimientos ondulatorios de sus cuerpos. Representan un 1,8% en época de invierno y 0,2% en época de verano.

También se pudo encontrar Plecóptera, son invertebrados que se alimentan de restos vegetales en descomposición procedentes principalmente de la vegetación de ribera (hojas, ramas, raíces, etc.), a estos bioindicadores se les denomina desmenuzadores. Representan un 0,5% en época de invierno.

Los Haplotaxida son un grupo de anélidos que engloba a las lombrices y sus parientes. Sus especies poseen una morfología bastante homogénea, con las quetas laterales más o menos desarrolladas. El grupo se distribuye por todo el mundo, viviendo en lugares húmedos o bajo el agua. Se pueden encontrar principalmente bajo tierra, entre hojarasca y humus vegetal, en cortezas y demás galerías húmedas, en el agua de riachuelos y lagos o en los sedimentos de estos y en el agua y sedimentos marinos. Su alimentación consta generalmente de detritus orgánicos, aunque algunos pueden comer algas o plancton. Representan un 2,4% en invierno y 3,2% en verano.

Las larvas del orden megaloptera se alimentan de todo tipo de organismos acuáticos de pequeño tamaño y pueden practicar el canibalismo. También, a su vez, son presas comunes de otros organismos acuáticos como peces. Representan un 0,7% en época de verano.

En muchos ambientes acuáticos las ninfas del orden odonata son los depredadores voraces, incluso caníbales de mayor tamaño. Están presentes en un 1,2% en invierno y verano. Como depredadores son importantes en las cadenas alimentarias, donde forman un enlace entre los consumidores primarios y otros depredadores. En ríos, las ninfas de Odonata pueden representar menos del 2%.
(Ver

Tabla 23.y Tabla 24.)

Tabla 23.

Representación porcentual de los macroinvertebrados acuáticos según el orden taxonómico recolectados en el balneario el Rincón en época de verano.

Orden taxonómico	Estación 01	Estación 02	Estación 03	Total	Porcentaje
Coleoptera	88	46	61	195	35,2%
Hemiptera	17	12	9	38	6,9%
Haplotaxida	5	9	4	18	3,2%
Megaloptera	1	-	3	4	0,7%
Trichoptera	40	24	94	158	28,5%
Ephemeroptera	36	33	64	133	24,0%
Odonata	2	5	-	7	1,2%
Diptera	-	1	-	1	0,2%
Total	189	130	229		

Fuente: Autores (2022)

Tabla 24.

Representación porcentual de los macroinvertebrados acuáticos según el orden taxonómico recolectados en el balneario el Rincón en época de invierno.

Orden taxonómico	Estación 01	Estación 02	Estación 03	Total	Porcentaje
Ephemeroptera	7	5	7	19	11,3%
Coleoptera	3	8	15	26	15,5%
Plecoptera	-	-	1	1	0,5%
Hemiptera	46	22	3	71	42,5%
Trichoptera	4	11	26	41	24,5%
Diptera	2	-	1	3	1,8%
Odonata	1	1	-	2	1,2%
Haplotaxida	-	4	-	4	2,4%
Total	63	51	53		

Entre los grupos más sensibles, encontrados en el afluente, a las alteraciones del ecosistema están las larvas acuáticas de los insectos pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera y adultos de los Coleóptera, estos grupos han mostrado una alta sensibilidad a la contaminación y a la degradación de los ecosistemas acuáticos, lo cual es un indicador de que el agua presenta características fisicoquímicas de alta calidad.

El incremento de materia orgánica en el agua produce una proliferación de los microorganismos encargados de su descomposición, lo que genera entre otros efectos una reducción de la concentración de oxígeno disuelto. La mayoría de los invertebrados son sensibles a esta reducción, de tal forma que reducen su abundancia, o incluso desaparecen. Por el contrario, otros grupos toleran bien las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, como es el caso de la familia Chironomidae presentes en época de invierno, de tal manera que una elevada abundancia de estos grupos con respecto a las condiciones naturales o de referencia es indicadora de este tipo de alteración.

Para finalizar el componente biológico de la investigación, se esclarecerá el resultado del índice BMWP/Col en el balneario el Rincón (Ver **Tabla 25.** y **Tabla 26.**).

Tabla 25.

Determinación del índice BMWP en las estaciones de muestreo en el Balneario el Rincón en época de verano.

ESTACIONES	ÍNDICE BMWP	CALIDAD
Estación 1	119	Buena
Estación 2	99	Aceptable
Estación 3	88	Aceptable

Fuente: Autores (2022)

Tabla 26.

Determinación del índice BMWP en las estaciones de muestreo en el Balneario el Rincón en época de invierno.

ESTACIONES	ÍNDICE BMWP	CALIDAD
Estación 1	87	Aceptable
Estación 2	97	Aceptable
Estación 3	140	Buena

Fuente: Autores (2022)

El resultado del índice BMWP/Col indico que no hay cambios ecológicos negativos en las zonas de muestreo que puedan estar directamente relacionados con la actividad turística, las actividades agrícolas, las densidades humanas, los cambios en el paisaje.

7.4. Índice de Calidad del Agua (ica)

En la siguiente tabla se muestran los valores ICA obtenidos a partir de los parámetros analizados (ver **Tabla 27**)

Tabla 27.

Índice promedio de calidad del agua en época de invierno y verano.

INDICE PROMEDIO DE CALIDAD DEL AGUA ICA						
EPOCA	EST	I _{od}	I _{ce}	I _{pH}	ICA	CLASIFICACIÓN ICA
INVIERNO	1	0,11	0,16	0,2	0,47	Mala
	2	0,11	0,16	0,2	0,47	Mala
	3	0,12	0,16	0,2	0,48	Mala
VERANO	1	0,14	0,16	0,2	0,50	Mala
	2	0,13	0,16	0,2	0,49	Mala
	3	0,13	0,16	0,2	0,49	Mala

Fuente: Autores (2022)

Aclaremos que el resultado obtenido anteriormente es debido a que solo se calculó el índice con tres variables. De acuerdo con la tabla anterior, la calidad del agua del balneario el Rincón en las dos épocas evaluando solo tres parámetros posee una señal de alerta de color naranja o también denominada Mala. Posterior a eso se tomó información de las variables que hacían falta para completar las estipuladas en el cálculo del ICA en época de verano, tomando como información secundaria el informe consolidado de resultados trimestrales campaña 2016-2020 realizado por corpopesar dando un resultado positivo.

Tabla 28.

Índice promedio de calidad del agua en época de verano con información secundaria.

INDICE PROMEDIO DE CALIDAD DEL AGUA ICA CON INFORMACION SECUNDARIA								
EPOCA	EST	I_{OD}	I_{CE}	I_{pH}	I_{SST}	I_{DQO}	ICA	CLASIFICACIÓN ICA
VERANO	1	0,14	0,16	0,2	0,16	0,14	0,8	Aceptable
	2	0,13	0,16	0,2	0,19	0,14	0,82	Aceptable
	3	0,13	0,16	0,2	0,19	0,14	0,82	Aceptable

Fuente: Autores (2022)

Debido a lo anterior, el agua del río Guatapurí presenta unas condiciones aceptables en sus parámetros fisicoquímicos por lo cual es apta y se genera presencia de macroinvertebrados hallados en cada uno de los puntos.

Conclusiones

En la evaluación de los parámetros físicos y químicos del agua en el balneario El Rincón en las dos épocas de muestreo, se pudo evidenciar que los resultados obtenidos estuvieron dentro de los límites permisibles por la normativa colombiana; dando a concluir que el río no presenta ningún tipo de alteración.

Los rangos de temperatura obtenidos en las dos épocas de muestreo están entre 21,9 y 22,8 °C, lo que indica que cumple con lo estipulado en la normativa.

En las dos épocas de muestreo se obtuvieron valores intermedios de pH que fueron entre 7,19 y 7,37; con respecto a lo establecido por la normativa que va de 6,5 a 9,0.

Los valores de conductividad cumplieron con lo establecido por la normativa, sin embargo; tuvieron rangos bajos, lo que a largo plazo indica un factor negativo para la vida acuática debido a que una baja conductividad eléctrica impide el normal desarrollo de la vida de peces y plantas.

Los rangos de alcalinidad obtenidos están entre 37 y 41 mg/l en las dos épocas de muestreo, lo que indica que esta cumple con el límite permisible.

Los resultados de oxígeno disuelto están por encima del valor permisible que es 4,0 mg/l.

Las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos que se encontraron en el balneario el Rincón, poseen una alta variedad de adaptaciones morfológicas y de comportamientos para poder aprovechar los diferentes recursos tróficos que ofrece el ecosistema fluvial. De los 721 organismos recolectados en las dos épocas de muestreo casi el 80% de los organismos de la comunidad de macroinvertebrados corresponden a grupos que son sensibles a las posibles alteraciones que se pueden generar en el ecosistema.

Los órdenes con mayor presencia en época de lluvia fueron coleoptera, hemiptera trichoptera y ephemeroptera. En época de sequía estos ordenes también representaron el mayor porcentaje siendo

Esta abundancia de organismos encontrados en todas las estaciones de muestreo, en las dos épocas de análisis son pertenecientes a aguas rápidas, limpias y bien oxigenadas lo que indica que el hábitat estudiado garantiza estas condiciones para su reproducción.

Los organismos con menor porcentaje de presencia en el río en época de lluvia fueron los del orden haplotaxida, odonata, díptera y plecoptera. En época de sequía el menor porcentaje de presencia fueron los organismos del orden haplotaxida, megaloptera, odonata y díptera.

Los resultados obtenidos a través del uso del índice BMWP/Col con un valor promedio de 102 para época de verano y de 108 en época de lluvia, indican que no hay cambios ecológicos negativos en las zonas de muestreo que puedan estar directamente relacionados con la actividad turística, actividades agrícolas, densidades humanas, cambios en el paisaje y el aumento en los valores de los parámetros fisicoquímicos

Al momento de calcular el índice de calidad del agua observamos que faltaban datos sobre dos parámetros lo que produjo un error. La presencia de los macroinvertebrados encontrados en cada punto de muestreo se debe a la calidad aceptable que presenta el agua del río, aclarando que inicialmente el ICA calculado con solo tres variables presenta condiciones desfavorables, debido a que faltó incluir dos parámetros fundamentales para determinar su calidad. Sin embargo, calibrando unos valores tomados como información secundaria dados por Corpocesar; se evidenció que hay una variación en los resultados lo que indica que la falta de información produjo un error al momento de calcular el ICA. Esta variación evidencia que la calidad del agua del río es aceptable, teniendo en cuenta que se utilizó los valores de SST y DQO suministrado en el informe consolidado de resultados trimestrales campaña 2016-2020 para época de sequía. Una vez realizado todos los parámetros para una época en específica se comprobó que el agua presenta una buena calidad por lo tanto se evidencia en la presencia de los macroinvertebrados encontrados.

Recomendaciones

Implementar un sistema de monitoreo en puntos estratégicos del río basado en los Índices de Calidad con el fin de valorar el estado y la dinámica de la calidad del agua del río para determinar la oferta hídrica y planificar el aprovechamiento integrado del recurso hídrico de la zona de turismo, así mismo establecer las causas de sus variaciones temporales.

Las medidas de mitigación enmarcadas para la protección ambiental deberían ser tomadas en cuenta para orientar las actividades económicas que se realizan en el balneario el Rincón, con el propósito de hacer compatibles las estrategias de desarrollo económico y social de toda la comunidad, con las de preservación ambiental.

Es conveniente la existencia de un comité ambiental dentro de la comunidad que se beneficia del recurso hídrico que monitoree el normal curso del río en la zona del Balneario el Rincón y proponga en su oportunidad las modificaciones necesarias para no poner en peligro el desarrollo sostenible de los recursos naturales ahí presentes.

Realizar nuevas investigaciones para estudiar otros parámetros como los microbiológicos, Nitratos, Fosfatos, Grasas, Aceites y Tensoactivos, para completar el estudio ya realizado.

Bibliografía

Beita, W., & Barahona, M., (2011). Físicoquímica de las aguas superficiales de la cuenca del río Rincón, península de Osa, Costa Rica. San José, Costa Rica.

Cahuana, A. Determinación de la calidad de agua y su relación con metales en sólidos en suspensión en los ríos Tucuy, Maracas y Calenturitas, en el departamento del Cesar. Valledupar (2020). Trabajo de grado presentado como requisitos para obtener el título de Magister en Ciencias Ambientales. Universidad Popular del Cesar.

Cahuana, A., Rodríguez, Y., Romero, L., Royero, A., Torres, K., & Vanegas, A (2021). lineamientos y guía orientadora para la estructuración y formulación del anteproyecto y proyecto de grado en el programa de ingeniería ambiental y sanitaria. Versión 003-2021.

Cahuana, A., Romero, L., Torres, K., (2019). lineamientos y guía orientadora para la estructuración y formulación del anteproyecto y proyecto de grado en el programa de ingeniería ambiental y sanitaria.

Carvacho, C. Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limari en Chile, (2012). Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de biólogo, Universidad de Barcelona.

Castaño, Y., Quintana, L. Análisis comparativo de la calidad del agua usando Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la parte Alta, media y baja de la quebrada el tabor en el municipio de san Carlos –Antioquia. (2016). Trabajo de grado presentado como requisitos para obtener el título de Ingeniero Ambiental, en el tecnológico de Antioquia-Institución universitaria.

Cazau, P., 2006. Introducción a la Investigación en ciencias Sociales. Marzo

Christine, M., Toro, D., Grajales, A., Duque, G., Serna, L., (2009). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, universidad de caldas, municipio de palestina, Colombia. Scielo, 13(2).

CORPONOR, (2018). Subdirección de medición y análisis ambiental interpretación de resultados por parámetros. Obtenido de https://corponor.gov.co/calidad_agua/2018/9_RIO_ZULIA_CALIDAD_FISICO_QUIMICA_MICROBIOLOGICA_2018/38_COMPARACION_CONDUCTIVIDAD_ELECTRICA_OD.pdf

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2017. Boletín del índice de calidad del agua en corrientes superficiales "ICA" , Bogotá: s.n.

Daza P, (2009). Historia de Valledupar. [En línea]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Valledupar>

Flowers, R., De la rosa, C., (2010). Ephemeroptera. [En línea]. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800004

Garces, D., Pacheco, L., Análisis de la calidad del agua a partir de la correlación entre variables fisicoquímicas y macroinvertebrados en tres sectores del río caney, restrepo – meta. (2020). Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental, Universidad Santo Tomas.

Gardey (2012). Temperatura. [En línea]. Disponible en: <https://definicion.de/temperatura/>

Giacometti, J, & Bersosa, F. (2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi, Noroccidente ecuatoriano. Boletín Técnico 6, Serie Zoológica, Colombia.

Grustan, D. (2015) Orden megaloptera. Revista IDE@ - SEA, nº 57 (30-06-2015): 1–8.

Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, P (2014). Metodología de investigación sexta edición. México D.F. obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

IDEAM, (2007). Evaluación del potencial del agua subterránea para riego de los sistemas acuíferos como aluvial y llanura aluvial de Valledupar, departamento del Cesar. Valledupar.

Informe consolidado de resultados trimestrales campaña 2016-2020, (2020). Corporación autónoma regional del cesar.

Jiménez, A, & Vélez, M. (2006). Análisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial. Universidad nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

Lone, P (2017). Indicadores de calidad de agua. [En línea]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/pedro-pablo-lone/indicadores-calidad-agua>

Maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente. Manizales. (2014). Universidad de Manizales, facultad de ciencias contables, económicas y administrativas.

Medidor de pH (2014). Oxígeno disuelto. [En línea]. Disponible en: <https://medidordeph.com/blog/2014/08/oxigeno-disuelto/>

Mejia, M., 2005. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El limón, San Jerónimo, Honduras. Tesis en Magister Scientiae en manejo integrado de cuencas, Costa Rica: s.n.

Ministerio de la protección social. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, (2007).

[En línea]. Disponible en:

https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf

Molina, J., Pinto, L. Evaluacion de la calidad del agua del rio calenturitas, en el departamento del Cesar, implementando el inidce de calidad (ICA) y los inidces de contaminacion (ICOs) para Colombia. (2019). Trabajo de grado para optar el titulo de Ingeniero Ambiental y Sanitario. Universidad Popular del Cesar. Facultad de ingenieria y tecnologia.

Morales, A., Soto, M., (2015). Evaluación de la calidad del agua del rio Badillo, en el balneario la vega-cesar, implementando los índices bmwp e ico para Colombia. Trabajo de grado para optar el titulo de Ingeniero Ambiental y Sanitario. Universidad Popular del Cesar. Facultad de ingenieria y tecnologia.

Naranjo, C, González, D, Garces, G, Brandimart, A. Muñoz, S & Musle, Y. (2005). Una metodología rápida y de fácil aplicación para la evaluación de la calidad del agua utilizando el índice BMWP/Col. Universidad Distrital Francisco José de Calda, Bogotá, Colombia.

Ovalle, L (2021). El tiempo [En línea]. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/valledupar-preocupacion-por-niveles-del-rio-guatapuri-573855>

Padilla, D., Arcos, O., (2011). Hemíptera acuáticos asociados a los estuarios de la costa pacífica colombiana. [En línea]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v37n2/v37n2a31.pdf>

Parámetros de calidad del agua: características físicas, químicas y normativas que lo regulan (2018). [En línea]. Disponible en: <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/parametros-de-calidad-del-agua-caracteristicas-fisicas-quimicas-y-normativas-que-lo-regulan>

Paredes, C. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rímac. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

Pérez, F., Valera, M., (2009). Calidad de agua. [En línea]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Calidad_del_agua

Pérez, F., Valera, M., (2009). Ciencias Naturales para Secundaria Básica. [En línea]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Alcalinidad>

Perez, J. Evaluacion del riesgo ambiental asociado a la presencia de metales en los sedimentos de los rios Tucuy, Maracas y Calenturitas en el departamento del cesar. Becerril, La Jagua de Ibirico y El Paso. Trabajo de grado para optar por el titulo de Magister en ciencias ambientales. Universidad Popular del Cesar.

Petro, A. & Wees, T., (2014). Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del municipio de Turbaco – Bolívar, caribe Colombiano, s.l.: s.n.

Piedrahita, J., (2018). Análisis del índice de calidad del agua (ica) e índice de contaminación del agua (icos) en quebrada villa ubicada en el bagre, Antioquia. [En línea]. Disponible en: [file:///C:/Users/Home/Downloads/2018PiedrahitaJuan%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Home/Downloads/2018PiedrahitaJuan%20(1).pdf)

Rojas, M. (2018) Dípteros acuáticos (insecta) y su relación con las variables físicas y químicas en un río con bosque seco tropical, Natagaima, Tolima – Colombia. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas

Roldan, G. (2003) Bioindicacion de la calidad de agua en Colombia por el método BMWP/COL. Medellín, Colombia. Editorial Universidad de Antioquia

Roldan G (2010). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. [En línea]. Recuperado de: <https://www.ianas.org/docs/books/wbp13.pdf>

Roldan G, (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Scielo.

Samboni, N., Escobar, Y. & Escobar, J., (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Scielo, 27(3)

Springer, M., (2010). Trichoptera. [En línea]. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800007

Torres, P., Cruz, C., Patiño, P., (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. [En línea]. Disponible en: [file:///C:/Users/Home/Downloads/v8n15s1a09%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Home/Downloads/v8n15s1a09%20(1).pdf)

Anexos.

Anexo 1. Ejemplo del Cálculo del Índice BMWP/Col Para la Época de sequía y la época de lluvia

Estación 1 sequía			
Familias	Puntaje	N° de familias	Puntaje total
Familia 10			
Psephenidae	10	3	30
Oligoneuridae			
Ptilodactylidae			
Familia 9			
Philopotamidae	9	3	27
Leptophlebiidae			
Hydrobiosidae			
Familia 8			
Gerridae	8	1	8
Familia 7			
Hydropsychidae	7	5	35
Calopterygidae			
Naucoridae			
Baetidae			
Leptohephidae			
Familia 6			
Elmidae	6	3	18
Libellulidae			
Coridalidae			
Familia 1			
Tubificidae	1	1	1
BMWP/Col			119

Estación 1 lluvia			
Familias	Puntaje	N° de familias	Puntaje total
Familia 10			
Oligoneuridae	10	2	20
Hydraenidae			
Familia 9			
Euthyplociidae	9	2	18
Dytiscidae			
Familia 8			
Veliidae	8	3	24
Gerridae			
Leptoceridae			
Familia 7			
Hydropsychiidae	7	2	14
Naucoridae			
Familia 6			
Libellulidae	6	1	6
Familia 3			
Tipulidae	3	1	3
Familia 2			
Chironomidae	2	1	2
		BMWP/Col	87



Anexo 2. Ejemplo del Cálculo del Caudal en el Balneario el Rincón en Época de sequía y en Época de lluvia

Estación 1-sequía	
Puntos de medidas	Profundidad (mts)
1	0,06
2	0,21
3	0,28
4	0,33
5	0,52
6	0,38
7	0,24
8	0,20
9	0,18
10	0,13
Promedio	0,25



Intervalos	Tiempo (sg)
1	30,3
2	27,8
3	25,4
4	25,4
5	30,1
Promedio (seg)	27,8
Distancia (mts)	10
Velocidad (m/seg)	Distancia/Tiempo
Velocidad (m/seg)	0,36
Ancho (m)	20,5
Área de sección del río (m ²)	Ancho*Profundidad
Área de sección del río (m ²)	5,12
Caudal (q)	V*A
Caudal (q) m ³ /s	1,8

Estación 1-lluvia	
Puntos de medidas	Profundidad (mts)
1	0,10
2	0,19
3	0,33
4	0,53
5	0,75
6	0,80
7	0,71
8	0,66
9	0,62
10	0,25
11	0,11
Promedio	0,46

Intervalos	Tiempo (sg)
1	24,6
2	21,7
3	26,2
4	21,1
5	24,4
Promedio (seg)	23,6
Distancia (mts)	10
Velocidad (m/seg)	Distancia/Tiempo
Velocidad (m/seg)	0,43
Ancho (m)	21,88
Área de sección del río (m ²)	Ancho*Profundidad
Área de sección del río (m ²)	10,09
Caudal (q)	V*A
Caudal (q) m ³ /s	4,3



Anexo 3. Soporte Fotográfico de Macroinvertebrados

Puntaje10	
<p>Familia: Psephenidae Género: Psephenops</p>	
<p>Familia: Oligoneuriidae Género: Lachlania</p>	



**Familia:
Ptilodactylidae**

**Género:
Anchytarsus**



Familia: Perlidae

**Género:
Anacroneuria**



Puntaje 9



<p>Familia: Philopotamidae</p> <p>Género: Chimarra</p>	
<p>Familia: Philopotamidae</p> <p>Género: Dolophides</p>	
<p>Familia: Leptophlebiae</p> <p>Género: Thraulodes</p>	



Familia:

Leptophlebiae

Género: Terpides



Familia:

Leptophlebiae

Género: Farrodes





Familia:

Hydrobrosidae

Género: Atopsyche



Familia:





Polycentropodidae

Género:

Polyplectropus





Familia: Polycentropodidae			
Género: Polycentropus			
Familia: Euthyplocidae			
Género: Euthyplocia			
Familia: Dystiscidae			
Género: Thermonectus			
Familia: Xipocentronidae			
Género: Xiphocentron			



Puntaje 8

Familia: Gerridae

**Género:
Brachymetra**



Familia: Gerridae

Género: Eurygerris





Familia: Gerridae

Género: Limnogonus





Familia: Veliidae

Género: Stridulivelia





<p>Familia: Leptoceridae</p> <p>Género: Oecetis</p>	
<p>Familia: Hydroptilidae</p> <p>Género: Neotrichia</p>	
<p>Puntaje 7</p>	



<p>Familia: Hydropsychidae</p> <p>Género: Leptonema</p>	
<p>Familia: Hydropsychidae</p> <p>Género: Smicridea</p>	



Familia:
Hydropsychidae

Género:
Macrostemum



Familia:
Calopterygidae

Género: Hetaerina





Familia: Naucoridae

Género: Ambrysus



Familia: Naucoridae

Género: Linnocoris



Familia: Baetidae

Género: Baetodes





Familia: Baetidae

**Género:
Camelobaetidius**



**Familia:
Leptohyhididae**

**Género:
Leptohyphes**



Familia: Dryopidae

Género: Helichus



Familia: Dryopidae

Género: Dryops



Puntaje 6



Familia: Elmidae

**Género:
Microcylloepus**



Familia: Elmidae

Género: Macrelmis





Familia: Elmidae

Género: Cylloepus



Familia: Elmidae

Género: Disersus





Familia: Elmidae




Género: Stenelmis



Familia: Elmidae

Género: Phanocerus



<p>Familia: Libellulidae</p> <p>Género: Tramea</p>	
<p>Familia: Libellulidae</p> <p>Género: Brechmorhoga</p>	
<p>Familia: Coridalidae</p> <p>Género: Corydalus</p>	
<p>Puntaje 5</p>	

<p>Familia: Tabanidae</p> <p>Género: Tabanus</p>	
--	--

Puntaje 3

<p>Familia: Tipulidae</p> <p>Género: Molophiilu</p>	
---	---

Puntaje 2

<p>Familia: Chironomidae</p> <p>Género: Chironomidae</p>	
--	--

Puntaje 1

Familia: Tubificidae

Género: Tubificidae



Fuente: Autores (2022)

Anexo 4. Resultados de Laboratorio de las Muestras de Agua en el Balneario el Rincón en las Tres Estaciones de Muestreo en la Epoca de Invierno y Verano.

	FORMATO ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO	Versión: 2
		Fecha: 18-01-2021
		Página: 5 de 5

REPORTE DE ENSAYO
No 1943-3

ODS No.	1943
Códigos:	0921-1943-3

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

CLIENTE:	ARIANNE SUAREZ			NIT/C.C.	1065836023-5
CONTACTO/CARGO:	Ariane Suarez		DIRECCIÓN:	CARRERA 22 # 22 B 21	
DEPARTAMENTO:	Cesar	MUNICIPIO:	Valledupar	TELÉFONO:	3014131574

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR	CLIENTE		
				FECHA DE MUESTREO	2021-09-29	HORA:	08:05 am
0921-1943-3	AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL	BALNEARIO EL RINCON - RIO GUATAPURI	FECHA DE INGRESO MUESTRA	2021-09-29	HORA:	10:00 pm
				FECHA INICIO DE ENSAYOS	2021-09-29		
				FECHA FINALIZ. DE ENSAYO	2021-10-06		
				FECHA DE REPORTE	2021-10-08		

N.A. No aplica

N.I. Información no suministrada

III. RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICOS



MICROBIOLÓGICOS



ENSAYOS	UNIDADES	CÓDIGO DE LA MUESTRA	VALORES DE REFERENCIA	TÉCNICA	MÉTODO
		0921-1943-3			
pH	Unidades	7.25	6,5 – 9,0	Potenciométrico	4500-H+B STM
Alcalinidad Total	mg/L	39	<200	Volumétrico	2320 B STM
Temperatura	°C	25.5	<40	Electrométrico	2550 B SM
Oxígeno disuelto	mg/L	4.9	>4,0	Electrométrico	4500-O G SM
Conductividad	µS/cm	84	50 _ 1000	Electrométrico	2510 B SM

Nota: El presente informe es válido solo para la muestra sometida a análisis. La utilización de los resultados es de uso exclusivo del cliente y No debe hacerse reproducción parcial del presente informe.

Pedro José Frago
Bacteriologo MSc. PhD.
TP 507 - 02

	FORMATO ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO	Versión: 2
		Fecha: 18-01-2021
		Página: 4 de 5

**REPORTE DE ENSAYO
No 1943-2**

ODS No.	1943
Códigos:	0921-1943-2

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

CLIENTE:	ARIANNE SUAREZ	NIT/C.C.	1065836023-5
CONTACTO/CARGO:	Ariane Suarez	DIRECCIÓN:	CARRERA 22 # 22 B 21
DEPARTAMENTO:	Cesar	MUNICIPIO:	Valledupar
		TELÉFONO:	3014131574

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR		CLIENTE		
				FECHA DE MUESTREO	HORA:	FECHA DE INGRESO MUESTRA	HORA:	
0921-1943-2	AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL	BALNEARIO EL RINCON - RIO GUATAPURI	FECHA DE INGRESO MUESTRA	2021-09-29	HORA:	10:00 pm	
				FECHA INICIO DE ENSAYOS	2021-09-29			
				FECHA FINALIZ. DE ENSAYO	2021-10-06			
				FECHA DE REPORTE	2021-10-08			

N.A. No aplica

N.I. Información no suministrada

III. RESULTADOS


FÍSICO-QUÍMICOS

MICROBIOLÓGICOS

ENSAYOS	UNIDADES	CÓDIGO DE LA MUESTRA	VALORES DE REFERENCIA	TÉCNICA	MÉTODO
		0921-1943-2			
pH	Unidades	7.19	6,5 - 9,0	Potenciométrico	4500-H+B STM
Alcalinidad Total	mg/L	39	<200	Volumétrico	2320 B STM
Temperatura	°C	25.6	<40	Electrométrico	2550 B SM
Oxígeno disuelto	mg/L	4.9	>4.0	Electrométrico	4500-0 G SM
Conductividad	μS/cm	86	50 - 1000	Electrométrico	2510 B SM

Nota: El presente informe es válido solo para la muestra sometida a análisis. La utilización de los resultados es de uso exclusivo del cliente y No debe hacerse reproducción parcial del presente informe.



	FORMATO ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO	Versión: 2
		Fecha: 18-01-2021
		Página: 3 de 5

REPORTE DE ENSAYO
No 1943-1

ODS No.	1943-1
Códigos:	0921-1943-1

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

CLIENTE:	ARIANNE SUAREZ		NIT/C.C.	1065836023-5
CONTACTO/CARGO:	Ariane Suarez	DIRECCIÓN:	CARRERA 22 # 22 B 21	
DEPARTAMENTO:	Cesar	MUNICIPIO:	Valledupar	TELÉFONO: 3014131574

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR		CLIENTE	
				FECHA DE MUESTREO	HORA: 08:30 am	FECHA DE INGRESO MUESTRA	HORA: 10:00 pm
0921-1943-1	AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUPERFICIAL	BALNEARIO EL RINCON - RIO GUATAPURI	FECHA INICIO DE ENSAYOS		2021-09-29	
				FECHA FINALIZ. DE ENSAYO		2021-10-06	
				FECHA DE REPORTE		2021-10-08	

N.A. No aplica

N.I: Información no suministrada

III. RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICOS

MICROBIOLÓGICOS

ENSAYOS	UNIDADES	CÓDIGO DE LA MUESTRA	VALORES DE REFERENCIA	TÉCNICA	MÉTODO
		0921-1943-1			
pH	Unidades	7.26	6,5 - 9,0	Potenciométrico	4500-H+B STM
Alcalinidad Total	mg/L	37	<200	Volumétrico	2320 B STM
Temperatura	°C	25.7	<40	Electrométrico	2550 B SM
Oxígeno disuelto	mg/L	5.2	>4.0	Electrométrico	4500-0 G SM
Conductividad	µS/cm	84	50 - 1000	Electrométrico	2510 B SM

Nota: El presente informe es válido solo para la muestra sometida a análisis. La utilización de los resultados es de uso exclusivo del cliente y No debe hacerse reproducción parcial del presente informe.

Pedro José Frago
Pedro José Frago
Bacteriólogo MSc. PhD.
TP 507 - 02



	FORMATO ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO	VIGENCIA	
		14 - 01 - 21	
		VERSION: 1	PAG:3

REPORTE DE ENSAYO
No 2011-1

ODS No.	2011
Códigos:	0222-2011-1

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

CLIENTE:	MORELIS GAMARRA MONTES	NITIC.C.	1065839715
CONTACTO/CARGO:	MORELIS GAMARRA	DIRECCIÓN:	CALLE 25 A #5-21 Santa Rosa
DEPARTAMENTO:	Cesar	MUNICIPIO:	Valledupar
		TELÉFONO:	3044595974

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR		CLIENTE	
				FECHA DE MUESTREO	HORA	FECHA DE MUESTREO	HORA
0222-2011-1	AGUA SUPERFICIAL	Muestra N° 1	BALNEARIO EL RINCON	2022-02-10	07:30 AM	2022-02-10	11:00 PM
				FECHA DE INGRESO MUESTRA			
				FECHA INICIO DE ENSAYOS	2022-02-10		
				FECHA FINALIZ. DE ENSAYO	2022-02-19		
				FECHA DE REPORTE	2022-02-21		

N.A. No aplica

N.I: Información no suministrada

III. RESULTADOS

FISICO-QUÍMICOS

MICROBIOLÓGICOS

ENSAYOS	UNIDADES	CÓDIGO DE LA MUESTRA	VALORES DE REFERENCIA	TÉCNICA	MÉTODO
		0222-2011-1			
Alcalinidad Total	mg/L	41	<200	Volumétrico	2320 C STM
pH	Unidades	7.34	6,5 - 9,0	Potenciométrico	4500-H+B STM
Conductividad	uS/cm	79	50 - 1000	Conductimétrica	2510 B STM
Oxígeno disuelto	mg/L	5,8	>4,0	Potenciométrico	5462 STM

Nota: El presente informe es válido solo para la muestra sometida a análisis. La utilización de los resultados es de uso exclusivo del cliente y No debe hacerse reproducción parcial del presente info

Pedro José Frago
Bacteriólogo MSc. PhD.
10 507 - 02



	FORMATO ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO	VIGENCIA	
		14 - 01 - 21	
		VERSION: 1	PAG:4

REPORTE DE ENSAYO
No 2011-2

ODS No.	2011
Códigos:	0222-2011-2

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

CLIENTE:	MORELIS GAMARRA MONTES	NIT/C.C.	1065839715
CONTACTO/CARGO:	MORELIS GAMARRA	DIRECCIÓN:	CALLE 25 A #5º-21 Santa Rosa
DEPARTAMENTO:	Cesar	MUNICIPIO:	Valledupar
		TELÉFONO:	3044595974

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR		CLIENTE	
				FECHA DE MUESTREO	HORA:	FECHA DE INGRESO MUESTRA	HORA:
0222-2011-2	AGUA SUPERFICIAL	Muestra N° 2	BALNEARIO EL RINCON	2022-02-10	07:30 AM	2022-02-10	11:00 PM
				FECHA INICIO DE ENSAYOS		2022-02-10	
				FECHA FINALIZ. DE ENSAYO		2022-02-19	
				FECHA DE REPORTE		2022-02-21	

N.A. No aplica

N.I. Información no suministrada

III. RESULTADOS

FÍSICO-QUÍMICOS

MICROBIOLÓGICOS

ENSAYOS	UNIDADES	CÓDIGO DE LA MUESTRA	VALORES DE REFERENCIA	TÉCNICA	MÉTODO
		0222-2011-2			
Alcalinidad Total	mg/L	40	<200	Volumétrico	2320 C STM
pH	Unidades	7.37	6,5 - 9,0	Potenciométrico	4500-H+B STM
Conductividad	uS/cm	84	50 - 1000	Conductimétrica	2510 B STM
Oxígeno disuelto	mg/L	5.7	>4.0	Potenciométrico	5462 STM

Nota: El presente informe es válido solo para la muestra sometida a análisis. La utilización de los resultados es de uso exclusivo del cliente y No debe hacerse reproducción parcial del presente infor

Pedro José Frago
Bacteriólogo MSc. PhD.
TP 507 - 02



	FORMATO ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO	VIGENCIA	
		14 - 01 - 21	
		VERSION: 1	PAG: 5

REPORTE DE ENSAYO
No 2011-3

ODS No.	2011
Códigos:	0222-2011-3

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

CLIENTE:	MORELIS GAMARRA MONTES	NIT/C.C.	1065839715
CONTACTO/CARGO:	MORELIS GAMARRA	DIRECCIÓN:	CALLE 25 A #5°-21 Santa Rosa
DEPARTAMENTO:	Cesar	MUNICIPIO:	Valledupar
		TELÉFONO:	3044595974

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR		CLIENTE	
				FECHA DE MUESTREO	HORA	FECHA DE INGRESO MUESTRA	HORA
0222-2011-1	AGUA SUPERFICIAL	Muestra N° 3	BALNEARIO EL RINCON	2022-02-10	07:30 AM	2022-02-10	11:00 PM
				FECHA INICIO DE ENSAYOS		2022-02-10	
				FECHA FINALIZ. DE ENSAYO		2022-02-19	
				FECHA DE REPORTE		2022-02-21	

N.A. No aplica

N.I. Información no suministrada

III. RESULTADOS

FISICO-QUÍMICOS

MICROBIOLÓGICOS

ENSAYOS	UNIDADES	CÓDIGO DE LA MUESTRA	VALORES DE REFERENCIA	TÉCNICA	MÉTODO
		0222-2011-3			
Alcalinidad Total	mg/L	39	<200	Volumétrico	2320 C STM
pH	Unidades	7.29	6,5 - 9,0	Potenciométrico	4500-H-B STM
Conductividad	uS/cm	84	50 - 1000	Conductimétrica	2510 B STM
Oxígeno disuelto	mg/L	5.7	>4.0	Potenciométrico	5462 STM

Nota: El presente informe es válido solo para la muestra sometida a análisis. La utilización de los resultados es de uso exclusivo del cliente y No debe hacerse reproducción parcial del presente infor

Pedro José Eragoso
Ingeniero MSc. PhD.
TP 507-02



Anexo 5. Determinación de los Índices de Calidad del Agua (ICA)

Cálculo OD en época de invierno				
E	Valor (mg)	T (°k)	Procedimiento	ICA
1	4,9	295.05	$\ln C = -139,3441 + \left(\frac{157570,1}{295,05}\right)$ $- \left(\frac{66423080}{295,05^2}\right)$ $+ \left(\frac{12438000000}{295,05^3}\right)$ $- \left(\frac{862194900000}{295,05^4}\right)$ $= 2,17$ $C = e^C = e^{2,17} = 8,76$ $PS_{OD} = \frac{4,9 * 100}{8,76} = 55,94\%$ $I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * 55,94) = 0,5594$ $ICA = 0,2 * 0,5594 = 0,1118$	0,1118
2	4,9	295.15	$\ln C = -139,3441 + \left(\frac{157570,1}{295,15}\right)$ $- \left(\frac{66423080}{295,15^2}\right)$ $+ \left(\frac{12438000000}{295,15^3}\right)$ $- \left(\frac{862194900000}{295,15^4}\right)$ $= 2,17$ $C = e^C = e^{2,17} = 8,76$	0,1118



			$PS_{OD} = \frac{4,9 * 100}{8,76} = 55,94\%$ $I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * 55,94) = 0,5594$ $ICA = 0,2 * 0,5594 = 0,1118$	
3	5,2	295.25	$\ln C = -139,3441 + \left(\frac{157570,1}{295,25} \right)$ $- \left(\frac{66423080}{295,25^2} \right)$ $+ \left(\frac{12438000000}{295,25^3} \right)$ $- \left(\frac{862194900000}{295,25^4} \right)$ $= 2,16$ $C = e^C = e^{2,16} = 8,67$ $PS_{OD} = \frac{5,2 * 100}{8,67} = 59,97\%$ $I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * 59,97) = 0,5997$ $ICA = 0,2 * 0,5997 = 0,1199$	0,1199



Cálculo OD en época de verano				
E	Valor (mg)	T (°k)	Procedimiento	ICA
1	5,8	295.95	$\ln C$ $= -139,3441 + \left(\frac{157570,1}{295,95} \right)$ $- \left(\frac{66423080}{295,95^2} \right)$ $+ \left(\frac{12438000000}{295,95^3} \right)$ $- \left(\frac{862194900000}{295,95^4} \right) = 2,15$ $C = e^C = e^{2,15} = 8,58$ $PS_{OD} = \frac{5,8 * 100}{8,58} = 67,59\%$ $I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * 67,59)$ $= 0,6759$ $ICA = 0,2 * 0,6759 = 0,1351$	0,1351
2	5,7	295.95	$\ln C$ $= -139,3441 + \left(\frac{157570,1}{295,95} \right)$ $- \left(\frac{66423080}{295,95^2} \right)$ $+ \left(\frac{12438000000}{295,95^3} \right)$ $- \left(\frac{862194900000}{295,95^4} \right) = 2,15$ $C = e^C = e^{2,15} = 8,58$ $PS_{OD} = \frac{5,7 * 100}{8,58} = 66,43\%$	0,1328

			$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * 66,43)$ $= 0,6643$ $ICA = 0,2 * 0,6643 = 0,1328$	
3	5,7	295.95	$\ln C$ $= -139,3441 + \left(\frac{157570,1}{295,95}\right)$ $- \left(\frac{66423080}{295,95^2}\right)$ $+ \left(\frac{12438000000}{295,95^3}\right)$ $- \left(\frac{862194900000}{295,95^4}\right) = 2,15$ $C = e^C = e^{2,15} = 8,58$ $PS_{OD} = \frac{5,7 * 100}{8,58} = 66,43\%$ $I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * 66,43)$ $= 0,6643$ $ICA = 0,2 * 0,6643 = 0,1328$	0,1328

Cálculo CE en época de invierno

EST	Valor ($\mu\text{S/cm}$)	Procedimiento	ICA
1	84	$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26+1,34\text{LOG}_{10}(84))} = 0,79$ $ICA = 0,2 * 0,79 = 0,158$	0,158
2	86	$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26+1,34\text{LOG}_{10}(86))} = 0,78$ $ICA = 0,2 * 0,78 = 0,156$	0,156
3	84	$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26+1,34\text{LOG}_{10}(84))} = 0,79$ $ICA = 0,2 * 0,79 = 0,158$	0,158
Cálculo CE en época de verano			
EST	Valor	Procedimiento	ICA



	($\mu\text{S/cm}$)		
1	79	$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26+1,34\text{LOG}_{10}(79))} = 0,81$ $ICA = 0,2 * 0,81 = 0,162$	0,162
2	84	$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26+1,34\text{LOG}_{10}(84))} = 0,79$ $ICA = 0,2 * 0,79 = 0,158$	0,158
3	84	$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26+1,34\text{LOG}_{10}(84))} = 0,79$ $ICA = 0,2 * 0,79 = 0,158$	0,158

Cálculo PH en época de invierno

EST	Valor (pH)	Procedimiento	ICA
1	7,25	$\text{Si } 4 < \text{pH} \leq 8, \text{ entonces } I_{\text{pH}} = 1$ $ICA = 0,2 * 1 = 0,2$	0,2
2	7,19	$\text{Si } 4 < \text{pH} \leq 8, \text{ entonces } I_{\text{pH}} = 1$ $ICA = 0,2 * 1 = 0,2$	0,2
3	7,26	$\text{Si } 4 < \text{pH} \leq 8, \text{ entonces } I_{\text{pH}} = 1$ $ICA = 0,2 * 1 = 0,2$	0,2

Cálculo PH en época de verano

EST	Valor (pH)	Procedimiento	ICA
1	7,34	$\text{Si } 4 < \text{pH} \leq 8, \text{ entonces } I_{\text{pH}} = 1$ $ICA = 0,2 * 1 = 0,2$	0,2
2	7,37	$\text{Si } 4 < \text{pH} \leq 8, \text{ entonces } I_{\text{pH}} = 1$ $ICA = 0,2 * 1 = 0,2$	0,2
3	7,29	$\text{Si } 4 < \text{pH} \leq 8, \text{ entonces } I_{\text{pH}} = 1$ $ICA = 0,2 * 1 = 0,2$	0,2

Cálculo SST en época de verano			
EST	Valor (SST)	Procedimiento	ICA
1	80,9	$I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 \cdot 80,9) = 0,77$ $ICA = 0,2 * 0,77 = 0,16$	0.16
2	17,4	$I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 \cdot 17,4) = 0,97$ $ICA = 0,2 * 0,97 = 0,19$	0,19
3	23,8	$I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 \cdot 23,8) = 0,95$ $ICA = 0,2 * 0,95 = 0,19$	0,19

Cálculo DQO en época de verano			
EST	Valor (DQO)	Procedimiento	ICA
1	< 25	Si $20 < DQO \leq 25$, entonces $I_{DQO} = 0,71$	0,14

		$ICA = 0,2 * 0,71$ $= 0,14$	
2	<25	Si $20 < DQO \leq 25$, entonces $I_{DQO} = 0,71$ $ICA = 0,2 * 0,71$ $= 0,14$	0,14
3	< 25	Si $20 < DQO \leq 25$, entonces $I_{DQO} = 0,71$ $ICA = 0,2 * 0,71$ $= 0,14$	0,14

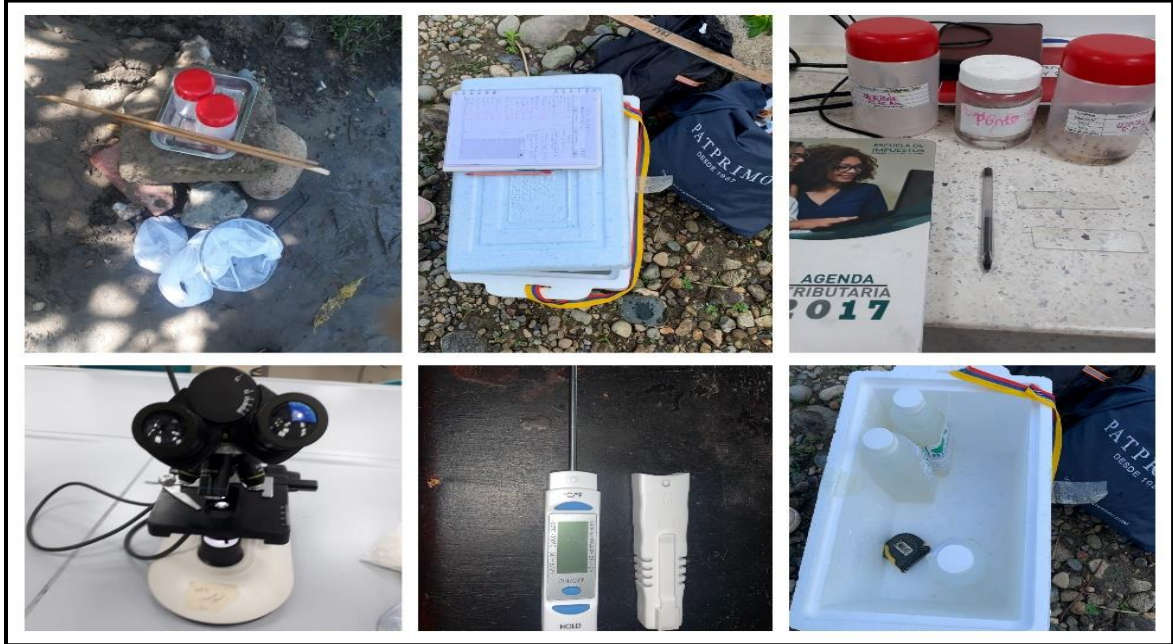
Calculo ICA promedio		
Época	Estación	ICA promedio
Invierno	1	$ICA \text{ promedio} = 0,11 + 0,16 + 0,2 = 0,47$
	2	$ICA \text{ promedio} = 0,11 + 0,16 + 0,2 = 0,47$
	3	$ICA \text{ promedio} = 0,12 + 0,16 + 0,2 = 0,48$
Verano	1	$ICA \text{ promedio} = 0,14 + 0,16 + 0,2 = 0,50$
	2	$ICA \text{ promedio} = 0,13 + 0,16 + 0,2 = 0,49$
	3	$ICA \text{ promedio} = 0,13 + 0,16 + 0,2 = 0,49$

Calculo ICA promedio con información secundaria

Época	Estación	ICA promedio
Verano	1	ICA promedio = $0,14 + 0,16 + 0,2 + 0,16 + 0,14 = 0,8$
	2	ICA promedio = $0,13 + 0,16 + 0,2 + 0,19 + 0,14 = 0,82$
	3	ICA promedio = $0,13 + 0,16 + 0,2 + 0,19 + 0,14 = 0,82$



Anexo 6. Registro fotografico





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**Ingeniería
Ambiental y Sanitaria**



