

**DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEPURADORA DEL RÍO CANDELA A  
TRAVÉS DE LOS ÍNDICES BMWP E ICO/COL EN EL CORREGIMIENTO DE  
ATANQUEZ-CESAR.**

**AUTOR (ES):**

CAROLINA MARCELA ANGULO RANGEL  
YOENIS ISABEL CASTRO PEREZ

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**  
**VALLEDUPAR, CESAR**  
**2022**

**DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEPURADORA DEL RÍO CANDELA A  
TRAVÉS DE LOS ÍNDICES BMWP E ICO/COL EN EL CORREGIMIENTO DE  
ATANQUEZ-CESAR.**

**AUTOR(ES):**

CAROLINA MARCELA ANGULO RANGEL  
YOENIS ISABEL CASTRO PEREZ

**DIRECTORA**

KARINA PAOLA TORRES CERVERA  
ING. AMBIENTAL Y SANITARIA  
Ms. MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

**ASESOR**

NO ASIGNADO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**  
**VALLEDUPAR, CESAR**  
**2022**

### **DEDICATORIA**

Dedicamos este proyecto principalmente a Dios, por habernos dado la vida y permitirnos el haber llegado hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional. A nuestras madres, por ser el pilar más importante y por demostrarnos siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A nuestros compañeros, por compartir momentos significativos con nosotras y por siempre estar dispuestos a ayudarnos en cualquier momento.

## AGRADECIMIENTOS

No tengo palabras para expresar nuestro amor y gratitud por nuestras madres, por su fe, su generosidad y su incansable ayuda en todo momento, gracias a ellas hemos llegado a culminar un peldaño más de nuestras vidas....

A mi Hermana Yolibeth Bracho, por su apoyo incondicional, gracias a ella por su bondad y su comprensión.

A la señora Berta Areiza, que desde el inicio de esta etapa fue un pilar fundamental para poder llegar hasta estas instancias.

Carolina Angulo

A mi Abuela Candelaria Del Rosario, que desde pequeña me brindó su confianza, su amistad y amor y no quiero dejar de reconocer su apoyo en el desarrollo de mi crecimiento personal y profesional.

A mi amiga Alicia Palmera Chico, por su respaldo en este difícil camino de mí crecer personal y profesional.

Yoenis Castro

A la Ingeniera Karina Torres, por su apoyo, disposición, paciencia y comprensión desde el inicio de este proyecto.

Mi agradecimiento a todos, mi familia, mis amigos que de una u otra manera me brindaron su colaboración y se involucraron en este proyecto.

## RESUMEN Y ABSTRACT

Los recursos hídricos del río Candela han sufrido un deterioro en su calidad por motivo de las descargas de aguas residuales domesticas provenientes de los asentamientos humanos, que vierten una carga relevante de contaminantes, consigo también una contaminación microbiológica que impiden el uso sustentable del agua. Esta problemática presentada por la población del resguardo indígena kankuamo nos llevó a realizar una investigación basada en determinar la capacidad depuradora mediante modelación matemática de Streeter y Phelps, que simuló las cantidades de contaminantes que reciben los caudales, inicialmente se recolectaron todos los datos necesarios para la realización de esta investigación, se analizaron los parámetros físico-químicos Alcalinidad total, Conductividad eléctrica, dureza total, DBO5, oxígeno disuelto, pH, temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, fósforo) y microbiológicos Coliformes fecales, en las instalaciones de la Universidad Popular Del Cesar y laboratorios Nancy Flores, seguidamente aplicamos los indices BMWP E ICO para así determinar la calidad del agua. No se encontró niveles de contaminación por solidos suspendidos, pero se pudo evidenciar un alto nivel de contaminación por Conductividad, Dureza y Alcalinidad, en las dos temporadas del año en el tramo de vertimiento (E4, E5, E6) y aguas abajo (E7, E8, E9), producto de los vertimientos de aguas residuales generados en ese tramo. Los resultados obtenidos permitieron determinar el índice de calidad de agua y la capacidad de depuración del rio Candela en las dos temporadas del año, mostrando variaciones por diferentes factores mostrados en el presente trabajo.

Palabras claves: Capacidad de asimilación, Índices BMWP E ICO, macroinvertebrados

## ABSTRACT

The water resources of the Candela River have suffered a deterioration in their quality due to domestic wastewater discharges from human settlements, which discharge a significant load of pollutants plus microbiological contamination that prevent the sustainable use of water. In this project, the purification capacity was determined by means of mathematical modeling by Streeter and Phelps, which simulated the amounts of contaminants received by the flows, initially all the data necessary to carry out this investigation were collected, the physical-chemical parameters

Alkalinity total, electrical conductivity, total hardness, BOD5, dissolved oxygen, pH, temperature, Total Suspended Solids, phosphorus) and microbiological Fecal Coliforms, in the facilities of the Universidad Popular Del Cesar and Nancy Flores laboratories, then we apply the BMWP and ICO indices to thus determine the quality of the water according to the presence and absence of the different families of macroinvertebrates present along the course of the Candela River. No levels of contamination by suspended solids were found, but a high level of contamination by Conductivity, Hardness and Alkalinity could be evidenced, in the two seasons of the year at the point of dumping and downstream, product of the dumping of residual waters generated in that point. The results obtained allowed to determine the water quality index and the purification capacity of the Candela River in the two seasons of the year, showing variations due to different factors shown in this work.

Key words: Assimilation capacity, BMWP and ICO Indices macroinvertebrate

## TABLA DE CONTENIDO

1. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEPURADORA DEL RÍO CANDELA A TRAVÉS DE LOS ÍNDICES BMWP E ICO/COL EN EL CORREGIMIENTO DE ATANQUEZ-CESAR.....	12
2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
<b>2.2 Formulación del problema:</b> .....	14
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
5.2.5 Evaluación de parámetros físico – químicos a través de los índices de contaminación ICO .....	30
5.2.6 Tipos de Muestreo de Aguas Superficiales.....	32
<b>5.3 MARCO CONCEPTUAL</b> .....	37
5.4.2 RÍO CANDELA.....	43
<b>5.5 MARCO LEGAL</b> .....	44
6. MARCO METODOLÓGICO .....	47
<b>6.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN:</b> .....	47
Sostenibilidad y Gestión Ambiental y la respectiva sublínea de Gestión integral del recurso hídrico la cual es afín al estudio desarrollado.....	47
<b>6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	47
<b>6.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> .....	47
<b>6.4 POBLACIÓN DE ESTUDIO</b> .....	48
<b>6.5 MUESRA POBLACIONAL</b> .....	48
<b>6.6 DESARROLLO METODOLÓGICO</b> .....	48
6.6.1 ETAPA 1: Analizar los parámetros físico – químicos (Alcalinidad total, Conductividad eléctrica, dureza total, DBO5, oxígeno disuelto, pH, temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, fósforo) y microbiológicos (Coliformes fecales) de muestras de agua obtenidas en el curso hídrico del río Candela en Atanquez-Cesar.....	48
6.6.2 ETAPA 2: Aplicación de los índices BMWP e ICO para Colombia. ....	52
Actividad 2.1 Identificación de las especies de macroinvertebrados acuáticos del curso hídrico del río Candela.....	52
Actividad 2.2 Procesamiento de resultados índice BMWP/COL.....	55
Actividad 2.3 Procesamiento para el índice de contaminación ICO .....	55
6.6.3 ETAPA 3. Evaluar la eficiencia de la autodepuración del Río Candela.....	58
7. RESULTADOS Y ANALISIS .....	60
<b>7.1 ETAPA 1: Analizar los parámetros físico – químicos (Alcalinidad total, Conductividad eléctrica, dureza total, DBO5, oxígeno disuelto, pH, temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, fósforo) y</b>	

<b>microbiológicos (Coliformes fecales) de muestras de agua obtenidas en el curso hídrico del río Candela en Atánquez-Cesar. ....</b>	<b>60</b>
7.1.1. Los tramos de muestreo georreferenciados fueron los siguientes:.....	60
7.1.2 Procedimiento de toma de las muestras .....	61
7.1.3 Determinación de los parámetros físico químicos de muestras de aguas recolectadas .....	62
7.1.4 Resultados del análisis de los parámetros físico químicos y microbiológicos de los tramos de estudio.....	63
<b>7.2 ETAPA 2: Aplicación de los índices BMWP e ICO para Colombia.....</b>	<b>8</b>
7.2.1 Identificación de las especies de macroinvertebrados acuáticos del curso hídrico del río Candela. ....	8
7.2.2 Procesamiento de resultados índice BMWP/COL .....	11
7.2.2.1 Macroinvertebrados en temporada de sequía .....	11
<b>7.2.2.2 Macroinvertebrados en temporada de lluvia .....</b>	<b>12</b>
7.2.3 Procesamiento para el índice de contaminación ICO.....	18
7.2.4 Resultado final del índice de contaminación ICO.....	42
<b>7.2 Evaluación la eficiencia de la autodepuración del Rio Candela en Atánquez-Cesar mediante el modelo matemático de Streeter y Phelps. ....</b>	<b>44</b>
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>49</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col (Roldán, 2003). .....	26
Tabla 2.....	26
<b>Tabla 3</b> .....	32
Tabla 4 Significancia de los índices ICO.....	32
<b>Tabla 5 Marco legal</b> .....	44
Tabla 6 Parámetros y métodos utilizados para análisis de parámetros fisicoquímicos en agua.....	51
Tabla 7 Tabulación de resultados obtenidos de cada parámetro con relación a las estaciones de muestreo.....	52
Tabla 8. Estaciones de muestreo.....	60
Tabla 9. Resultados de laboratorio.....	1
Tabla 10. Identificación de macroinvertebrados en temporada de lluvia.....	13
Tabla 11. Cantidad de especies de macroinvertebrados encontrados en cada tramo durante las temporadas de sequía – lluvia.....	13
Tabla 12. Análisis general de macroinvertebrados en temporadas de sequía Vs. Lluvia.....	16
Tabla 13. Resultados de índice biológico BMWP/COL en ambas temporadas.....	17
Tabla 14. Cantidad de familias de macroinvertebrados encontrados en el tramo aguas arriba y aguas abajo durante la temporada de sequía.....	19
Tabla 15. Cantidad de familias de macroinvertebrados encontrados en el tramo aguas arriba y aguas abajo durante la temporada de lluvia.....	20
Tabla 16. Resultados ICOBIO para los tramos de estudio comparados y los taxones característicos en la zona de estudio.....	21
<i>Tabla 17. Resultados ICOTRO para los tramos de estudio en ambas temporadas.....</i>	24
Tabla 18. Resultado ICOSUS para los tramos de estudio en temporada de sequía.....	27
Tabla 19. Resultado ICOSUS para los tramos de estudio en temporada de lluvia.....	29
Tabla 20. Resultado ICOMI para los tramos de estudio en temporada de sequía.....	32
Tabla 21. Resultado ICOMI para los tramos de estudio en temporada de lluvia.....	35
Tabla 22. Resultado ICOMO para los tramos de estudio en temporada de lluvia.....	38
Tabla 23. Resultado ICOMO para los tramos de estudio en temporada de lluvia.....	41
Tabla 24. Compendio de resultados de índice de contaminación ICO a partir de parámetros analizados en ambas temporadas.....	42
Tabla 25. Registro de parámetros hidráulicos y de calidad del agua en los tramos del río Candela en la temporada de sequía.....	44
Tabla 26. Registro de parámetros hidráulicos y de calidad del agua en los tramos del río Candela en la temporada de lluvia.....	45
<b>Tabla 27. de resultados del modelo matemático Streeter Phelps</b> .....	45

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Localización de Atanquez, Cesar.....	41
Ilustración 2 Ubicación de las Estaciones de Muestreo en el río Candela en Atanquez-Cesar (vista satelital) .....	52
Ilustración 3 Interfaz del programa ICATEST .....	57
Ilustración 4. Ubicación de los estaciones de muestreo en el río Candela .....	61
Ilustración 5. Metodología de muestreo puntual en zonas de estudio y almacenamiento de muestras de agua .....	62
Ilustración 6. Análisis de los parámetros en el laboratorio de la Universidad Popular del Cesar .....	63
Ilustración 7. Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) .....	0
Ilustración 8. PH.....	1
Ilustración 9. Oxígeno Disuelto.....	2
Ilustración 10. Sólidos Suspendidos Totales (mg/L) .....	3
Ilustración 11. Alcalinidad (Mg/L $\text{CaCO}_3$ ).....	4
Ilustración 12. Dureza (Mg/L $\text{CaCO}_3$ ) .....	5
Ilustración 13. DBO5 (Mg/L).....	6
Ilustración 14. Coliformes Fecales (NPM/100 ml).....	7
Ilustración 15. Ubicación de las Estaciones de Muestreo Río Candela vista satelital .....	8
<i>Ilustración 16. Recorrido preliminar en la zona de estudio .....</i>	<i>9</i>
Ilustración 17. Recolección de macroinvertebrados .....	10
Ilustración 18. Identificación de macroinvertebrados en la Universidad Popular del Cesar .....	11
Ilustración 19. Abundancia de macroinvertebrados.....	14
Ilustración 20. Cantidad de especies de macroinvertebrados encontradas en total. ....	15
Ilustración 21. Resultados del índice ICOBIO para ambas temporadas climáticas de la zona de estudio. .	21
Ilustración 22. Resultados del índice ICOSUS para el tramo de aguas arriba temporada de sequía .....	25
Ilustración 23. Resultados del índice ICOSUS para el tramo de vertimiento temporada de sequía .....	26
Ilustración 24. Resultados del índice ICOSUS para el tramo de aguas abajo temporada de sequía .....	26
<i>Ilustración 25. Resultados del índice ICOSUS para el tramo de aguas arriba temporada de lluvia .....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 26. Resultados del índice ICOSUS para el tramo de vertimiento temporada de lluvia .....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 27. Resultados del índice ICOSUS para el tramo de aguas abajo temporada de lluvia .....</i>	<i>29</i>
Ilustración 28. Resultados del índice ICOMI para el tramo de aguas arriba temporada de sequía .....	31
Ilustración 29. Resultados del índice ICOMI para el tramo de vertimiento temporada de sequía .....	31
Ilustración 30. Resultados del índice ICOMI para el tramo de aguas abajo temporada de sequía.....	32
Ilustración 31. Resultados del índice ICOMI para el tramo de aguas arriba temporada de lluvia .....	34
Ilustración 32. Resultados del índice ICOMI para el tramo de vertimiento temporada de lluvia.....	34
Ilustración 33. Resultados del índice ICOMI para el tramo de aguas abajo temporada de lluvia.....	35
Ilustración 34. Resultados del índice ICOMO para el tramo de aguas arriba temporada de sequía.....	37
Ilustración 35. Resultados del índice ICOMO para el tramo de vertimiento temporada de sequía .....	37
Ilustración 36. Resultados del índice ICOMO para el tramo de aguas abajo temporada de sequía .....	38
Ilustración 37. Resultados del índice ICOMO para el tramo de aguas arriba temporada de lluvia.....	40
<i>Ilustración 38. Resultados del índice ICOMO para el tramo de vertimiento temporada de lluvia .....</i>	<i>40</i>
Ilustración 39. Resultados del índice ICOMO para el tramo de aguas abajo temporada de lluvia .....	41

## INTRODUCCIÓN

El río Candela ubicado en el corregimiento de Atánquez, Cesar es un recurso fundamental para el desarrollo económico y social de la población debido a que este provee la principal fuente de abastecimiento de agua y además el desarrollo de la actividad pesquera. En los últimos años se ha logrado presenciar una reducción de su cauce y un aumento de contaminación resultado de los vertimientos de aguas residuales domésticas; todo esto fue evidenciado a simple vista lo cual fue un impulso para realizar esta investigación. Teniendo en cuenta que se ha empezado a tomar conciencia sobre la necesidad de realizar un manejo integral de los recursos hídricos y de contar con información actualizada respecto a la calidad del agua por medio de una cuantificación de las condiciones con pruebas in situ y de laboratorio, ya que es de vital importancia para cualquier tipo de población.

El desarrollo del presente trabajo considera la situación del río Candela en tres tramos seleccionados como estaciones de referencia, que ha tomado especial importancia debido a su problemática actual de contaminación se realizaron tomas de muestras, pruebas in situ y pruebas en laboratorio, a partir de los índices BMWP e ICO/COL se determinó la calidad del agua. Y se aplicó el modelo matemático de Streeter y Phelps para determinar la capacidad de depuración del río Candela en Atánquez, Cesar.

Del mismo modo, se evaluó los factores que afectan la concentración de oxígeno disuelto del río, ya que este es un indicador de la contaminación del agua y del soporte que está puede dar para el crecimiento, reproducción animal y vegetal (Gualdrón, 2016). Esta investigación constituirá una valiosa herramienta para futuros estudios de impacto ambiental y/o al definir estrategias conducentes a preservar el recurso agua.

**1. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEPURADORA DEL RÍO CANDELA  
A TRAVÉS DE LOS ÍNDICES BMWP E ICO/COL EN EL CORREGIMIENTO  
DE ATANQUEZ-CESAR**

## 2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad nos enfrentamos a diversas problemáticas ambientales, pero una de las más preocupantes es la contaminación de las fuentes hídricas como ríos, lagos, lagunas, glaciares, aguas subterráneas, océanos etc. Esta situación se ha incrementado en los últimos años con el aumento de la población a nivel mundial, haciendo que la demanda de las fuentes hídricas sea mucho más alta, y elevando así las exigencias sobre estos. Los ríos no son solo en la actualidad fuente para abastecimiento de agua, muchas tareas se llevan a cabo en estos como: la minería, vertimiento de residuos, vertedero de aguas industriales y residuales. Dejando estos graves problemas ambientales que afectan no solo a nuestro entorno sino a la biodiversidad y la fauna que hay a su alrededor. (Gonzalez, 2015)

A pesar de que Colombia posee un potencial hídrico tres veces mayor al promedio de los países suramericanos y seis veces mayor que la oferta hídrica específica promedio mundial, presenta serios problemas en la disponibilidad de agua de calidad en muchas regiones; en especial, aquellas zonas más pobladas. Esto se debe principalmente, a la contaminación, deforestación, erosión, pérdida de capacidad de retención y regulación del recurso hídrico, alterando drásticamente la biodiversidad y los ecosistemas que regulan directa e indirectamente la oferta hídrica (Gualdrón, 2016). Sin duda alguna el accionar del hombre es la principal causa conllevando al incremento del contenido de materia orgánica, inorgánica y microorganismos al río, estos cuerpos de agua tienen cierta capacidad de depuración de contaminantes antes de que se aprecien efectos negativos, una cantidad excesiva de cualquier tipo de contaminante produce daños en el sistema.

Los ríos que atraviesan el rico y fértil territorio colombiano albergan una gran biodiversidad y en sus orillas se ha asentado el 70% de la población. Sin embargo, varios de estos ríos están amenazados por la contaminación, el vertimiento inadecuado de residuos sólidos y líquidos, la sobre explotación de los recursos pesqueros, inadecuada planificación de obras civiles, entre otros, han puesto en peligro la seguridad de esas fuentes de agua dulce y el futuro de una suficiente y oportuna provisión de agua a la población. (Comunidad Planeta, 2019)

La Subcuenca del río Candela en Atanquez-cesar, se considera como un motor para el desarrollo en la región, especialmente por el suministro del recurso hídrico para el consumo humano. La calidad de sus aguas se ha visto alterada debido a la disposición de aguas residuales de origen doméstico, la deforestación, la agricultura y el mal manejo de los residuos sólidos. Estos factores son asimilados por el río mediante procesos de tipo físico, químico y biológico, que tienen lugar en el flujo del agua de modo natural y que provocan la destrucción de materias extrañas incorporadas al cuerpo de agua. (Structualia, 2017)

Como consecuencia de esto se ha logrado evidenciar una mayor concentración de materia orgánica en el río Candela, ya que a simple vista se logra observar un gran crecimiento de algas y musgos a consecuencia de la alta concentración de materia orgánica, que asimismo puede producir efectos en la calidad del agua, destrucción de ecosistemas, paisajes, pérdida de biodiversidad, eutrofización, desequilibrios ecológicos, inundaciones, escasez de agua, y además de provocar a la población trastornos gastrointestinales, infecciones, enfermedades y muchos otros efectos sobre la salud.

Por esta razón se decidió enfocar el objeto de esta investigación en estudiar esta problemática, en la cual se analizará la capacidad de recuperación del afluente debido a que sufre vertimientos de aguas residuales domésticas y así mismo determinar las alteraciones en las propiedades físico-químicas y biológicas del río Candela que abastece varios corregimientos y en especial Atanquez, César (Resguardo Indígena) que es dónde se llevará a cabo este estudio.

## **2.2 Formulación del problema:**

¿Cuál es la capacidad depuradora y la calidad ambiental del río Candela, al aplicar los índices BMWP e ICO/COL?

### 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Los vertimientos de agua residual doméstica aportan altas concentraciones de materia orgánica, sólidos, grasas aceites y microorganismos, que a pesar de ser tratados en Plantas de Tratamiento de aguas Residuales –PTAR–, tienen una carga contaminante que no es asimilada por todos los cuerpos de agua receptores, debido a su caudal, condiciones climáticas, vertimientos realizados a la misma fuente, entre otros factores. (Rubio Giraldo, Amezcua Bautista, & Torres Martínez, 2017).

La importancia de haber determinado la capacidad depuradora del río Candela de Atanquez-Cesar radicó en que éste, es la fuente de abastecimiento de la población, principalmente para uso de consumo humano, ganadería y agricultura y no contaba con ningún estudio realizado para medir la calidad del agua por lo que era de vital importancia realizarlo para así promover su conservación. Atendiendo, además la recomendación de la OMS, 2002; El agua es fundamental para la vida y la salud. La realización del derecho humano a disponer de agua es imprescindible para llevar una vida saludable, que respeta la dignidad humana, Es un requisito para la realización de todos los demás derechos humanos.

El interés en determinar la calidad del agua del río Candela en Atánquez-Cesar, fue motivado por una situación específica, no existía ningún estudio realizado anteriormente donde se evidenciarán las condiciones en las que se encuentra el cuerpo de agua y un biomonitoreo sistemático del mismo.

Usualmente la determinación de calidad en una fuente hídrica, se realiza inicialmente conociendo los parámetros físicos, químicos (Alcalinidad total, Conductividad eléctrica, dureza total, DBO5, oxígeno disuelto, pH, temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, fósforo), y la identificación del uso que se le da al agua, pero en este caso se implementó el método BMWP/Col que permitió complementar la investigación para la evaluación del estado ambiental del río. Esta investigación constituirá una valiosa herramienta para futuros estudios de impacto ambiental y/o al definir estrategias conducentes a preservar el recurso agua.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la capacidad depuradora del río Candela a través de los índices BMWP e ICO/COL en el corregimiento de Atánquez-Cesar.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los parámetros físico – químicos (Alcalinidad total, Conductividad eléctrica, dureza total, DBO<sub>5</sub>, oxígeno disuelto, pH, temperatura, Sólidos Suspendedos Totales, fósforo) y microbiológicos (Coliformes fecales) de muestras de agua obtenidas en el curso hídrico del río Candela en el Corregimiento de Atánquez-Cesar.
- Aplicar los índices BMWP e ICO/COL con el fin de determinar la calidad del agua del río Candela en el Corregimiento de Atánquez- Cesar
- Evaluar la eficiencia de la autodepuración del Rio Candela en el Corregimiento Atánquez-Cesar mediante el modelo matemático de Streeter y Phelps.

## 5. MARCO REFERENCIAL

A continuación, se presentarán los estudios más actualizados o bases teóricas que aportarán a la investigación EJE:

### 5.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Herrera Martínez Jesús Ramón y Navarro Sining Breiner Andrés (2018) Desarrollaron la investigación titulada Determinación de la calidad ambiental del curso hídrico del balneario Hurtado – río Guatapurí –a Través de los índices biológicos BMWP/COL, índice de bosque de ribera (QBR), índice de Hábitat fluvial (IHF) Y análisis fisicoquímicos, Valledupar-Colombia; para optar el título de Ingeniería Ambiental y Sanitaria en la Universidad popular del Cesar. Esta investigación se realizó en cuatro etapas, en la primera etapa se hizo un inventario para la identificación de los macroinvertebrados dulceacuícolas, la segunda etapa donde se realizó la determinación de los parámetros físico – químicos, una tercera etapa donde implementaron los índices de bosque de ribera (QBR), hábitat fluvial (IHF), índice biológico BMWP/COL e índice de contaminación ICO y una cuarta etapa que consistió en la evaluación de la calidad ambiental del curso hídrico del balneario Hurtado – Río Guatapurí a partir de los resultados de los índices QBR, IHF, BMWP/COL e ICO en comparación con los estándares de normatividad ambiental vigente. Los resultados de esta investigación fueron: se obtuvo las condiciones en las que se encontraba la calidad del agua mediante el índice BMWP/COL, el estado de la zona Ripario con el índice del bosque de ribera (QBR), la evaluación de la calidad ambiental del recurso hídrico. Aportan a la investigación presente ya que permitirá tener una visualización acerca de cuáles especies de macroinvertebrados podemos encontrar en esta zona de estudio dado que se encuentra en la misma región.

Rubio Giraldo, Amezquita Bautista y Martinez Torres (2017) Plantearon la Determinación de la capacidad de asimilación del vertimiento de la PTAR del municipio de Tenjo, Cundinamarca en la Quebrada Churuguaco mediante el modelo Qual2kw. Para optar el título de especialista en Recursos Hídricos, la investigación se realizó en cuatro fases, en la primera fase se recolectó la

información secundaria, en la fase dos se realizó la recolección de información en campo, fase tres se hizo un análisis y procesamiento de la información y por último la fase cuatro donde se realizó la elaboración del documento. Como resultado se obtuvo la capacidad de asimilación de la quebrada mediante una modelación empleando el modelo matemático unidimensional Qual2kw, el cual simula el comportamiento de los parámetros de Temperatura, pH, Alcalinidad, Demanda Bioquímica de Oxígeno –DBO- (lenta y rápida), Oxígeno Disuelto -O.D-, Fósforo Total, Fósforo orgánico, conductividad, nitritos, nitratos, Nitrógeno Amoniacal coliformes fecales y sólidos suspendidos totales, que son contaminantes típicos de las aguas residuales domésticas. Los aportes de esta investigación al presente estudio es la posibilidad de emplear una modelación mediante algún tipo de modelo matemático para la determinación de la capacidad de asimilación de un río.

Atuel Retamal (2016) Planteó el estudio de la capacidad de autodepuración de los cursos de agua interiores de la provincia de Entre Ríos-Uruguay. Para optar el título de Especialista en Ingeniería Ambiental. Esta investigación se realizó en seis etapas en la primera etapa se caracterizó el área de estudio, segunda etapa caracterización del curso de agua, tercera etapa caracterización de las descargas, cuarta etapa caracterización in situ del curso de agua de estudio, quinta etapa caracterización in situ de las descargas antrópicas, sexta etapa aplicación de un modelo matemático para determinar la capacidad autodepuradora. Con la finalidad de generar un procedimiento que sienta las bases para estudios tendientes a determinar la capacidad de autodepuración de los cursos de agua interiores de la provincia de Entre Ríos. Los resultados obtenidos fueron las caracterizaciones a los mismos en función de las diferentes actividades antrópicas que los afectan, ya sean primarias, industriales y/o de servicio, así como también la capacidad autodepuradora que allí se da. Los aportes que este estudio brinda a nuestra investigación son que permite visualizar lo que repercute los vertidos de efluentes cloacales y todo aquello de relevancia, para, de esta forma, lograr un correcto entendimiento del funcionamiento real de cada curso de agua y lograr un mejor aprovechamiento y protección del recurso.

Martínez García, Nicolás (2010). *Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del balneario Hurtado – río Guatapurí, Valledupar – Cesar*. Universidad Industrial de Santander UIS, Decanato de Ciencias Básicas, Escuela de Química,

Especialización en Química Ambiental. Para optar el título de Magíster En Ciencias Y Tecnologías Ambientales Énfasis en Química Ambiental. La metodología de la investigación comprendió tres fases, Caracterización preliminar de los sitios de muestreo, recolección e identificación taxonómica in situ de la colecta de macroinvertebrados acuáticos. Con la finalidad de evaluar la calidad del agua del Balneario Hurtado, río Guatapurí, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua y además revalidar los resultados obtenidos a través de análisis fisicoquímicos, microbiológicos y aplicar los índices de contaminación ICO/Col, que posteriormente permitirán concluir si este balneario cumplen con los criterios de calidad estipulados en el decreto 1594 de 1984 para su destinación como un recurso recreativo de contacto primario y secundario. Los resultados obtenidos revelaron que todas las estaciones muestreadas, según los valores arrojados por el índice BMWP/Col, corresponden a aguas muy limpias. Según las variables fisicoquímicas estudiadas y a las microbiológicas se pudo determinar que: Est. (4, 5, 6, 7) hubo un incremento de los valores de coliformes totales (NMP) en comparación con las Est. (1, 2, 3); esto es debido principalmente a la actividad recreacional que se lleva a cabo en el balneario y por la materia orgánica que en este se deposita por los bañistas incrementando así el crecimiento de microorganismos bacterianos influyentes en la calidad del agua. Los aportes a la presente investigación son que permite tomar como referencia este sistema de biomonitoreo ambiental, con macroinvertebrados acuáticos, y aplicarlo en nuestra investigación dado que proporciona ventajas, ya que son generalmente abundantes, fáciles de recolectar y tienen el suficiente tamaño para ser observados sin necesidad del estereoscopio.

## **5.2 MARCO TEÓRICO**

### **5.2.1 Autodepuración**

La autodepuración es el proceso de recuperación de un curso de agua después de un episodio de contaminación orgánica. En este proceso los compuestos orgánicos son diluidos y transformados progresivamente por la descomposición bioquímica, aumentando su estabilidad. Cada etapa se caracteriza por su distinta composición física y química. (Branco, 1987)

Whipple et al., 1954; reportado por Branco (1984), afirma que la zona de degradación, se inicia en el punto donde se vierten los desechos y termina donde la concentración de oxígeno disuelto disminuye a un 40% del valor de saturación; la zona de descomposición activa, que es la siguiente, se inicia a los 40% de saturación y termina donde la concentración de oxígeno, después de haberse reducido hasta alcanzar valores más bajos (a veces hasta cero ) se eleva otra vez a los 40% de saturación: la zona de recuperación, la tercera, se inicia a los 40% de saturación y se extiende hasta el punto donde se alcanza la concentración inicial de oxígeno del río antes de recibir los desechos. De este punto en adelante se extiende la cuarta zona, o zona de aguas limpias.

El ciclo integral del uso del agua, entendido en un sentido amplio, integra el conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que experimenta el agua, desde que el curso de un río se interrumpe para embalsar el agua y garantizar de esta forma el consumo de agua de un núcleo urbano (captación), hasta que ésta es devuelta a un sistema natural y éste acomoda y se ajusta a la perturbación introducida por el vertido. La perturbación introducida por el vertido dependerá del grado de tratamiento dado al agua residual, pero también de la capacidad del sistema natural receptor para acomodar la carga contaminante. Por tanto, el vertido y el tratamiento de aguas residuales no son problemas independientes, sino que están estrechamente ligados. (Valdivia)

Los ríos (y en general cualquier sistema natural) se analizan y estudian como reactores biogeoquímicos en los que, al igual que una estación depuradora de aguas residuales o una estación de tratamiento agua potable, el agua entra con una composición o calidad determinada y sale con otra composición distinta. Los cambios en la composición del agua que se producen en los sistemas naturales tienen lugar en virtud de una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que son los mismos en sistemas naturales o diseñados por el hombre. Una EDAR, por ejemplo, ha sido diseñada fundamentalmente para la eliminación de sólidos en suspensión y materia orgánica, la cual ocurre por medio de procesos de sedimentación y reacciones biológicas en decantadores y reactores biológicos. (Valdivia)

Estos mismos procesos ocurren en los sistemas naturales que, por tanto, tienen una cierta capacidad para eliminar sólidos en suspensión y materia orgánica, y en general, contaminantes. A esta capacidad de los sistemas naturales para modificar la composición del agua que reciben, y

eliminar contaminantes (materia orgánica, sustancias en suspensión, etc.) Se conoce como capacidad de autodepuración. Y los mismos principios y modelos matemáticos que utilizamos para cuantificar la eficiencia de eliminación de contaminantes de una EDAR los utilizamos para analizar y estudiar la respuesta de los sistemas naturales a vertidos de aguas residuales. (Valdivia)

### **5.2.2 Fenómenos de Autodepuración Según el Contaminante**

Una vez la contaminación, en sus diversas formas, ha llegado al sistema fluvial se comienza a producir un fenómeno de autodepuración, en el que intervienen principios físicos (sedimentación, flotación y transporte), químicos y biológicos. (Branco, 1987)

Los elementos flotantes o productos tensoactivos van quedando retenidos por la vegetación y el propio terreno de las orillas. Los remansos colaboran en esta acción. Poco a poco, la superficie del agua va quedando liberada de elementos extraños. Los elementos pesados, dependiendo de su densidad y de la corriente de agua van quedando depositados en el fondo del cauce, más en las zonas remansadas y menos en las zonas de rápidos. A medida que el río discurre, las partículas sedimentables van desapareciendo. Los componentes ácidos y básicos de los vertidos se neutralizan en la homogeneización producida por el río. (Branco, 1987)

Los microorganismos existentes en las aguas o incorporados por los vertidos (bacterias, algas, protozoos, hongos, rotíferos, insectos, etc.) utilizan la materia orgánica existente en las aguas, metabolizándola y transformándola en materia viva o, en su caso, coagulando las partículas más gruesas por los exofermentos, pudiendo de esta forma sedimentarse parte de la materia en suspensión. Los principales elementos que forman parte de los microorganismos, y que están presentes en la materia orgánica de los vertidos son el C, H, O, N, P, S, Na, K y otros en menor cantidad. Los compuestos orgánicos por acción de los microorganismos aerobios, anaerobios y facultativos tienden hacia su mineralización. (Branco, 1987)

Una vez que se ha incorporado un vertido a un cauce, si se tomasen muestras aguas abajo a intervalos dados, se observaría como algunos parámetros indicadores de contaminación varían a lo largo del río.

Se pueden establecer cuatro zonas de influencia de un vertido según (Branco, 1987):

- **ZONA DE DEGRADACIÓN:** Es la zona inmediata a la incorporación de las aguas contaminadas al río. Es el área con mayores concentraciones de contaminantes. Desaparecen peces y algas; en el fango aparecen gusanos tubíficos, hongos y protozoos ciliados. Es posible la existencia de peces que necesitan poco oxígeno y se alimentan de materia orgánica.

- **ZONA DE DESCOMPOSICIÓN ACTIVA:** El oxígeno desciende a los niveles mínimos, pudiendo llegar a cero. No viven peces, y los organismos encargados de la descomposición orgánica trabajan activamente. Se pueden desprender gases (metano, hidrógeno, nitrógeno, ácido sulfhídrico y otros de mal olor, etc.). Pueden aparecer espumas en la superficie.

- **ZONA DE RECUPERACIÓN:** Aumento del oxígeno, agua más clara, reaparición de la vida acuática macroscópica, disminución de hongos y aparición de algas. Es posible encontrar nitratos, sulfatos, fosfatos y carbonatos. Aparecen peces resistentes.

- **ZONA DE AGUA LIMPIA:** Condiciones de corriente natural. El oxígeno disuelto está cerca de la saturación. Peces útiles para la pesca. Pueden quedar bacterias patógenas resistentes y compuestos metálicos no alterados por los procesos bioquímicos existentes.

### **5.2.3 Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) para Colombia:**

#### **5.2.3.1 ¿Qué son los macroinvertebrados acuáticos?**

Se denominan macroinvertebrados acuáticos aquellos invertebrados acuáticos con un tamaño superior a 500  $\mu\text{m}$ , entre los que se incluyen animales como esponjas, planarias,

sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos, cómo los cangrejos, los cuales desarrollan todo su ciclo de vida en el agua. Uno de los grupos de macroinvertebrados acuáticos más ampliamente distribuido en las aguas dulces es el de los insectos. ¿Puede vivir un insecto adulto con sus alas en el agua? Los adultos habitualmente no viven en el agua (excepto en algunos casos), pero los estados inmaduros (huevos y larvas) sí que son acuáticos en muchos grupos de insectos. En estos casos, los adultos salen del agua y completan su desarrollo en el medio aéreo, que suele durar pocas horas o días frente a los muchos meses que pasan en el agua. Evidentemente, para pasar de inmaduro acuático a adulto terrestre se necesitan adaptaciones muy importantes y diversos órdenes de insectos están formados por familias con larvas exclusivamente acuáticas, como los efemerópteros, plecópteros, odonatos o tricópteros. En otros órdenes de insectos, como hemípteros, coleópteros, o dípteros, hay familias con larvas exclusivamente acuáticas, otras solo con larvas terrestres y algunas con ambas adaptaciones. (Ladrera , Rieradevall, & Prat, 2013)

Los macroinvertebrados tienen una especial importancia en los ecosistemas acuáticos, al constituir el componente de biomasa animal más importante en muchos tramos de ríos y jugar un papel fundamental en la transferencia de energía desde los recursos basales hacia los consumidores superiores de las redes tróficas. Es decir, a nivel de grupo, los macroinvertebrados acuáticos van a consumir la materia orgánica fabricada en el río por los organismos fotosintéticos, como algas o briófitos, y la materia orgánica procedente del ecosistema terrestre, fundamentalmente del bosque de ribera, y la van a transferir a los grandes vertebrados del ecosistema, representando la principal fuente de alimento de éstos, de manera que la alteración de la comunidad de macroinvertebrados de los 3 ecosistemas fluviales va a afectar directamente a animales como peces, aves acuáticas o mamíferos semiacuáticos. (Ladrera , Rieradevall, & Prat, 2013)

### **5.2.3.2 ¿Por qué los macroinvertebrados son bioindicadores?**

Uno de los aspectos más relevantes en el estudio de los macroinvertebrados acuáticos resulta su utilización como bioindicadores o indicadores biológicos. ¿Qué es un bioindicador? Es un organismo, acuático en este caso, que por su mera presencia o mayor o menor abundancia nos

indica alguna condición del ecosistema acuático, como el grado de contaminación. (Ladrera , Rieradevall, & Prat, 2013)

Los macroinvertebrados, por el hecho de vivir en el agua durante varios días o meses, integran los cambios que se producen de todos los parámetros fisicoquímicos, mientras que una medida puntual de un parámetro fisicoquímico (el pH por ejemplo) no nos dice nada de lo que pasó anteaer y que quizás fue el origen de la muerte de los organismos. Mientras la química nos da una fotografía instantánea del río, los macroinvertebrados son como un video que cuando lo rebobinamos nos informa de lo que pasó hace un tiempo. (Ladrera , Rieradevall, & Prat, 2013)

Lo importante es que los diferentes taxones de macroinvertebrados presentan niveles de tolerancia muy variados frente a distintos tipos de perturbaciones del ecosistema, de manera que podemos asociar la presencia de diferentes grupos de macroinvertebrados con la existencia o no de una perturbación concreta. Así, mientras que los plecópteros son muy sensibles a la contaminación del agua, la mayoría de los dípteros son muchos más tolerantes. Por lo tanto, la presencia y abundancia de diversas familias de plecópteros en un tramo fluvial nos indica la ausencia de contaminación en el mismo. (Ladrera , Rieradevall, & Prat, 2013)

La utilización de indicadores biológicos frente a los habituales análisis físico-químicos de los ecosistemas acuáticos presenta numerosas ventajas, entre las que destacan i) la integración espacial y temporal, de manera que la información que nos aportan no se reduce ni al tramo ni al momento concreto en el que se estudian; y ii) la capacidad de respuesta frente a diferentes tipos de perturbaciones del ecosistema, no solo frente a la calidad química del agua, de manera que son capaces de detectar la alteración que se produce en el río frente a perturbaciones como la regulación hidrológica, alteraciones del hábitat fluvial, invasiones biológicas, etc. Las perturbaciones producidas por las acciones del ser humano en la calidad del agua de un río pueden provocar cambios en toda la comunidad, llegando al punto de reducir la comunidad a unas pocas especies tolerantes (Ladrera, Rieradevall, & Prat, 2013 citan a Prat et al., 2009).

### 5.2.3.3 Definición; Índice 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 el 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 (Roldan Pérez, 2016 cita a Armitage et al. 1983). La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP (Roldán Pérez, 2016)

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 1 presenta las familias y su valoración de acuerdo a 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 a las sus experiencias (Zamora & Sarria, 2001; Sánchez-Herrera, 2005; Zúñiga 2009, Springer et al.2010). (Roldán Pérez, 2016)

Tabla 1 Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col (Roldán, 2003).

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

**Fuente:** (Roldan Perez , 2016)

En la siguiente tabla se muestra las cinco clases de calidad de agua resultantes al sumar la puntuación obtenida por las familias encontradas en un ecosistema determinado, Según (Roldan Perez G. , 2003)

Tabla 2.  
Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col

C LASE	CALI DAD	BM WP/COL	SIGNIFICATIVO	COLOR	
I	NA	BUE 120	>150 101- limpias	Aguas muy limpias a	Azul
I	PTABLE	ACE 100	61- contaminadas	Aguas ligeramente	Verde
II	OSA	DUD 36-60	36-60 moderadamente contaminadas	Aguas	Amarrillo

V	I	ICA	CRIT	16-35	Aguas contaminadas	muy	Naranja
V	I	CRITICA	MUY	<15	Aguas contaminadas	fuertemente	Rojo

Fuente: (Roldan Perez G. , 2003)

#### 5.2.4 Aspectos físicos – químicos y microbiológicos de calidad de agua:

La calidad de diferentes tipos de agua se ha valorado a partir de variables físicas, químicas y biológicas, evaluadas individualmente o en forma grupal. (Samboni Ruiz, Carvajal Escobar, & Escobar, 2007)

Los parámetros físico-químicos 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; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico (Samboni Ruiz et al citan a Orozco et al., 2005).

##### 5.2.4.1 ¿Qué es la calidad del agua?

La calidad del agua se puede considerar como una medida de la idoneidad del agua para un uso particular en función de determinadas características físicas, químicas y biológicas. Para determinar la calidad del agua, los científicos primero miden y analizan las características del agua, como la temperatura, el contenido de minerales disueltos y la cantidad de bacterias. Luego, las características seleccionadas se comparan con normas y pautas numéricas para decidir si el agua es adecuada para un uso particular. (Cordy, 2001)

##### 5.2.4.1.1 Características físicas del agua

✓ **Turbiedad:** El término turbio se aplica a las aguas que contienen materia en suspensión que interfiere el paso de la luz a través del agua, o aquellas en las aguas en las que está restringida la visión de la profundidad. La turbiedad puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, de tamaño variable entre las dispersiones coloidales y las gruesas, dependiendo del grado de turbulencia. (Sawyer, McCarty, & Parkin, 2001)

✓ **Sólidos suspendidos totales (SST):** Es definido analíticamente como residuo filtrable total (en mg/L). Los principales aniones inorgánicos disueltos en el agua son carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos. Los principales cationes son calcio, magnesio, sodio, potasio, amonio, etc. Comprende a todas aquellas sustancias que están suspendidas en el seno del agua y no decantan de forma natural.

✓ **Temperatura:** La temperatura de un agua se establece por la absorción de radiación en las capas superiores del líquido. Las variaciones de temperatura afectan a la solubilidad de sales y gases en agua y en general a todas sus propiedades, tanto químicas como microbiológicas.

✓ **Conductividad:** La conductividad eléctrica de una solución es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica y permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en el agua.

#### 5.2.4.1.2 Características químicas

✓ **Alcalinidad:** La alcalinidad del agua es la medida de su capacidad para neutralizar ácidos. En las aguas naturales se debe principalmente a las sales de ácidos débiles, aunque las bases débiles o fuertes también pueden contribuir. Los bicarbonatos son los compuestos que más contribuyen a la alcalinidad. (Sawyer, McCarty, & Parkin, 2001)

✓ **Materia orgánica:** La materia orgánica existente en el agua, tanto la que se encuentra disuelta como en forma de partículas, se valora mediante el parámetro carbono orgánico total (TOC, total organic carbon). Los compuestos orgánicos existentes en el medio acuático se pueden clasificar en dos grandes grupos atendiendo a su biodegradabilidad, es decir, a la posibilidad de ser utilizados por microorganismos como fuente de alimentación y para su medida se utilizan los parámetros denominados DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), que exponemos a continuación.

✓ **Demanda Bioquímica de Oxígeno:** La DBO se define usualmente como la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias durante la estabilización de la materia orgánica susceptible de descomposición, en condiciones aeróbicas. Al decir susceptibles de descomposición se hace referencia a que la materia orgánica puede servir de alimento a las bacterias y que su oxidación genera energía. (Sawyer , McCarty, & Parkin , 2001)

✓ **Oxígeno Disuelto:** La solubilidad del oxígeno atmosférico en el agua dulce varía desde 14,6 mg/l a 0°C, hasta aproximadamente 7 mg/l a 35°C, a 1 atm de presión. Puesto que es un gas poco soluble, su solubilidad varía directamente con la presión atmosférica a cualquier temperatura. (Sawyer , McCarty, & Parkin , 2001)

✓ **pH:** Es un término utilizado para expresar la magnitud de acidez o alcalinidad. Es una forma de expresar la concentración de los iones hidrogeno o, más exactamente, la actividad del ion hidrogeno. (Sawyer , McCarty, & Parkin , 2001)

#### **5.2.4.1.3 Parámetros microbiológicos**

En las aguas superficiales existe un grupo de organismos que actúan en los procesos de biodegradación. Este grupo está conformado principalmente por bacterias y hongos. Estos organismos transforman la materia orgánica muerta en compuestos inorgánicos simples. La biodegradación de la materia orgánica favorece la autodepuración de las aguas, que se produce

cuando la materia está constituida por sustancias que pueden ser biodegradadas por los microorganismos responsables de esta actividad biológica. (Herrera Martinez & Navarro SIning, 2019)

Además de este tipo de microorganismos auto depuradores de agua; existen también bacterias patógenas de transmisión hídrica provienen de seres humanos y de animales de sangre caliente (animales domésticos, ganado y animales silvestres). Estos agentes microbianos llegan a los cursos de agua a través de las descargas de aguas residuales sin tratar o con tratamiento deficiente, drenaje de lluvias, descargas de plantas de procesamiento de carne de ganado y de aves, escorrentías que pasan por los corrales de ganado; las bacterias patógenas que tienen un alto significado para la salud son el *Vibrio cholerae*, la *Escherichia coli* enteropatógena, la *Salmonella typhi*, la *Shigella*, el *Campylobacter jejune* y la *Yersinia enterocolitica*, entre otras. (Herrera & Navarro, 2019 citado de Aurazo de Zumaeta, 2004)

- **Indicadores microbiológicos de calidad de agua:** La gran variedad de microorganismos patógenos que pueden encontrarse en una muestra de agua, así como la complejidad de la mayor parte de las técnicas de enriquecimiento y aislamiento e identificación, hacen inviable el control rutinario de todos estos microorganismos. Los que comúnmente se utilizan son los coliformes totales (capacidad de fermentar la lactosa a 35-37 °C en 24-48 horas y producir ácido y gas; se reproducen en el ambiente, no constituyen un indicador de contaminación fecal.). Las técnicas de análisis más conocidas son la prueba de tubos múltiples y la de filtración con membrana. (Herrera& Navarro, 2019 citado de Aurazo de Zumaeta, 2004)

### **5.2.5 Evaluación de parámetros físico – químicos a través de los índices de contaminación ICO**

Los índices de contaminación del agua ICO. Determinan el grado de contaminación que existe en un cuerpo de agua superficial (corriente) y la manera de estimar el grado de contaminación es a

través de valores entre 0-1, acorde con las concentraciones de las diferentes variables y el uso asignado al agua.

- **ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN (ICOMI):** Se expresa en numerosas variables, de las cuales se eligieron: conductividad como reflejo del conjunto de sólidos disueltos, dureza por cuanto recoge los cationes calcio y magnesio, y alcalinidad porque hace lo propio con los aniones carbonatos y bicarbonatos. (Ramírez , Restrepo , & Viña , 1997)
- **ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA (ICOMO):** Al igual que en la mineralización, se expresa en diferentes variables fisicoquímicas de las cuales se seleccionaron demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), coliformes totales y porcentaje de saturación del oxígeno, las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica, tal como lo demuestra la ausencia de correlaciones entre ellas. (Ramírez , Restrepo , & Viña , 1997)
- **ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS (ICOSUS):** Se determina tan sólo mediante la concentración de sólidos suspendidos. Si bien esta variable observó alguna correlación de importancia con la demanda de oxígeno (DBO y DQO) y con el amonio, se desagregó de las anteriores por cuanto estas últimas corresponden con claridad a procesos de contaminación orgánica, mientras que los sólidos suspendidos bajo muchas circunstancias, podrían perfectamente hacer referencia tan sólo a compuestos inorgánicos. (Ramírez , Restrepo , & Viña , 1997)
- **ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN TRÓFICO (ICOTRO):** Se determina en esencia por la concentración del fósforo total. (Ramírez , Restrepo , & Viña , 1997)

Tabla 3

**Escala del índice ICOTRO**

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

Fuente. (Ramirez , Restrepo , & Viña , 1997)

**ICOBIO índice Biótico:** Este índice parte del análisis de las comunidades de macroinvertebrados entre dos estaciones y se realiza por medio de análisis de presencia y ausencia de especies.

Tabla 4 Significancia de los índices ICO

ICO	Contaminación	Escala de Color
0 - 0.2	Ninguna	Azul
> 0.2 - 0.4	Baja	Verde
> 0.4 - 0.6	Media	Amarrillo
> 0.6 - 0.8	Alta	Naranja
> 0.8 - 1	Muy Alta	Rojo

Fuente. (Ramirez, Restrepo, & Cardeñosa, 1999)

### 5.2.6 Tipos de Muestreo de Aguas Superficiales

Antes de iniciar el muestreo es importante tener claramente definido la forma como serán tomadas las muestras, revisando detalladamente el presupuesto, el personal con se cuenta y su disponibilidad, la capacitación del personal, el transporte, los costos de inversión, los costos de

operación y mantenimiento, la vida útil de los equipos, los requerimientos de energía y espacio y la disponibilidad de los mismos, entre otros (Herrera & Navarro, 2019, Ob.cit). Existen muestreos manuales y automáticos.

- **Muestreo manual:** El muestreo manual se realiza cuando se tienen sitios de fácil acceso o aquellos que por medio de ciertas adaptaciones puedan facilitar la toma de muestras. La ventaja de este tipo de muestreo es permitir al encargado de tomar la muestra, observar los cambios en las características del agua en cuanto a sustancias flotantes, color, olor, aumento o disminución de caudales, etc. (Herrera & Navarro, 2019, Ob.cit)
- **Muestreo automático:** El muestreo automático es aconsejable cuando los sitios son de difícil acceso o cuando se justifica y se tiene la facilidad de contar con un muestreador automático. Tiene como ventaja más precisión en la toma de muestras y como desventaja la complejidad de su montaje y calibración, además de que requieren revisiones continuas para evitar atascamientos u otras fallas. (Herrera & Navarro, 2019, Ob.cit)

#### 5.2.6.1 Tipos de Muestras y Frecuencia de Muestreo

Existen tres tipos de muestra: puntual, compuesta e integrada. (Herrera & Navarro, 2019, Ob.cit)

- **Muestra puntual:** Es la muestra tomada en un lugar representativo, en un determinado momento. (Herrera Martínez & Navarro, 2019, Ob.cit)
- **Muestra compuesta:** Es la mezcla de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y por periodos determinados, las cuales pueden tener volúmenes iguales o ser proporcional al caudal durante el periodo de muestras. (Herrera & Navarro citado de Rodier, 2011)

- **Muestra integrada:** La muestra integrada es aquella que se forma por la mezcla de muestras puntuales tomadas de diferentes puntos simultáneamente, o lo más cerca posible. Un ejemplo de este tipo de muestra ocurre en un río o corriente que varía en composición de acuerdo con el ancho y la profundidad. (Herrera & Navarro citado de Rodier, 2011)

### 5.2.6.2 Toma de muestras

- **Medición de parámetros en campo:** La medición de parámetros en campo (pH, OD, Conductividad, Turbidez y Temperatura) se realiza generalmente mediante equipos portátiles, tales como sondas multiparamétricas, pH metros y conductímetros. Para la captura de los datos de campo es necesario seguir las indicaciones de revisión y calibración de los equipos y diligenciar completamente la información requerida en el formato de captura de datos de campo, el cual varía según el tipo de agua a muestrear. (Herrera & Navarro, 2019 citado de Ideam, 2010).

Todos los parámetros tomados en campo deberán quedar consignados en el formato de captura de datos de campo inmediatamente se realicen las correspondientes mediciones. Los parámetros in-situ deberán ser tomados de las muestras puntuales dado que la representatividad de éstos, se pierde si se toman de muestras compuestas o integradas. (Herrera & Navarro, 2019 citado de Ideam, 2010)

Aguas superficiales: En aguas superficiales (río, laguna, entre otros) el equipo (sondas multiparamétricas, pH metros y conductímetros) se sumerge directamente en la mitad de la sección transversal, a una profundidad entre 20 y 30 cm de la superficie, en una zona de poca turbulencia y se procede a la lectura. (Herrera & Navarro, 2019 citado de Ideam, 2010) Si esto no es posible, ya sea por la turbulencia o por la longitud del cable, se purga el muestreador, se toma una muestra, que se transfiere a un balde plástico evitando la agitación e inmediatamente se procede a la medición. (Herrera & Navarro, 2019 citado de Ideam, 2010) Es deseable que el valor de oxígeno

disuelto se verifique con el método Winkler sobre al menos una alícuota de otra porción de muestra, evitando la agitación y la formación de burbujas.

### 5.2.6.3 Procedimiento para la toma de muestra

En caso de que la muestra sea compuesta o integrada, se sugiere mantener los recipientes de las diferentes muestras puntuales, ubicados a la sombra y tapados para evitar alteraciones en las características de la muestra por elementos extraños (Herrera & Navarro, 2019 citado de Ideam, 2010)

- **Muestras puntuales:** El procedimiento para la toma de muestras puntuales se podrá desarrollar a través de la utilización de un muestreador (agua superficial y subterránea) o de un balde (aguas superficiales y vertimientos). (Herrera & Navarro, 2019 citado de Ideam, 2010)

- **Muestras compuestas:** Este tipo de muestras se compone tomando y mezclando en un mismo recipiente un volumen (alícuota) de muestra que se calcula de la siguiente forma:

$$V_i = \frac{v \cdot Q_i}{n \cdot Q_p} \quad (1)$$

Donde:

- $V_i$  = Volumen de cada alícuota o porción de muestra.
- $v$  = Volumen total a componer
- $Q_i$  = Caudal instantáneo de cada muestra
- $Q_p$  = Caudal promedio durante el muestreo
- $n$  = Numero de muestras tomadas

Se recomienda exceder el volumen de muestra requerida en un 20%, con el fin de suplir posibles pérdidas o derrames en la manipulación. (Herrera & Navarro, 2019 citado de Ideam, 2010).

- **Muestras integradas:** Para el caso del muestreo integrado (aplicable a ríos de 10 a 100 metros de ancho), para la toma de las muestras puntuales es deseable el uso de un muestreador, de lo contrario se puede utilizar un balde. Se usa el método del incremento-de-ancho-igual (EWI) para obtener una serie de muestras puntuales, cada muestra puntual representa un volumen de agua tomado a anchos iguales. (Herrera & Navarro, 2019 citado de Ideam, 2010)

Para emplear este método, se usa una cinta métrica para medir el ancho de orilla a orilla de la corriente en el canal; el ancho se divide en cuatro incrementos iguales, de manera que se obtengan 3 verticales para la toma de la muestra, esto es a  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  de la sección transversal del río. Luego se purga el muestreador y el recipiente para la integración de la muestra con agua del río. Para determinar el volumen que se debe tomar en cada vertical, el volumen total de muestra requerida se divide en tres partes iguales. (Herrera & Navarro, 2019 citado de Ideam, 2010).

#### **5.2.6.4 Llenado de botellas**

Se recomienda organizar el total de botellas a llenar por tipo de analito. Las botellas deben estar marcadas con un rótulo en el que se indica código de campo (preestablecido de acuerdo con el formato de captura de datos), sitio de muestreo, el método analítico a que va destinada cada muestra, el tipo de muestreo (puntual, compuesto o integrado), la preservación necesaria y la identificación en caso de que se trate de muestra de control, blanco, testigo o muestra adicionada. (Herrera & Navarro, 2019 citado de Ideam, 2010).

### 5.3 MARCO CONCEPTUAL

**Aguas residuales domésticas ARD:** son las procedentes de los hogares, así como de las instalaciones en las cuales se desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios, que corresponde a: descarga de los retretes y servicios sanitarios y descarga de los sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), de las áreas de cocinas y cocinetas, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de paredes y pisos y de lavado de ropa (no incluyen las de los servicios de lavado industrial). (Ministerio de Ambiente, 2015)

**Autodepuración:** La autodepuración de las aguas es un conjunto de fenómenos físicos, químicos y biológicos, que tienen lugar en el curso del agua de modo natural y que provocan la destrucción de materias extrañas incorporadas al flujo. Éstas son, principalmente, bacterias aerobias, que consumen materia orgánica con ayuda del oxígeno disuelto en el agua. Además, hay que añadir las plantas acuáticas, que asimilan algunos componentes en forma de nutrientes, así como mediante otros procesos fotoquímicos. (Structuralia, 2017)

**Bioindicación:** Según Álvarez & Pérez (2007) el concepto de bioindicador aplicado a la evaluación de calidad de agua, es definido como: especie que posee requerimientos particulares con relación a uno o un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia/ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie en particular, indique que las variables físicas o químicas consideradas, se encuentran cerca de sus límites de tolerancia. El uso de bioindicadores como herramienta para conocer la calidad del agua simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación sólo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua.

**Caudal ambiental:** es el volumen de agua necesario en términos de calidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas debajo de una fuente. (Rubio Giraldo, Amezquita Bautista, & Torres Martinez, 2017)

**Calidad del agua:** La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana, de una forma técnica la calidad del agua vendría determinada naturalmente por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua. Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra con unas directrices de calidad del agua o estándares. (Onu-Daes, 2014)

**Biodegradabilidad:** Es la propiedad que hace que las aguas contaminadas sean depuradas por microorganismos ya que ellos utilizan como alimento y energía, así como para la reproducción de estas sustancias. (Pedro Osorio)

**Contaminante:** Una sustancia que se encuentra en un medio al cual no pertenece o que lo hace a niveles que pueden causar efectos (adversos) para la salud o el medio ambiente. (Rubio Giraldo, Amezquita Bautista, & Torres Martinez, 2017).

**Cuerpo de agua:** Sistema de origen natural o artificial localizado, sobre la superficie terrestre, conformado por elementos físicos-bióticos y masas o volúmenes de agua, contenidas o en movimiento. (Rubio Giraldo, Amezquita Bautista, & Torres Martinez, 2017).

**Demanda bioquímica de oxígeno DBO:** La DBO corresponde al oxígeno disuelto y requerido por los organismos para la descomposición aeróbica de la materia orgánica presente en el agua. Las cargas de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) se definen como el oxígeno en masa (miligramos, gramos, kilogramos, toneladas, etc.) que se requiere para degradar materia orgánica, tanto por la vía biológica, en cierto tiempo determinado, ya sean en minutos, horas, días o años. (Observatorio regional ambiental y de desarrollo sostenible del río Bogotá, 2018).

**Demanda química de oxígeno DQO:** determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo. (Carlos Hernan Rodriguez M. Instituto de Hidrología, 2007).

**Oxígeno Disuelto:** este parámetro mide la cantidad de oxígeno gaseoso disuelto (O<sub>2</sub>) en una solución acuosa. (Rubio Giraldo, Amezcuita Bautista, & Torres Martinez, 2017).

**Potencial de Hidrógeno pH:** esta medición se usa para expresar la intensidad de la acidez, la basicidad o la alcalinidad de una muestra. El pH no indica la cantidad de compuestos ácidos o alcalinos presentes en la muestra, sino la fuerza que éstos tienen. La escala 19 del pH es de 0 a 14, descrita así: pH entre 0-7 se refiere a un agua ácida que lleva ácidos libres o sales ácidas; pH igual a 7 es un agua es neutra, no tiene ni sales ácidas ni sales básicas; pH entre 7 y 14 se refiere a un agua básica o alcalina y lleva sales básicas. (Rubio Giraldo, Amezcuita Bautista, & Torres Martinez, 2017).

**Sólidos Suspendidos Totales SST:** se denomina SST al residuo no filtrable de una muestra líquida y hace referencia a la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante. (Rubio Giraldo, Amezcuita Bautista, & Torres Martinez, 2017).

**Sólidos Suspendidos Volátiles SSV:** éstos sólidos representan la fracción de sólidos suspendidos de una muestra de agua que se volatiliza a 600°C. (Rubio Giraldo, Amezcuita Bautista, & Torres Martinez, 2017)

**Nitrógeno:** Las formas de nitrógeno de mayor interés en las aguas naturales y residuales, son, por orden decreciente de su estado de oxidación, nitrato, nitrito, amoníaco y nitrógeno orgánico. Todas esas formas del nitrógeno, lo mismo que el nitrógeno gaseoso (N<sub>2</sub>), son interconvertibles bioquímicamente y forman parte del ciclo del nitrógeno. La eliminación de nitrógeno se hace en varias fases. En primer lugar, durante el tratamiento biológico, la mayor parte de los compuestos orgánicos de nitrógeno se convierten en amoníaco (amonificación).

**PH:** Indica la acidez o alcalinidad del agua. Las aguas muy poco mineralizadas son por lo general ligeramente ácidas, el resto son alcalinas fundamentalmente por los bicarbonatos que tiene disueltos el agua. Junto con otros parámetros (alcalinidad, dureza, etc...) determina si el agua es incrustante o corrosiva. (Emasa, 2019).

Las siguientes definiciones son tomadas del Decreto nacional 3930 de 2010, por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

**Capacidad de asimilación y dilución:** Capacidad de un cuerpo de agua para aceptar y degradar sustancias, elementos o formas de energía, a través de procesos naturales, físicos químicos o biológicos sin que se afecten los criterios de calidad e impidan los usos asignados.

**Carga contaminante:** Es el producto de la concentración másica promedio de una sustancia por el caudal volumétrico promedio del líquido que la contiene determinado en el mismo sitio; en un vertimiento se expresa en kilogramos por día (kg/d).

**Punto de descarga:** Sitio o lugar donde se realiza un vertimiento al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.

**Vertimiento:** Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.

## 5.4 MARCO CONTEXTUAL

### 5.4.1 ATÁNQUEZ, CESAR

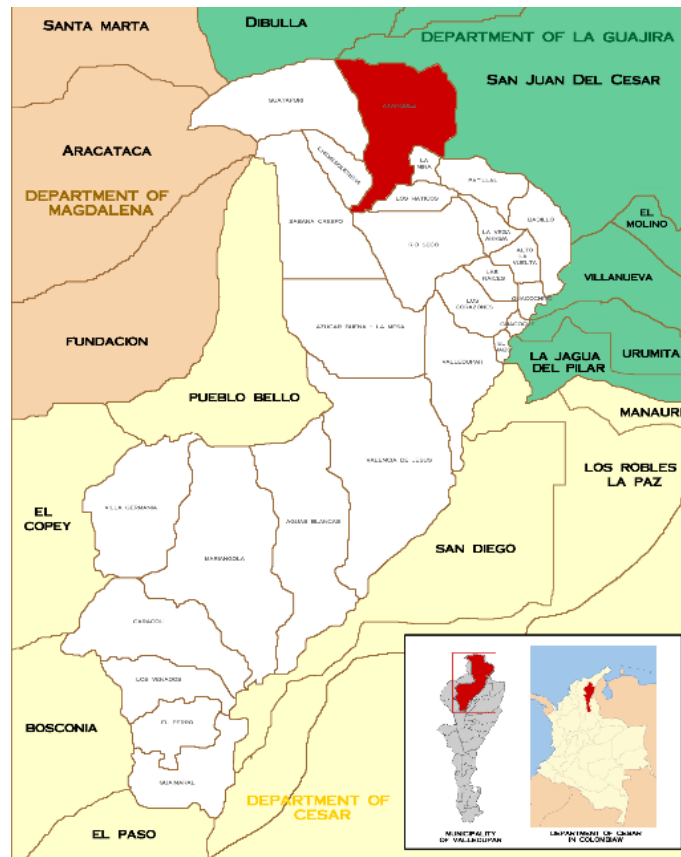


Ilustración 1 Localización de Atanquez, Cesar.

**Fuente: Tomado a partir de Wikipedia, (2008)**

Atanquez es una de las doce comunidades que integran el Resguardo Indígena Kankuamo, Se encuentra ubicada en la vertiente suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta, en el departamento del Cesar. Es el principal asentamiento del pueblo de Kankuamo, se encuentra ubicada en medio de los ríos Chiscuinlla y Candela.

#### **5.4.1.1 Geografía**

Atánquez, corregimiento del municipio de Valledupar, se encuentra ubicado al noreste de la cabecera municipal, la cual dista 40 Km por carretera, así mismo se encuentra situado en el costado oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta a 820 m.s.n.m. La región de Atánquez se localiza a los 10°42' de latitud norte y a 73°21'O de longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

Esta región se encuentra en el norte del municipio de Valledupar y comprende los corregimientos de Atánquez, la mina, los Haticos, Chemesquemena y Guatapurí y está ubicado en el valle del río Candela, afluente del río Badillo, en la vertiente Suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta.

Limita hacia el norte con el Resguardo indígena Kogui-Malayo específicamente con los Koguis del alto río Guatapurí y los wiwa o Malayos del río Cherua; por el oriente con Patillal y el valle del Cesar; por el sur con la población de Río Seco y con Valledupar; y por el Occidente con la región Oriental del Resguardo indígena Ika o Arhuaco, sobre el río Donachui y el medio río Guatapurí.

#### **5.4.1.2 Topografía**

La topografía del corregimiento de Atánquez en su mayoría es quebrada con pendiente que varía entre 20 y 25% como se presenta por lo general en la Sierra Nevada de Santa Marta.

#### **5.4.1.3 Hidrografía**

Los ríos importantes que bailan al corregimiento de Atánquez son el de Candela y Chikuinya, en el cual nacen un sin número de quebradas que recorren todo el corregimiento.

#### **5.4.1.4 Clima**

Las relaciones que se establecen entre lluvia y temperatura permiten diferenciar varios tipos de clima en el país. La zona en estudio presenta un clima de montaña, específicamente un clima cálido del piso térmico subecuatorial entre 500 y 1100 m.s.n.m. y temperatura media anual entre 14 y 25°C. Actualmente por la indiscriminada deforestación que se ha presentado en la Sierra

Nevada de Santa Marta, se presentan temperaturas que oscilan entre. 25 y 33°C en temporada de verano. Los meses más lluviosos son diciembre y enero, donde la temperatura desciende hasta 21°C.

#### **5.4.1.5 Economía**

La actividad económica más representativa, es la agricultura, le sigue la comercialización de la Mochila Atanquera. Sus principales productos agrícolas son: café, aguacate, mango, plátano, banano y caña de azúcar. Además, se produce alfandoque y panela, productos que hacen un gran aporte a la economía del corregimiento.

#### **5.4.2 RÍO CANDELA**

El río Candela, nace en la parte alta del cerro Bunkuamaque (Juaneta), al norte de Atanquez, la capital Kankuama y fluye por varias poblaciones del resguardo indígena hasta llegar a las planicies donde desemboca en el río Badillo.

La cuenca del río Candela tiene una extensión aproximada de 100 km<sup>2</sup> en los cuales recorre desde los 2500 m.s.n.m. en el cerro Bunkuamaque hasta los 400 m.s.n.m. en la población la Mina a orillas del río Badillo.

##### **5.4.2.1 Topografía**

Presenta una topografía muy quebrada entre los 1000 y 2000 m.s.n.m. que corresponde a la zona donde se sitúan las cabeceras del río Candela y sus principales tierras de cultivo. De los 1000 m.s.n.m. hacia abajo los gradientes de las laderas son menores y las montañas se resuelven en pequeñas colinas que se desatan hacia el valle del Cesar.

## 5.5 MARCO LEGAL

En la siguiente tabla se mostrará la normativa colombiana en un breve resumen sobre el recurso hídrico y la calidad del agua.

**Tabla 5 Marco legal**

	<p>Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectar. 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.</p>
<p>CONSTITUCIÓN POLÍTICA COLOMBIANA DE 1991</p>	<p>Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.</p>
<p>LEY 142 DE 1994.</p>	<p>Ley de competencia, protección de los derechos de los usuarios, define marco de derecho privado de los servicios y reglas básicas de operación de los servicios Intervención del Estado en los servicios públicos, conforme a las reglas de competencia</p>
<p>LEY 9 DE 1979</p>	<p>Por la cual se dictan Medidas Sanitarias.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● De la Protección del medio ambiente Artículo 1 al 2</li> <li>● Del control sanitario de los usos del agua. Artículo 3 al 9</li> <li>● Residuos líquidos. Artículo 10 al 21.</li> <li>● De las aguas superficiales. Artículo 55 al 57.</li> </ul>
<p>DECRETO 1575 de 2007</p>	<p>Decreto del Ministerio de Protección Social por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano</p>
<p>DECRETOS 3930 de 2010</p>	<p>Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979 Así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones</p>
<p>DECRETO 1076 de 2015</p>	<p>Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.</p>
<p>RESOLUCIÓN 2115 DEL 2007.</p>	<p>Resuelve las características que tiene que tener el agua para consumo humano, así como las características, instrumentos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad de la misma.</p>

RESOLUCIÓN 0811 de 2008

En la que los Ministerios de la protección social y de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, fijan los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.

LEY 99 DE 1993

Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.

DECRETO LEY 2811 DE 1974:

Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible)

DECRETO 1594 DE 1984

Por el cual se reglamenta parcialmente el TÍTULO I de la Ley 9 de 1979, así como el decreto ley 2811 de 1974 en cuanto a los usos del agua y residuos líquidos (**Ministerio de Agricultura**).

DECRETO 1076 DE 2015

Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible

**Capítulo 2: Uso y aprovechamiento del agua/ sección 1: disposiciones generales**

**Artículo 2.2.3.2.1.1. Objeto.** Para cumplir los objetivos establecidos por el artículo 2 del Decreto -Ley 2811 de 1974, este Decreto tiene por finalidad reglamentar las normas relacionadas con el recurso de aguas en todos sus estados.

**Libro 2/ Parte 2/ Capítulo 3/ Sección 2/ Subsección 24. Prohibiciones, sanciones, caducidad, control y vigilancia**

**Artículo 2.2.3.2.24.1. Prohibiciones.** Por considerarse atentatorias contra el medio acuático se prohíben algunas conductas.

**Libro 2/ Parte 2/ Capítulo 3/ Sección 3/ Sub sección 1: ordenamiento del recurso hídrico.**

**Artículo 2.2.3.3.1.7. De los modelos simulación de la calidad del recurso hídrico.** Para efectos del Ordenamiento del Recurso Hídrico, previsto en el artículo anterior y para la aplicación de modelos de simulación de la calidad del recurso, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expedirá la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico.

**Libro 2/ Parte 2/ Capítulo 3/ Sección 2: destinación genérica de las aguas superficiales y subterráneas**

**Artículo 2.2.3.3.2.1: Usos del agua.** Para los efectos del presente decreto se tendrán en los siguientes usos del agua:

1. Consumo humano y doméstico.
2. Preservación de fauna y flora
3. Agrícola.
4. Pecuario.
5. Recreativo.
6. Industrial
7. Estético.
8. Pesca, maricultura y acuicultura.
9. Navegación y transporte acuático.

**Libro 2/ Parte 2/ Capítulo 3/ Sección 3/ Sub sección 4.**  
**Vertimientos**

**Artículo 2.2.3.3.4.3.** Prohibiciones. No admite vertimientos

3. En los cuerpos de agua o aguas costeras, destinadas para la recreación y usos afines que impliquen contacto primario, que no permita cumplimiento del criterio de calidad para este uso.

**Libro 2/ Parte 2/ Capítulo 9/ Sección 7/ Sub sección 6/ Disposición Finales: Artículo 2.2.9.7.6.2. Monitoreo del recurso hídrico:** las autoridades ambientales competentes deberán realizar Programas de Monitoreo de las fuentes hídrica en por lo menos, los siguientes parámetros de calidad: temperatura ambiente y del agua in situ, DBO5, SST, DQO, Oxígeno Disuelto, Coliformes fecales y pH.

**Fuente: Autoras, 2021**

## **6. MARCO METODOLÓGICO**

### **6.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sostenibilidad y Gestión Ambiental y la respectiva sublínea de Gestión integral del recurso hídrico la cual es afín al estudio desarrollado.

### **6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Para el presente proyecto tuvimos en cuenta dos tipos de investigación; descriptiva y exploratoria. La clase de investigación en la cual se enmarca el proyecto es de tipo descriptiva-explicativo debido a que no existen investigaciones previas sobre el objeto de estudio puesto que el conocimiento que se tiene acerca de las alteraciones del afluente en el aspecto hídrico es tan impreciso que impide sacar las más provisorias conclusiones sobre qué aspectos son relevantes y cuáles no; por lo tanto, se requiere explorar e indagar, para lo que se utiliza la investigación exploratoria. (Dankhe, 1986)

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis (Dankhe, 1986). Miden y evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar. Desde el punto de vista científico, describir es medir. Esto es, en un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así -y valga la redundancia- describir lo que se investiga.

### **6.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

La clase de investigación en la cual se estructuró el proyecto de grado fue exploratoria, debido a que se examinó el tema de investigación que ha sido estudiado de forma mínima o no se ha abordado antes; en donde solamente se tiene unas guías investigativas e ideas con menor relevancia que demuestre la objetividad del problema a investigar. Este estudio exploratorio ayuda a aumentar el grado de familiaridad con fenómenos pocos conocidos que conllevo a estructurar una investigación mucho más completa con relación a la condición de la zona actual correspondiente al río Candela.

## 6.4 POBLACIÓN DE ESTUDIO

El área de estudio está conformada por las aguas del río Candela en el corregimiento de Atanquez-Cesar, que cuenta con un aproximado de 6000 habitantes y esta se centra en los efectos contaminantes que sufre el río a consecuencia de las actividades ancestrales, domésticas y económicas en su cuenca.

## 6.5 MUESTRA POBLACIONAL

La muestra de estudio está conformada por las aguas del río Candela en los tres tramos. Además, la muestra de estudio abarcó en cada tramo de muestreo, tres estaciones para la identificación de las especies de macroinvertebrados.

Aguas arriba: tramos de muestreos enumerados como E1, E2 y E3.

Vertimiento: tramos de muestreo enumeradas como E4, E5 y E6.

Aguas abajo: tramos enumerados como E7, E8 y E9.

## 6.6 DESARROLLO METODOLÓGICO

**6.6.1 ETAPA 1: Analizar los parámetros físico – químicos (Alcalinidad total, Conductividad eléctrica, dureza total, DBO5, oxígeno disuelto, pH, temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, fósforo) y microbiológicos (Coliformes fecales) de muestras de agua obtenidas en el curso hídrico del río Candela en Atanquez-Cesar.**

**ACTIVIDAD 1.1** Preselección de los tramos de muestreo:

En esta fase se realizó una previa investigación de la cuenca del río Candela, con el fin de obtener información de los asentamientos poblacionales en ella y como es su comportamiento respecto a esta, cuáles son las actividades desarrolladas allí, y que otras economías dependen de la cuenca.

**Actividad 1.2** Selección de los tramos de muestreo en campo:

Una vez en el campo se seleccionó los 3 tramos con la mayor relevancia, y los que indicaron la mayor cercanía al estado real de la calidad del agua del río Candela.

Estos tramos fueron georreferenciados para mayor precisión y posterior estudio, y para los que se tuvieron en cuenta ciertas técnicas como:

- Selección de un tramo de 100 m que sea representativo de la corriente.
- El área debía estar al menos 100 m aguas arriba de alguna vía o puente que lo cruzara y que disminuyera su velocidad, profundidad o la calidad de todo el hábitat.
- No debía existir la descarga de ningún tributario mayor en el área de estudio.
- Debido a que el muestreo se realizó de manera manual se tuvo presente los sitios de fácil acceso o aquellos que por medio de ciertas adaptaciones facilite la toma de muestras.

### **Actividad 1.3 Toma de la muestra**

**Descripción:** Las muestras fueron tomadas teniendo en cuenta las técnicas y procedimientos según protocolos establecidos por (IDEAM, 2018). Se realizó la recolección de las muestras en los tramos escogidos aguas arriba, vertimiento y aguas abajo, p para luego analizar las variables fisicoquímicas de interés. Los muestreos se realizaron en temporada de lluvias y de estiaje.

Se tomaron dos muestras por cada punto, unas fueron transportadas hasta el laboratorio de la Universidad popular del Cesar y otras al laboratorio Nancy Flórez García S.A.S, para el respectivo análisis.

#### ➤ **Materiales**

- Frascos de vidrio schott de 500 ml, esterilizados
- Recipientes de plástico
- Cinta de papel
- Marcador

- Nevera portátil (cava)
- Gel refrigerante
- GPS
- Cámara
- Acta de toma de muestras.
- Lapicero

➤ **Aspectos que se tuvieron en cuenta para el muestreo**

- Antes de llenar el envase con la muestra, se lavó 2 o 3 veces el recipiente con el agua que va a recolectar.
- Realizó la toma con cuidado para garantizar que los resultados analíticos correspondan a la composición real.
- Se llevó un registro con la información suficiente, como: Nombre del responsable, fecha, hora, localización sitio de muestreo, identificación de la muestra, temperatura y pH de la muestra, condiciones meteorológicas, nivel del agua y velocidad de la corriente
- Se refrigeró la muestra una vez la recolectada. ( $4\pm 2$  °C)
- Los envases que se utilizaron dependieron del tipo de análisis. Los envases para el análisis microbiológico estaban debidamente esterilizados.

**Actividad 1.4 Determinación de los parámetros físico químicos de muestras de aguas recolectadas**

**Descripción:** Para la realización de los experimentos correspondientes, el agua recolectada se almacenó en recipientes plásticos para análisis fisicoquímico y para análisis microbiológico en recipientes de vidrio y se transportó al laboratorio de fisicoquímica ambiental y microbiología de la Universidad popular del cesar y al laboratorio ambiental Nancy Flórez García S.A.S, donde se conservó a una temperatura de (4°C).

Para la determinación de los parámetros se establecieron a través de las técnicas que se mencionan en la tabla a continuación:

Tabla 6 Parámetros y métodos utilizados para análisis de parámetros fisicoquímicos en agua

Parámetros	Unidad de medida	Técnica
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	SM 2320 B – Volumétrico
Conductividad	μS/cm	SM 2510 B – Electrométrico
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	SM 2340 C – Volumétrico con EDTA
Oxígeno disuelto	mg/L	Potenciométrico oxi WTW 315 set portatif
Temperatura	°C	Termometría In situ SM 4500-P B, E -Fotométrico
Fósforo total	mg/L	Método del ácido ascórbico
Sólidos suspendidos	mg/L	SM 2540 D – Gravimétrico
Coliformes fecales	UFC/ml	SM 9221 E - Número más probable
DBO5	mg O <sub>2</sub> /L	SM 5210 B / EPA 360.3 - Incubación 5 días

Fuente: Autores, 2021

### Actividad 1.5 Procesamiento de resultados de parámetros físico – químicos a analizar

Después de realizar el análisis respectivo de cada uno de los parámetros objeto de estudio tanto en la fase de campo como en los laboratorios descritos en el anterior ítem; fueron tabulados con respecto a cada punto y las temporadas indicadas de la siguiente forma:

Tabla 7 Tabulación de resultados obtenidos de cada parámetro con relación a las estaciones de muestreo

Tempo rada	Punto	Temper atura del agua	pH	Conduct ividad (µs/cm)	Oxígeno disuelto (%)	Solidos suspendidos totales(mg/l )	Alcalini dad (Mg/L CaCO3 )	Dureza (Mg/L CaCO 3)	DBO5 (mg/l)	DQO (Mg/l )	Colifor mes totales (NPM/100 ML)
Sequia (27/04/2021)											
Lluvia (23/08/2021)											

Fuente: Autoras, 2021

## 6.6.2 ETAPA 2: Aplicación de los índices BMWP e ICO para Colombia.

### Actividad 2.1 Identificación de las especies de macroinvertebrados acuáticos del curso hídrico del río Candela.

#### Colecta de individuos



Ilustración 2 Ubicación de las Estaciones de Muestreo en el río Candela en Ataquez-Cesar (vista satelital)

Fuente: Portal Geográfico Nacional y autores (2020)

**Descripción:** La recolección de especímenes acuáticos se realizó en nueve estaciones de monitoreo distribuidas en tres tramos: aguas arriba (**E1, E2, E3**), en la zona de vertimiento (**E4, E5, E6**), y aguas abajo (**E7, E8, E9**). En áreas con flujo de agua, los muestreos se realizaron colocando la red corriente abajo y moviendo el sustrato con las manos o con los pies para dislocar los macroinvertebrados y atraparlos en la red. En áreas sin flujo, la red se empujó dentro del sustrato y se recolectó material del fondo. Los macroinvertebrados se buscaron entre el material acumulado en la red.

### **Para la colecta de macroinvertebrados acuáticos**

Se realizó un recorrido preliminar en la Subcuenca del río Candela para posteriormente seleccionar los hábitats en los cuales se iban hacer la recolección de los especímenes, se tuvieron en cuenta variedad de aspectos como lo fueron la profundidad en el río (de somero a profundo), velocidad del agua (rápida, mediana, lenta), y naturaleza del sustrato (pedregoso, fangoso, arenoso). De acuerdo a Roldán (2003) el tamaño del material del sustrato se considerará así: piedras: >20mm; grava: 2-20 mm; arena: 0.2-2 mm; cieno o barro: <2mm.

Los tres tramos a evaluar permitieron obtener datos para hacer comparaciones bióticas, fisicoquímicas y de calidad ambiental.

### **Para la medición de los factores físico químico in situ en tramos de muestreo.**

**Colecta, separación e identificación in situ.** Los macroinvertebrados acuáticos fueron recolectados y depositados en un recipiente de plástico que contenía alcohol al 70%, cabe resaltar que solo se depositó una muestra por cada especie macroinvertebrado encontrado en este recipiente para la identificación, posteriormente algunos fueron liberados con cuidado.

Para los muestreos de macroinvertebrados se utilizó (**método Kick-Sampling**). Hay que enfatizar que este método ha sido utilizado para ríos cortos y poco profundos, caso de los tramos objeto de estudio, el cual permitió la captura de una amplia gama de Macroinvertebrados de agua dulce. Este método es cualitativo y está suficientemente estandarizado para permitir comparaciones entre muestras.

➤ *Método de muestreo de corriente (kick-sampling)*: Este es el método de muestreo típico para arroyos y ríos. La técnica se emplea de la siguiente manera: Se toma una muestra durante tres minutos por hábitat identificado y en cada estación de monitoreo haciendo un barrido y retroceso utilizando una red de mano hecha de tela de poliéster con porosidad estandarizada de máximo 0,5. Será importante moverse por el sitio durante este tiempo para muestrear los diferentes hábitats en el área de muestreo, como lo serán las corrientes de movimiento rápido, aguas poco profundas, aguas lentas, orillas, hierbas, raíces de árboles, hojarasca y detritos. Esto garantizará que todo el conjunto de animales (macroinvertebrados dulceacuícolas) del lugar esté representado en la muestra. (Herrera & Navarro, 2019, Ob.cit)

Los muestreos se realizaron desde las 7:00 am hasta las 5:00 PM. Para la elección del horario se tuvo en cuenta la temperatura ambiente y del agua del afluente, ya que son las más adecuadas puesto que las especies de macroinvertebrados bentónicos presentan mayor actividad. En temporada de lluvia y sequía. (Herrera & Navarro, 2019)

### **Identificación taxonómica**

La identificación de la taxonomía se realizó como lo indican las guías propuestas por Roldan.

Los macroinvertebrados acuáticos colectados fueron depositados en viales plásticos y se fijaron en alcohol al 70%, se transportaron al laboratorio de la Universidad Popular del Cesar, debidamente rotulados con la fecha, coordenadas, el tipo de muestra. Posteriormente se separaron

para su identificación taxonómica, mediante la utilización del estereomicroscopio y guías taxonómicas:

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

### **Actividad 2.2 Procesamiento de resultados índice BMWP/COL**

El análisis de los resueltos se realizó aplicando el método BMWP/Col, propuesto por Roldan, 2003.

El método consistió en identificar los organismos colectados a nivel de familia, las cuales poseen una puntuación de <15 a 120 según la presencia o ausencia de las especies por familia. A mayor presencia de especies en el medio, mayor puntaje, es decir, que el puntaje más alto de presencia o ausencia de especímenes se relacionara con una calidad de agua buena. La sumatoria de los puntajes de cada familia de macroinvertebrados encontradas en una determinada estación, será el valor del índice para la estación monitoreada.

Los resultados de la calidad de agua producidos por el índice BMWP/Col fueron registrados con su color y valor respectivo (ver Tabla 14).

### **Actividad 2.3 Procesamiento para el índice de contaminación ICO**

Se tuvieron en cuenta los parámetros físicos-químicos y bacteriológicos determinados anteriormente para realizar la evaluación de los índices de contaminación ICO.

Con el objeto de facilitar el cálculo ágil de los índices y su comparación la evaluación de dichos índices se realizó en el Software ICATEST v1.0, 2021, a excepción del ICOTRO que se calculó

comparando los resultados de fósforo totales con los rangos estándar preestablecidos por el método para así conocer el tipo de calidad de agua según este índice.

#### **A. Índice de contaminación biótico (ICOBIO)**

Este índice partió del análisis de las comunidades de macroinvertebrados entre las dos estaciones escogidas y se realizó el análisis de presencia y ausencia de especies.

Las dos estaciones con las que se estableció el ICOBIO fueron las de aguas arriba y aguas abajo para así conocer el impacto generado en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en el río Candela.

#### **B. Índice de contaminación trófico (ICOTRO)**

Este índice se fundamenta en la concentración de fosforo total, así como el nitrógeno y el fosforo en exceso de agua provoca eutrofización que puede afectar la vida acuática. Su determinación por análisis químico establece la determinación de contaminación

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

Se integra del cálculo de los sólidos suspendidos o partículas de carácter orgánico e inorgánico que se mantienen suspendidos en concentraciones acuosas. Este índice se define mediante un rango de 0 a 1 que permite determinar la contaminación por solidos suspendidos

#### **D. Índice de contaminación por mineralización ICOMI**

Este factor integra las mediciones de conductividad la cual expresa el contenido de solidos disueltos en la corriente del cuerpo hídrico, dureza basada en la concentración de cationes de magnesio y calcio, y la alcalinidad expresada mediante el contenido de aniones de carbono. Este índice se define en un rango de 0 que indica baja contaminación a 1 que indica alta contaminación por mineralización.

### E. Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)

Este factor se integra por las mediciones de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno. Este índice está definido en un rango de 0 a 1 que indica la relación del aumento de contaminación en un cuerpo hídrico.

### F. Procesamiento de información de índice de contaminación ICO

Ingresamos los parámetros determinados en el laboratorio para cada índice y se pudo obtener la representación gráfica de cada índice, mediante el programa Icatetest v. 1,0.

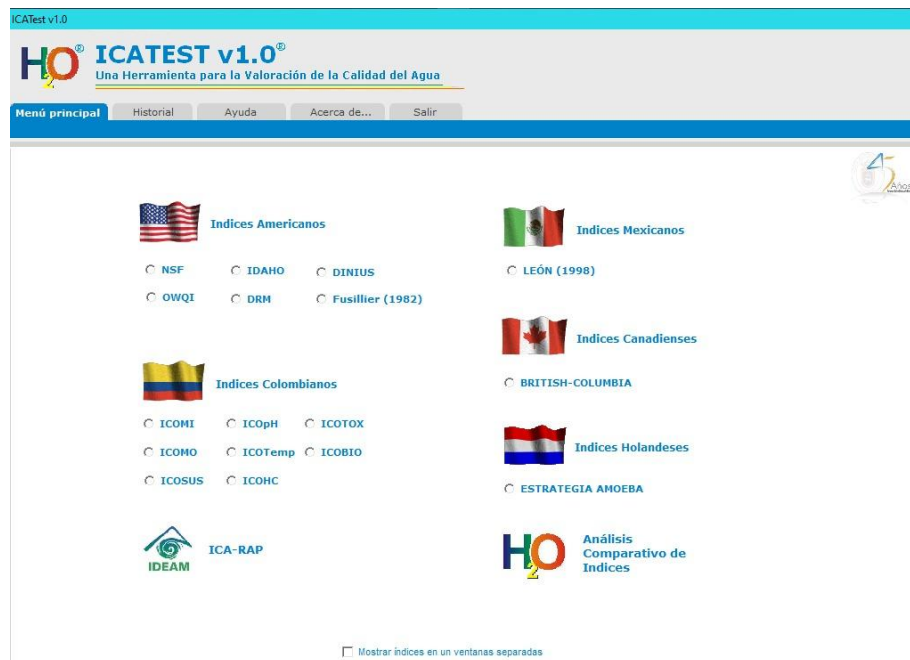


Ilustración 3 Interfaz del programa ICATEST

Fuente. (Icatetest v1, 0)

Este software genera los resultados en términos de:

- 1° **Valor del índice (i):** valoración o puntuación total del índice.
- 2° **Valor del subíndice:** valoración dada por parámetros que conforman el índice.
- 3° **Grado de contaminación:** fue una de las siguientes: bajo, medio, alto o muy alto.
- 4° **Rango (r):** Intervalo entre el valor máximo y el valor mínimo del índice.
- 5° **Número de parámetros:** la cantidad de parámetros que conforman el índice.
- 6° **Gráfico de barras:** se muestra el comportamiento de cada variable analítica por separado.
- 7° **Escala de color:** se asocia un color con el valor del índice de contaminación, como se muestra en la tabla a continuación. (Ver tabla 6)

Tomando en consideración los valores que se obtuvieron en el Software **ICATEST** de los Índices de contaminación **ICO** en las diferentes temporadas del año, logramos determinar mediante una comparación con la normatividad vigente, la condición actual del río Candela.

### **6.6.3 ETAPA 3. Evaluar la eficiencia de la autodepuración del Río Candela.**

En esta etapa se observaron los resultados obtenidos en las etapas anteriores para definir la capacidad de disolver los agentes contaminantes del cuerpo hídrico, esto se logró tomando como referencia el Modelo de Déficit de Oxígeno propuesto por Streeter - Phelps. Una vez obtenido el modelo matemático se infirió, entre otras cosas, el comportamiento del déficit de oxígeno disuelto en función de la carga orgánica incorporada por los vertidos domésticos provenientes del corregimiento de Atanquez-Cesar. Del mismo modo, se evaluó los factores que afectan la concentración de oxígeno disuelto del río. (La Cruz, Paredes, & Guevara, 2006).

#### **Modelo matemático de Streeter y Phelps**

Streeter y Phelps (1925: citado en Kiely, 1999 y Tchobanoglous y Schroeder, 1987) desarrollaron un modelo matemático el cual suponía que cuando un residuo biodegradable se vertía a un curso de agua o río, consumía oxígeno, y éste era únicamente renovado por la aireación atmosférica. Esto es equivalente a no considerar la demanda de oxígeno para la fotosíntesis, la

respiración, y la asociada a los sedimentos. En conclusión, el modelo de Déficit de Oxígeno de Streeter -Phelps, se resume a la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación \#1 } D(t) = \frac{k_1 L_0}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) + D_0 e^{-k_2 t}$$

Donde;

Lo: demanda de oxígeno en  $t = t_0$  (la DBO), M/L<sup>3</sup>

Do: déficit de oxígeno disuelto en  $t = t_0$ , M/L<sup>3</sup>

D: déficit de oxígeno disuelto saturado en cualquier momento  $t$ , M/L

K1: velocidad de desoxigenación, 1/T

K2: velocidad de reaireación, 1/T

Normalmente se necesita saber el OD mínimo en el río y ver si éste se hace anóxico o peor. También, a veces, es importante saber la distancia agua abajo en que se produce esta condición fatal. El déficit máximo de oxígeno ( $D_c$ ) que tiene lugar a una distancia, aguas abajo del punto de descarga se pudo calcular estableciendo que  $dD/dt = 0$ , es decir (Kiely, 1999):

$$\text{Ecuación \#2 } \frac{dD}{dt} = K_1 L_0 e^{-k_1 t} - K_2 D_c \Rightarrow D_c = \frac{K_1 L_0}{k_2} e^{-k_1 t}$$

Donde:

$D_c$ : déficit máximo de oxígeno, M/L<sup>3</sup>

Para determinar el tiempo en el que se produce el déficit crítico de oxígeno, la Ecuación 1 se derivó con respecto a  $t$ , se igualó a cero, y se procedió a despejar  $t$ :

$$\frac{dD}{dt} = \frac{k_1 L_0}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) - K_2 D_c e^{-k_2 t} = 0 \Rightarrow t_c = \frac{1}{k_2 - k_1} \ln \left\{ \frac{K_2}{K_1} \left[ 1 - \frac{D_0 (k_2 - k_1)}{k_1 L_0} \right] \right\}$$

Donde:

$t_c$ : tiempo en que se da el  $D_c$ , T

## 7. RESULTADOS Y ANALISIS

**7.1 ETAPA 1: Analizar los parámetros físico – químicos (Alcalinidad total, Conductividad eléctrica, dureza total, DBO5, oxígeno disuelto, pH, temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, fósforo) y microbiológicos (Coliformes fecales) de muestras de agua obtenidas en el curso hídrico del río Candela en Atánquez-Cesar.**

**7.1.1. Los tramos de muestreo georreferenciados fueron los siguientes:**

Tabla 8. Estaciones de muestreo

	<b>Tramo 1</b>	<b>Tramo 2</b>	<b>Tramo 3</b>
<b>DESCRIPCION DEL TRAMO</b>	La estación uno fue ubicado en la parte alta de la subcuenca antes de posibles vertimientos por la población.	La estación dos fue ubicados en la zona de los vertimientos.	La estación tres fue ubicados en la parte baja de la subcuenca
<b>COORDENADAS</b>	10°42'0.54"N; 73°21'31.39"O	10°42'7.53"N; 73°20'46.64"O	10°42'16.29"N; 73°20'29.78"O

Fuente: Autores, 2021

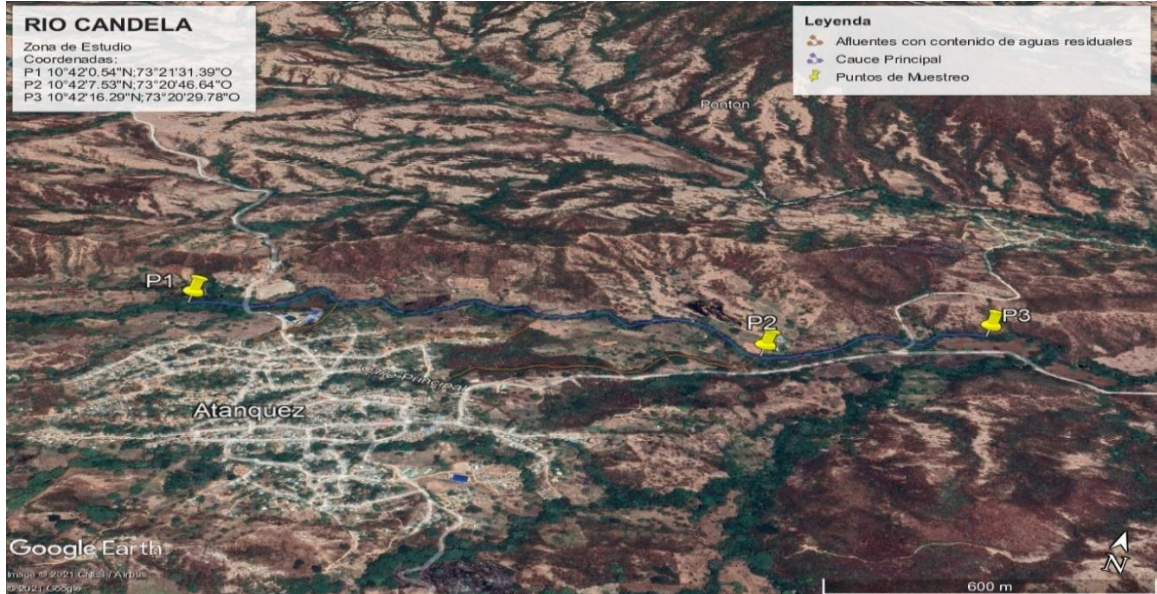


Ilustración 4. Ubicación de las estaciones de muestreo en el río Candela

Fuente: Google Earth & Autores, 2021

### 7.1.2 Procedimiento de toma de las muestras

Una vez en el tramo seleccionado, se procedió con la toma de la muestra, donde se evitó lugares con partículas flotantes y áreas con turbulencias excesivas, se evitó remover los sustratos del suelo.

Para la toma de la muestra de agua que iba hacer analizada microbiológicamente se utilizaron únicamente recipientes estériles y se tomó directamente a  $\frac{1}{2}$  de la sección transversal de la corriente. Sosteniendo la botella desde la base, sumergiendo completamente la botella tapada en el cuerpo de agua; se destapo sólo una vez y mientras aún estaba sumergida, girando un poco a contracorriente para dejar ingresar la muestra de agua en su interior. Llenamos hasta aproximadamente un 90% de su volumen total, dejando un espacio de aire de aproximadamente el 10%. Tapamos herméticamente y refrigeramos inmediatamente.

En el punto número 1 nos bajamos del transporte y se caminó por 10 minutos para llegar al punto y tomar la muestra de agua, en el punto dos solo basto con bajarse del transporte, y en el

punto 3 toco dejar el transporte en una finca cercana y caminar abriendo paso entre la maleza en un camino viejo enmontado, desde el lugar de parqueo aproximadamente a unos 20 minutos. El clima del río Candela en Atánquez, Cesar es tropical de sabana hace calor todos los meses tanto en la temporada seca como en la de lluvia con una temperatura promedio de 27°C.

El 21 de abril del 2021 fueron tomadas todas las muestras de agua en temporada de lluvia y el 25 de agosto del 2021 fueron tomadas las muestras de agua en temporada de sequia.

La temperatura fue determinada in-situ al mismo tiempo de la toma de muestras de agua para el análisis en laboratorio de los demás parámetros. Todas las muestras fueron llevadas el mismo día de su toma para el laboratorio.



Ilustración 5. Metodología de muestreo puntual en zonas de estudio y almacenamiento de muestras de agua

**Fuente:** Autores, 2021

### **7.1.3 Determinación de los parámetros físico químicos de muestras de aguas recolectadas**

Las muestras de agua fueron analizadas en los laboratorios tanto de la institución universitaria como en el laboratorio ambiental Nancy Flórez García S.A.S en donde se determinaron cada uno de los parámetros físico químico y microbiológico.

En el laboratorio ambiental Nancy Flórez García S.A.S se determinaron los parámetros físicos, químicos: Fosforo Total y Solidos Suspendido Totales y el parámetro microbiológico: Coliformes Termotolerantes (fecales) mediante la técnica SM 9221 E-Numero mas probable.

En el laboratorio de la Universidad Popular del Cesar se determinaron los parámetros físicos, químicos: Alcalinidad total, Conductividad eléctrica, dureza total, DBO5, oxígeno disuelto y pH.



Ilustración 6. Análisis de los parámetros en el laboratorio de la Universidad Popular del Cesar

Fuente: Autores, 2021

#### **7.1.4 Resultados del análisis de los parámetros físico químicos y microbiológicos de los tramos de estudio.**

Los análisis en la temporada de sequía fueron realizados 28 de abril de 2021 y en la temporada de lluvia el 25 de agosto del 2021, en la siguiente tabla se muestran los resultados:

Tabla 9. Resultados de laboratorio

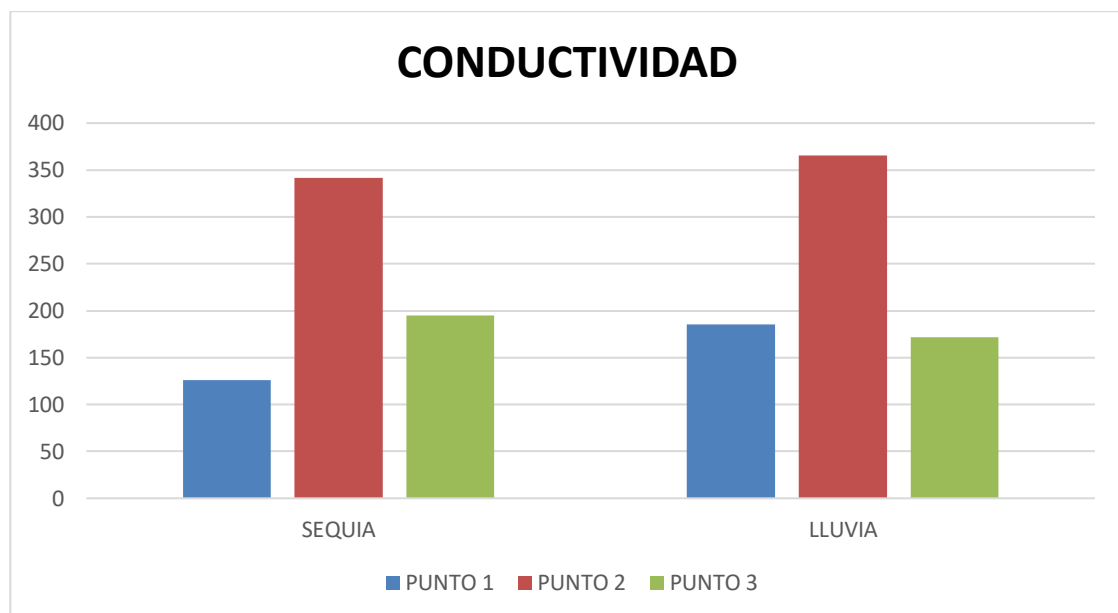
Temporada	Estación	pH	Conductividad (µs/cm)	Oxígeno disuelto (%)	Sólidos suspendidos totales(mg/l)	Alcalinidad (Mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Dureza (Mg/L CaCO <sub>3</sub> )	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DQO( Mg/l)	Coliformes totales (NPM/100 ML)
Sequia (27/04/2021)	1	7.75	126.1	65	<5.00	62	65.5	0.9	40	70
	2	7.38	341.6	57	18.8	116	310	4	120	1600x10 <sup>1</sup>
	3	7.67	194.6	67	<5.00	82	150	4	100	350
Lluvia (23/08/2021)	1	9.97	185.5	67	<5.00	12	12	21	40	110
	2	8.38	365.2	60	9.40	46	225	16	28	1600x10 <sup>1</sup>
	3	8.57	171.7	66	5.60	22	74	65	96	240x10 <sup>1</sup>

Fuente: Carolina Angulo&Yoenis Castro, 2021



Los resultados de los análisis físicos químicos y microbiológicos determinados en cada tramo, se graficaron en un diagrama de barras con la finalidad de argumentar el comportamiento que se presentó en cada parámetro con relación a las situaciones que se presentaron durante las temporadas de sequía 25 de agosto del 2021 y lluvia 21 de abril del 2021 respetivamente.

Ilustración 7. Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )

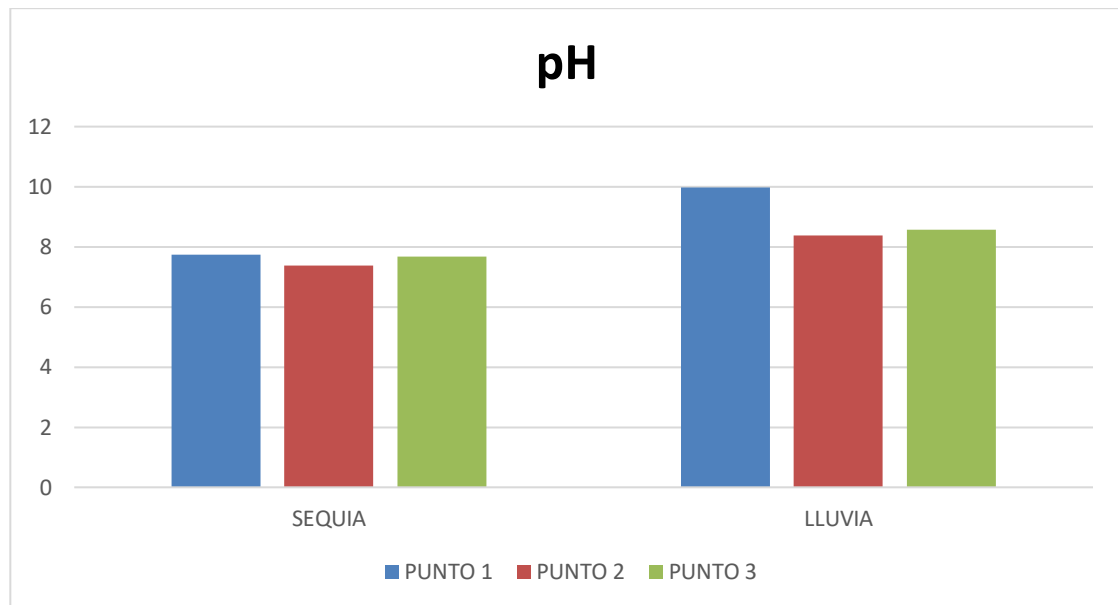


**Fuente: Autores, 2021**

Como resultado de la prueba de conductividad en los puntos de muestreo se obtuvo que los valores más elevados se dan en el punto de vertimiento generados por la comunidad indígena del resguardo kankuamo teniendo en cuenta que la concentración fue  $341,6 \mu\text{s}/\text{cm}$  en la temporada seca y  $365,2 \mu\text{s}/\text{cm}$  en la temporada lluviosa, esto debido a los sólidos suspendidos presentes provenientes de las aguas residuales domésticas observables a simple vista, mientras que, los valores más bajos se presentaron aguas arriba (E1, E2,E3) en la temporada seca registrando  $126,1 \mu\text{s}/\text{cm}$  esto puede corresponder a la fuerza iónica normal en esta temporada, y aguas abajo en la temporada lluviosa registrando  $171,7 \mu\text{s}/\text{cm}$ , esto por

el aumento del caudal y la presencia significativa de sustancias orgánicas e inorgánicas diluidas en el agua, las cuales pueden provenir de aguas residuales domésticas y del arrastre en los procesos de erosión y escorrentía.

Ilustración 8. PH

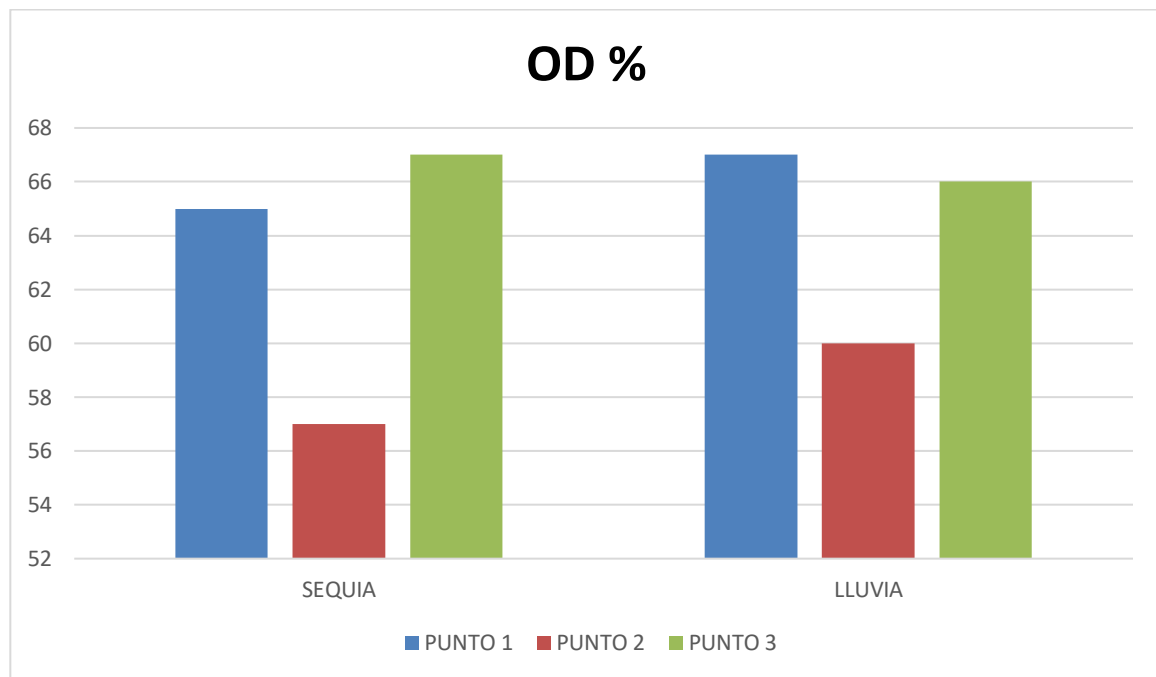


Fuente: Carolina&Yoenis, 2021

Con los resultados del análisis del pH en los tramos de estudio se pudo evidenciar que el tramo de aguas arriba (E1, E2, E3) fue el que presentó el mayor valor durante la temporada de lluvia, mientras que, en el tramo de vertimiento (E4, E5, E6) se obtuvieron valores inferiores a 9 pero superiores a 7,2. Podemos decir que los valores obtenidos de pH son compatibles con la vida piscícola que está comprendido entre 5 y 9 según la normatividad decreto 1575 de 2007. La alcalinidad está relacionada con este parámetro ya que es la suma total de los componentes en el agua que tienden a elevar el pH del agua por encima de un cierto valor (bases fuertes y sales de bases fuertes y ácidos débiles), y, lógicamente, la acidez corresponde a la suma de componentes que implican un descenso de pH (dióxido de carbono,

ácidos minerales, ácidos poco disociados, sales de ácidos fuertes y bases débiles). Por la anterior podemos concluir que el pH en el punto de vertimiento (E4, E5, E6) y aguas abajo (E7, E8, E9) disminuyó debido a la presencia de componentes ácidos.

Ilustración 9. Oxígeno Disuelto



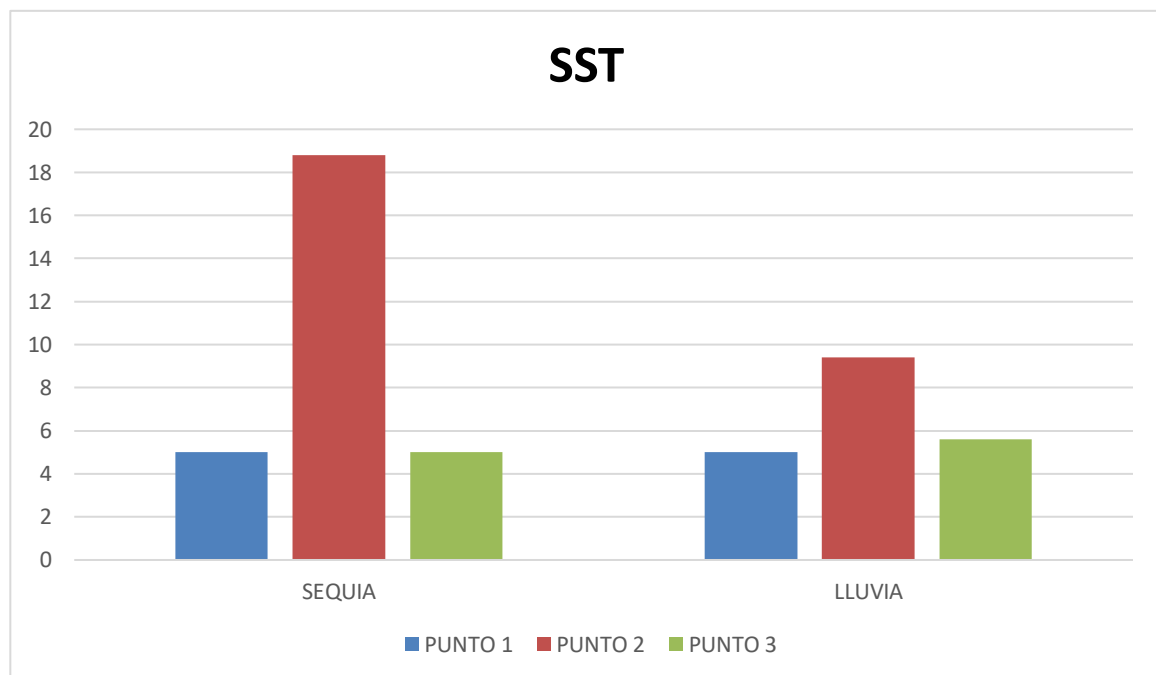
**Fuente: Autores, 2021**

De acuerdo a la ilustración 9 los valores obtenidos tienen cierta similitud para la temporada de lluvia y para la temporada seca, donde el valor máximo obtenido fue de 67% OD en el punto 1 en la temporada de lluvia y el valor menor obtenido fue de 60% OD en el tramo 2 en temporada de lluvia.

Relacionando los porcentajes de oxígeno disuelto obtenidos en ambas temporadas, encontramos una cercanía en los puntos de vertimiento de las aguas residuales domésticas, esto debido a la contaminación que estas aportan al cuerpo de agua, alterando sus características naturales. Dado que los vertimientos traen consigo bacterias que se encargan de descomponer cualquier desecho y para este proceso necesita oxígeno para oxidar, o alterar

química, el material para separarlo en sus partes componentes, algunos sistemas acuáticos pueden pasar por cantidades extremas de oxidación, no dejando oxígeno para los organismos vivos, que eventualmente mueren o se sofocan. (Pulla, 26 JUNIO 2007).

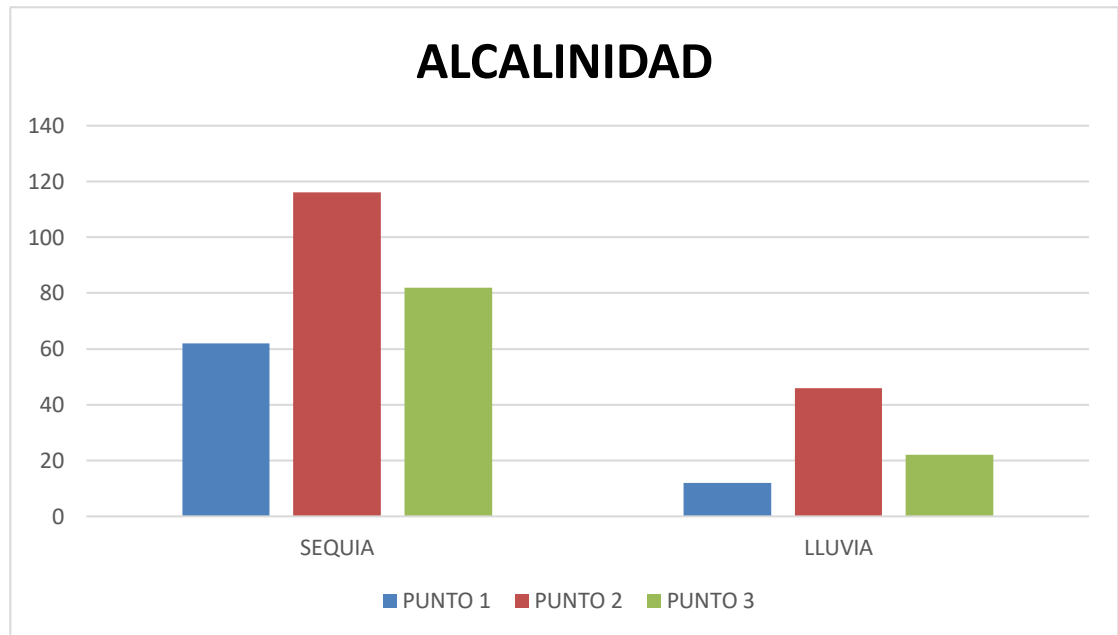
Ilustración 10. Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)



Fuente: Autores, 2021

Los sólidos suspendidos totales en las muestras de agua fueron bajos para los puntos de vertimiento, es decir en las estaciones (E4, E5, E6) en ambas temporadas. Podemos inferir que esto se debió a los pocos sedimentos formados en el lecho del río y el aumento del caudal en la temporada de lluvia no alteró los SST debido a estos pocos sedimentos. Estando muy por debajo de los límites permisibles establecidos en el decreto 1575 de 2007 para calidad de agua referente a hábitat para peces, cuyo valor es de 100 mg/L, valor propuesto por Sierra, 2011. Lo cual nos indica una buena calidad de agua.

Ilustración 11. Alcalinidad (Mg/L CaCO<sub>3</sub>)



Fuente: Autores, 2021

Los resultados obtenidos para este parámetro muestran que en la temporada de sequía los valores fueron mucho mayores en comparación a la temporada de lluvias para los tres puntos de muestreo, podemos inferir que en la temporada de lluvias los valores de alcalinidad disminuyeron gracias al aumento del caudal que ocasiona mayor dilución y aireación de los componentes carbonatados presentes en el agua.

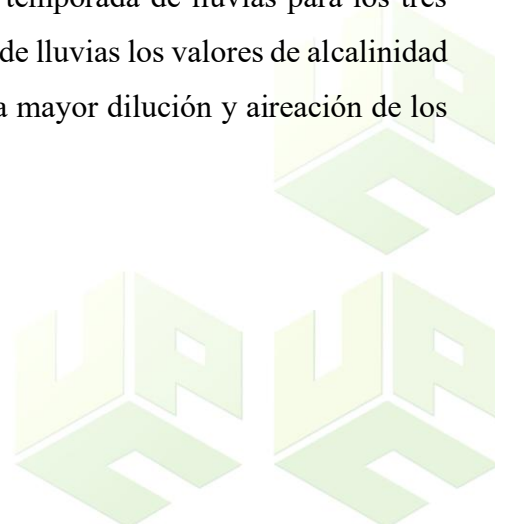
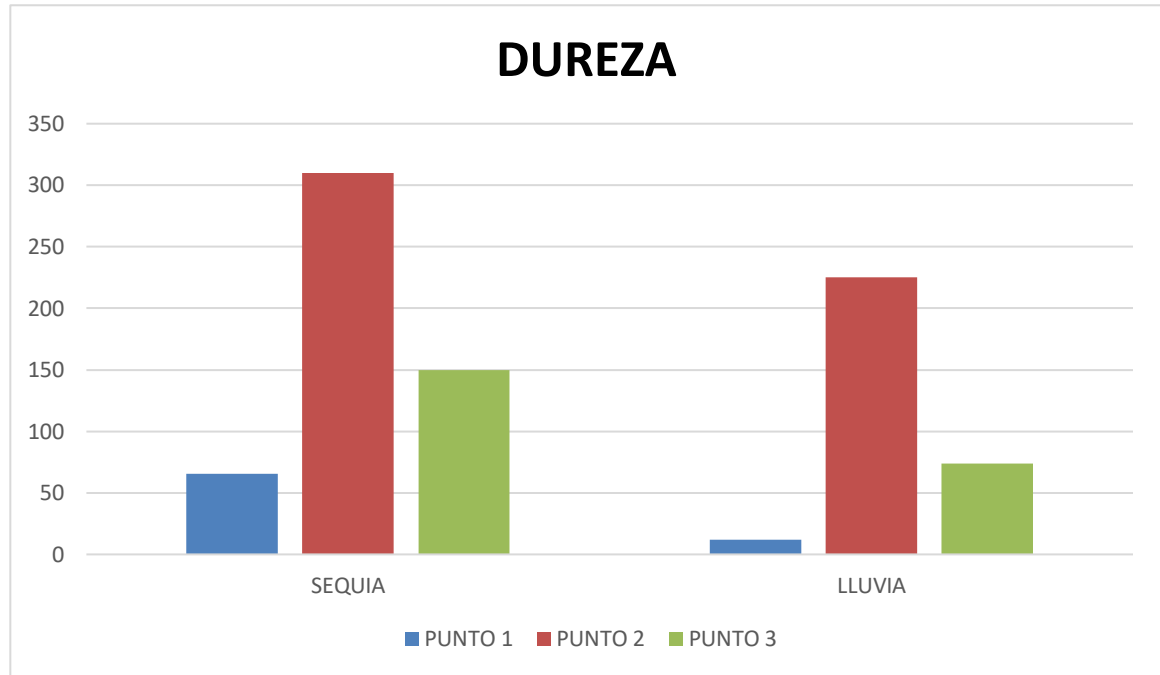




Ilustración 12. Dureza (Mg/L CaCO<sub>3</sub>)

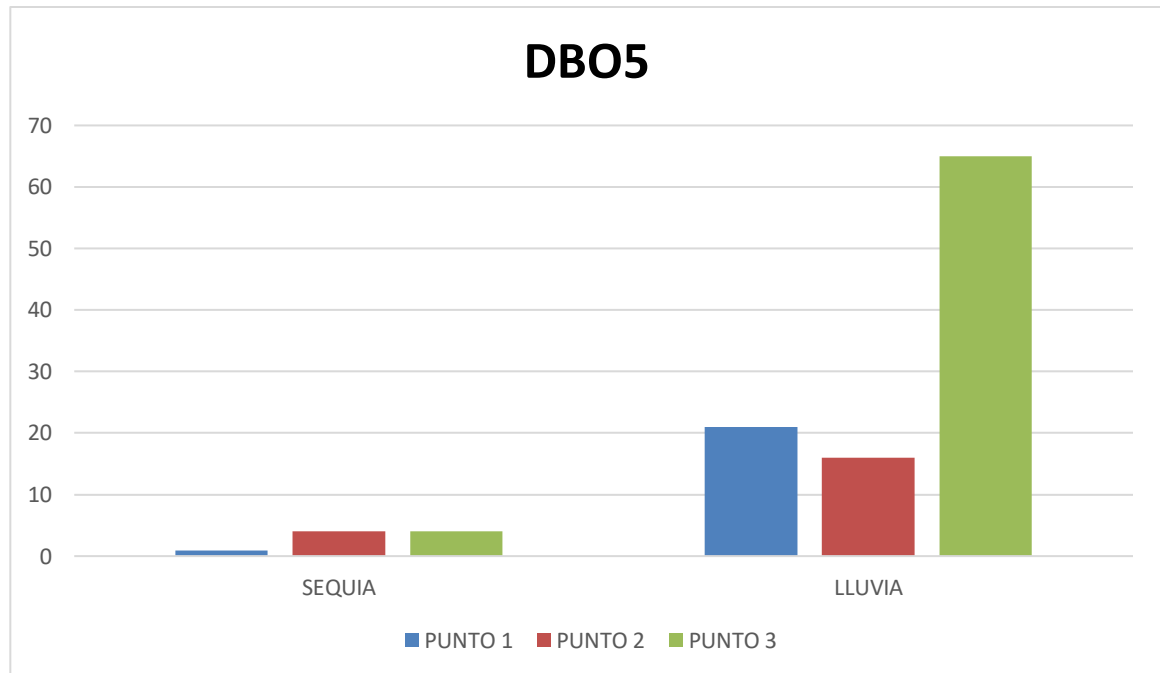


Fuente: Autores, 2021

La dureza del agua indica la cantidad total de iones alcalinotérreos (grupo 2) presentes en el agua y constituye un parámetro de calidad de las aguas de interés doméstico o industrial. En las aguas naturales, la concentración de calcio y magnesio es habitualmente muy superior a la del resto de alcalinotérreos, por lo que la dureza es prácticamente igual a  $[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$ . Tradicionalmente, la dureza del agua se ha asociado a la capacidad de los cationes presentes en la misma para sustituir los iones sodio y potasio de los jabones, lo cual da lugar a grumos insolubles que pueden consumir una cantidad importante del jabón que se utiliza en la limpieza (Harris, 2001). En ambas temporadas en el punto de vertimiento, es decir en las estaciones (E4, E5, E6,) Podemos considerar que el agua es dura debido a las aguas residuales domesticas generadas por la población que reside al lecho del rio candela, debido

a que estas presentan altos iones de sodio y potasio de los diferentes detergentes. (WADE, 2004)

Ilustración 13. DBO5 (Mg/L)

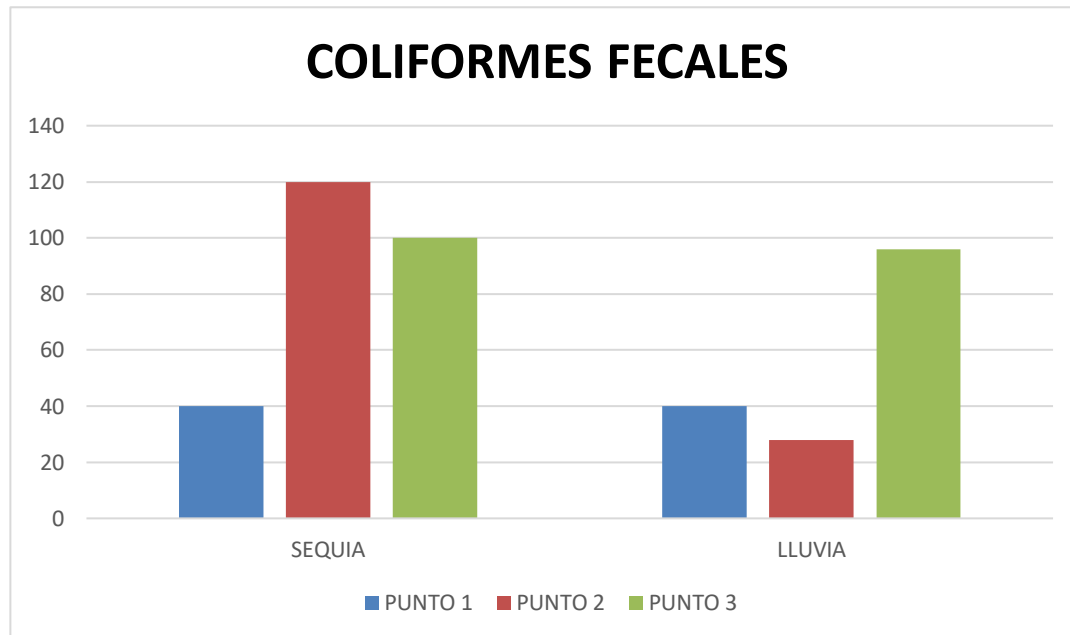


**Fuente: Autores, 2021**

A partir de los resultados presentados en la gráfica se pudo evidenciar que en la temporada lluviosa se encontraron altos contenidos de DBO5, 21 mg/L en el punto 1 (antes), 16 mg/L en el punto 2 (vertimiento), 65mg/L en el punto 3 (después), lo cual es característico de aquellas aguas que cuentan con un vertimiento puntual, también contemplamos que estuvo favorecida por el incremento de solidos suspendidos por efectos propios de esta temporada.

En la temporada de sequía los valores obtenidos fueron bajos en general, concluimos que esta variable se encuentra dentro del límite permisible en el decreto 1575 de 2007 para calidad de agua.

Ilustración 14. Coliformes Fecales (NPM/100 ml)



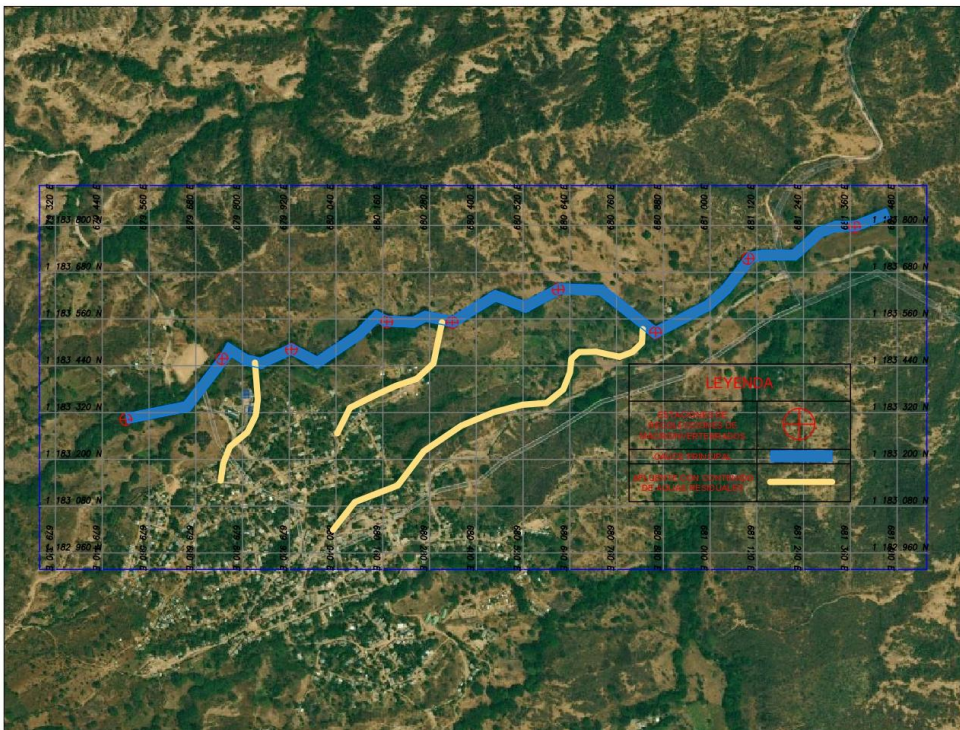
Fuente: Autores, 2021

Los valores obtenidos para este parámetro microbiológico, muestran que desde el punto de vertimiento (E4, E5, E6) y el punto aguas abajo comienza a incrementarse de manera gradual los valores de coliformes fecales, en la temporada de sequía se evidencia un aumento considerable de este parámetro, el cual muestra pico de aumento y un pequeño descenso aguas abajo, posiblemente por las condiciones de la zona y a los vertimientos realizados de aguas residuales domésticas. En la temporada de lluvia se puede evidenciar un descenso considerable aguas abajo que pudo estar reflejado por el arrastre de sedimentos y materia orgánica.

**7.2 ETAPA 2: Aplicación de los índices BMWP e ICO para Colombia.**

**7.2.1 Identificación de las especies de macroinvertebrados acuáticos del curso hídrico del río Candela.**

**Colecta de individuos**



 REPUBLICA DE COLOMBIA	
 DEPARTAMENTO DEL CESAR	
 VALLEDUPAR	
ESTUDIANTES	
YOENIS ISABEL CASTRO PEREZ	
CAROLINA MARCELA ANGULO RANGEL	
 Ingeniería Ambiental y Sanitaria	
ESCALA: 1:1250	FECHA: 11/09/2021
MUNICIPIO: ATÁÑQUEZ	
PROYECTO: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD REFINADORA DEL RIO CANDELA A TRAVÉS DE LOS ÍNDICES BIOMBIOLÓGICOS EN EL CORRIENTE DE ATÁÑQUEZ-CEZAR.	
CONTIENE: NC	
PLANO: 01 de 01	
No. Total Planos: . / .	

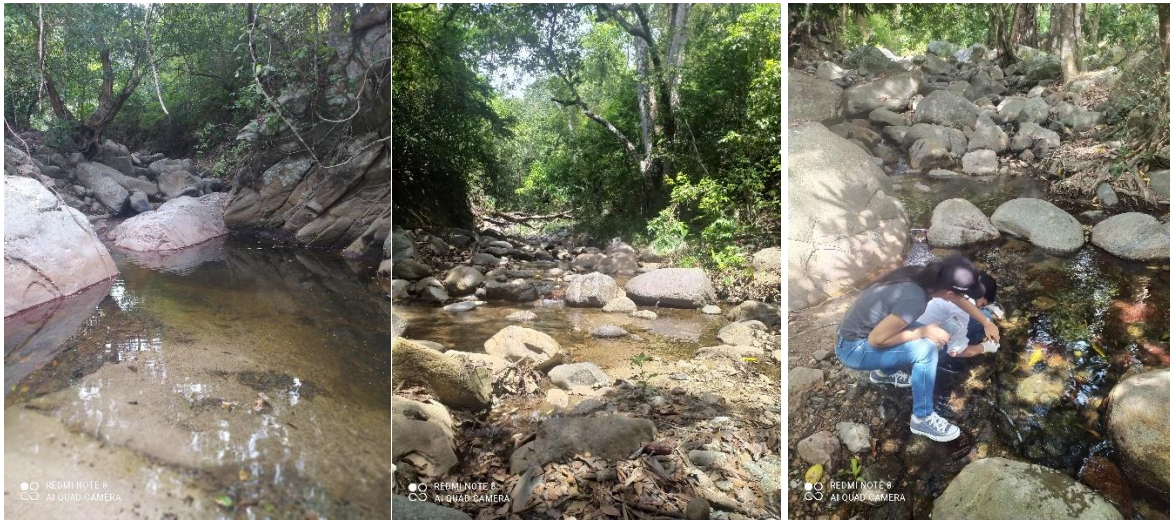
Ilustración 15. Ubicación de las Estaciones de Muestreo Rio Candela vista satelital

Fuente: Google Earth y autores del proyecto, 2021



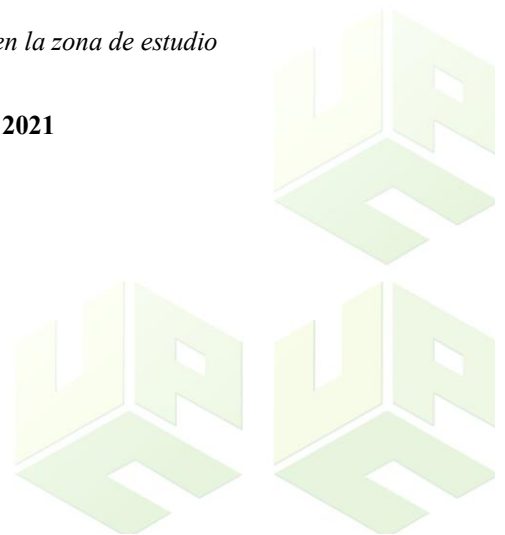
### Recolección y registro de macroinvertebrados acuáticos

Posterior al recorrido preliminar y selección de los hábitats de las especímenes en la cuenca de río Candela se procedió a realizar la recolección y registro de los macroinvertebrados, donde se recolectaron en total 2 Philu (Artrópoda y Mollusca), 3 clases (Insecta, Arachnida, Gastropoda, 6 ordenes (Hemíptera, Araneae, Coleoptera, Lepidoptera, Odonata, Hipsogastropoda).



*Ilustración 16. Recorrido preliminar en la zona de estudio*

**Fuente: Autores, 2021**



Colecta, separación e identificación in situ

La recolecta de los macroinvertebrados acuáticos se realizó a través del método de muestreo Kick-Sampling.



Ilustración 17. Recolecta de macroinvertebrados

Fuente: Autores, 2021

La identificación de la taxonomía se realizó como lo indican las guías propuestas por Roldan. Los macroinvertebrados acuáticos colectados fueron depositados en viales plásticos y se fijaron en alcohol al 70%, se transportaron al laboratorio de la Universidad Popular del Cesar,

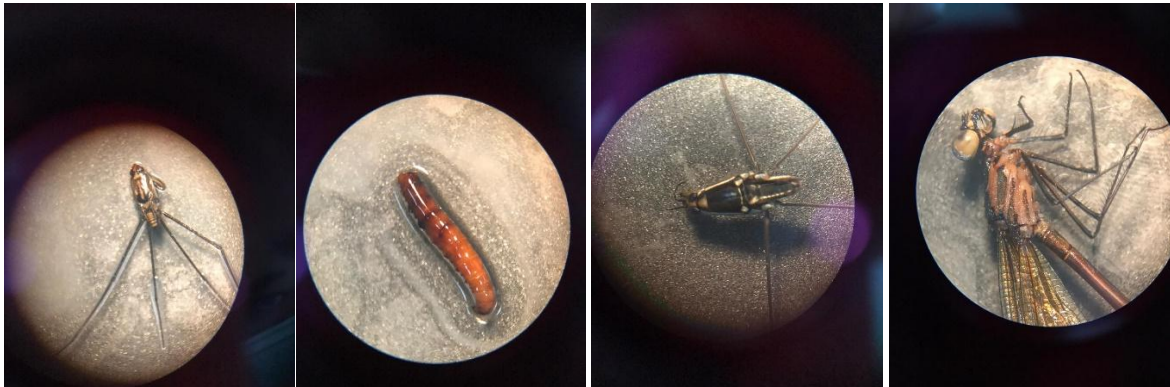


Ilustración 18. Identificación de macroinvertebrados en la Universidad Popular del Cesar

Fuente: Autores, 2021

### 7.2.2 Procesamiento de resultados índice BMWP/COL

La recolección y registro de los macroinvertebrados encontrados en las diferentes estaciones de los puntos de muestreo se organizaron según el Philu, orden y familia al cual pertenece cada espécimen y los resultados fueron registrados en (la tabla 10).

#### 7.2.2.1 Macroinvertebrados en temporada de sequía

En la temporada de sequía se presentó la mayor presencia de macroinvertebrados que habitan en la Subcuenca del río Candela con un total de 289 especímenes. Esto debido aspectos como la baja velocidad de la corriente, la temperatura y la morfología de los individuos. (Roldan Perez G. , 2003) La familia más representativa en esta temporada del año fue la Velidae con un total 127 individuos, otro aspecto importante a tener cuenta fue la gran cantidad de especímenes en la clase Insecta esto debido a su morfología y fácil adaptación a las diferentes condiciones del río Candela en ambas temporadas.

Tabla 10. Identificación de macroinvertebrados en temporada de sequía

IDENTIFICACION DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS EN TEMPORADA DE SEQUIA							
Philu		Clase	Orden		Familia	Individuos	
<u>Artrópoda</u>	70.24%	Insecta	<u>Hemiptera</u>	70.24%	Gerridae	49	16.96%
					Rhopalidae	12	4.15%
					Velidae	127	43.94%
					Naucoridae	15	5.19%
	8.65%	Arachnida	<u>Araneae</u>	8.65%	Eutichuridae	15	5.19%
					Thonidae	4	1.38%
					Sparassidae	6	2.08%
	19.03%	Insecta	<u>Coleoptera</u>	6.23%	Haliplidae	18	6.23%
					<u>Lepidoptera</u>	1.38%	Nepticulidae
			<u>Odonata</u>	11.42%	Libellulidae	12	4.15%
Calopterygidae					21	7.27%	
<u>Mollusca</u>	2.08%	Gastropoda	<u>Hipsogastropoda</u>	2.08%	Muricidae	6	2.08%
	100%	4	6	100		289	100%

Fuente: Tomado de Herrera & Navarro (2019), adaptado por las autoras 2021

#### 7.2.2.2 Macroinvertebrados en temporada de lluvia

En la temporada de lluvia se presentó la menor presencia de macroinvertebrados que habitan en la Subcuenca del río Candela con un total de 102 especímenes acuáticos en la zona de estudio. Este resultado se asocia a los cambios en las condiciones del ecosistema del río Candela, en cuanto a cambios físicos la turbiedad y profundidad del cuerpo de agua era mayor con respecto a la temporada seca, debido al aumento del caudal, la temperatura también es una limitante para la supervivencia de algunas especies ya que esta tiene influencia en los niveles de oxígeno disuelto, por último la velocidad de la corriente que al aumentar arrastra consigo especies que no tienen las condiciones físicas para hacer resistencia a la misma. La familia más representativa en esta temporada del año fue la Velidae con un total 53 individuos, esto se debe a la fácil adaptación de la familia a los cambios en los ecosistemas.



Tabla 10. Identificación de macroinvertebrados en temporada de lluvia

IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS EN TEMPORADA DE LLUVIA							
Phylum		Clase	Orden		Familia	Individuos	
<b><i>Artrópoda</i></b>	98,04%	Insecta	<i>Hemiptera</i>	72.5%	Gerridae	21	<b>20.58%</b>
			<i>Coleoptera</i>	8.82%	Velidae	53	<b>51.96%</b>
			<i>Odonata</i>	16.66%	Haliplidae	9	<b>8.82%</b>
					Libellulidae	5	<b>4.90%</b>
Calopterygidae	12	<b>11.76%</b>					
<b><i>Mollusca</i></b>	1,96%	Gastropoda	<i>Hipsogastro poda</i>	1.96%	Muricidae	2	<b>1.96%</b>
<b>100%</b>		<b>2</b>	<b>5</b>		<b>100%</b>	<b>102</b>	<b>100%</b>

Fuente: Tomado de Herrera & Navarro (2019), adaptado por las autoras 2021

Tabla 11. Cantidad de especies de macroinvertebrados encontrados en cada tramo durante las temporadas de sequía – lluvia

Familia		Gerridae	Rhopalidae	Velidae	Naucoridae	Eutichuridae	Thonidae	Sparassidae	Haliplidae	Nepticulidae	Libellulidae	Calopterygidae	Muricidae	TOTAL	FAMILIAS ENCONTRADAS EN TODAS LOS TRAMOS Y EN AMBAS TEMPORADAS	FAMILIAS ENCONTRADAS EN 5 TRAMOS EN DIVERSAS TEMPORADAS	FAMILIAS ENCONTRADAS EN 1 TRAMOS EN UNA TEMPORADA	FAMILIAS ENCONTRADAS EN 4 TRAMOS EN DIVERSAS TEMPORADAS				
Temporada de lluvia	Agua Arriba	21	2	15	6				2		4	7		57								
	Vertimiento	2	3	4		1				1		3		14								
	Agua abajo	14		16	1									31								
Temporada de sequía	Agua arriba	14		67	6	8	3	2	18		8	21	2	149								
	Vertimiento	6		25	1	2		4	5	1	1	2		47								
	Agua abajo	13	7	53	1	4	1		2	2	4		6	93								
<b>TOTAL</b>		<b>70</b>	<b>12</b>	<b>180</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>27</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>33</b>	<b>8</b>	<b>391</b>								

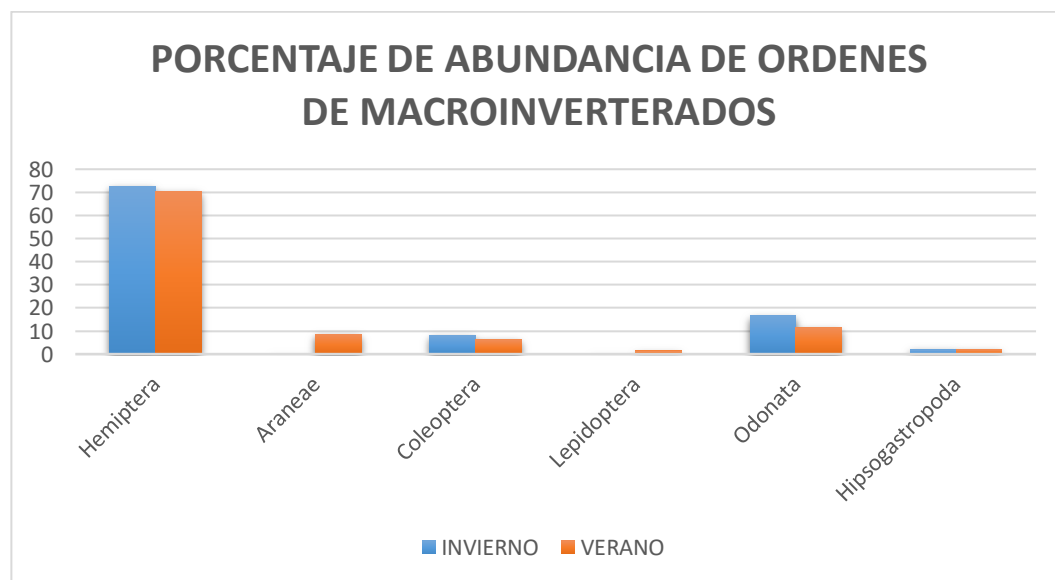
Fuente: Autores, 2021

Analizando el número de familias encontradas en las diferentes estaciones de los puntos de muestreo del Rio Candelas se evidenció una mayor presencia de la familia Velidae en ambas temporadas del año, la presencia de esta familia obedece al hecho que, es la más



diversa del orden Hemiptera, que coincide con el amplio espectro ambiental (distribución y diversidad) de este orden en el área de estudio (Roldan, 2016). Como lo plantea Townsend y Hildrew (1994) respecto a los rasgos biológicos adaptativos, y más recientemente Moczek et al. (2011) sobre la expresión de las características dependiendo del ambiente, el cambio de contorno de las patas de la especie puede ser el resultado de una adaptación a diferentes presiones ambientales bióticas y abióticas en la población, en este estudio se explica con base en la condición del ambiente abiótico. Su presencia se debe al desarrollo de la actividad antrópica que se da en el río ya que hay un vertimiento de aguas domesticas por parte de la población. Y esto nos brinda información acerca del estado ecológico y condición de la calidad del agua del río. Al encontrarse esta gran abundancia de la familia Velidae; se infiere que, el río Candela presenta un hábitat ideal para que la población de estos macroinvertebrados sea continua en ambas temporadas y que, sus características morfológicas y capacidad de adaptación han presentado afinidad a las condiciones del ambiente acuático (hábitat).

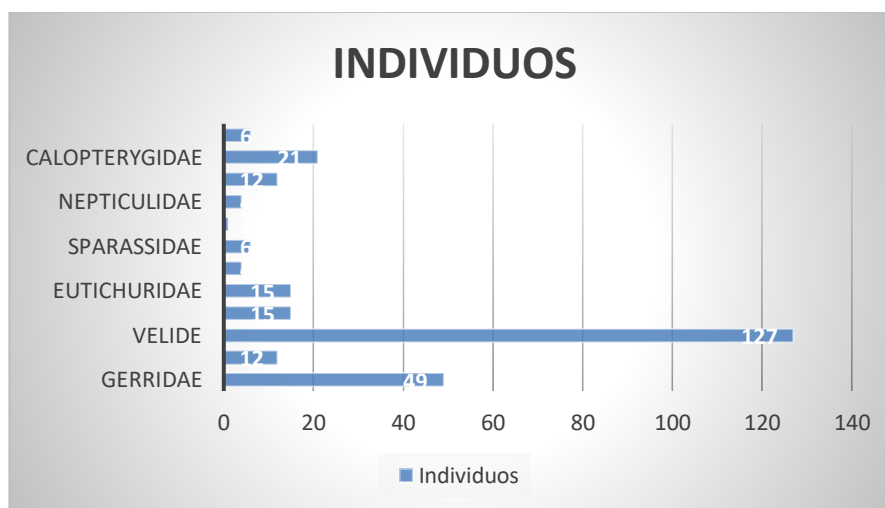
Ilustración 19. Abundancia de macroinvertebrados



Fuente: Tomado de Herrera & Navarro (2019), adaptado por las autoras 2021

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la taxonomía se evidenció la representación significativa del orden hemíptero, con la presencia en una gran mayoría de la clase insecta, este resultado se asocia a la estructura morfológica que presenta este tipo de orden, como los son sus ganchos y ventosas las cuales les permiten adaptarse a las características que presente el río en las diferentes temporadas del año.

Ilustración 20. Cantidad de especies de macroinvertebrados encontradas en total.



Fuente: Tomado de Herrera & Navarro (2019), adaptado por las autoras 2021

Con relación a la gráfica anterior (ver *Gráfica*), dentro del estudio se identificó que hubo 2 familias que estuvieron presentes en todas las estaciones y en cada temporada estudiada; estos fueron los macroinvertebrados más relevantes cuando se realizó el estudio de calidad de aguas por el índice biológico BMWP/COL debido a su mayor prevalencia y cantidad de individuos en cada tramo. En este sentido, se pudo inferir que, estas especies son tolerantes a las diferentes condiciones que presenta el medio acuático del río Candela que, en cierto modo, pudo cambiar su cantidad, pero no su presencia.

También, se pudo analizar que, se identificaron 6 familias que estuvieron ausentes en un tramo ya sea en temporada de lluvia o de sequía; las familias **Thonissidae, Sparassidae y**

**Muricidae** estuvieron ausentes en la temporada de lluvia, las familias **Rhopalidae** estuvo ausente en la temporada de sequía en el tramo en los tres tramos, la familia **Calopterygidae** estuvo ausente en la temporada de lluvia en el tramo aguas abajo – la familia **Muricidae** estuvo ausente en la temporada de sequía en el tramo del vertimiento (E4, E5, E6). Ante las condiciones mencionadas, familia se pudo analizar que, estas familias al estar presentes en aguas arriba y ausentes en los demás tramos indica que se presentaron alteraciones en las condiciones ambientales del medio acuático que favorecieron su ausencia en las temporadas indicadas, (ver **Tabla 13**).

Tabla 12. Análisis general de macroinvertebrados en temporadas de sequía Vs. Lluvia

MACROINVERTEBRADOS TEMPORADA DE SEQUIA			MACROINVERTEBRADOS TEMPORADA DE LLUVIA			MACROINVERTEBRADOS SEQUIA-LLUVIA	
FAMILIA	INDIVIDUOS		FAMILIA	INDIVIDUOS		DIF(LLUV-SEQ)	CONDICION
Gerridae	49	16.96%	Gerridae	21	20,58%	-28	Disminuyo
Rhopalidae	12	4.15%				-12	Disminuyo
Velidae	127	43.94%	Velidae	53	51,96%	-74	Disminuyo
Naucoridae	15	5.19%				-15	Disminuyo
Eutichuridae	15	5.19%				-15	Disminuyo
Thonidae	4	1.38%				-4	Disminuyo
Sparassidae	6	2.08%				-6	Disminuyo
Haliplidae	18	6.23%	Haliplidae	9	8,82%	-9	Disminuyo
Neptulidae	4	1.38%				-4	Disminuyo
Libellulidae	12	4.15%	Libellulidae	5	4,90%	-7	Disminuyo
Calopterygidae	21	7.27%	Calopterygidae	12	11,76%	-9	Disminuyo
Muricidae	6	2.08%	Muricidae	2	1,96%	-4	Disminuyo
12	289	100%	5	102	100%		
Ausencia de familias en temporada de sequia			ausencia de familias en temporada de lluvia				

Fuente: Tomado de Herrera & Navarro (2019), adaptado por las autoras 2021

El análisis hecho en las diferentes temporadas de las comunidades de macroinvertebrados recolectados en los tramos de estudio del Rio Candela, se basó en la Taxonomía descrita por (Roldan Perez G. , 2003). la información obtenida con la caracterización de los individuos recolectados, refleja que, la diversidad en los organismos identificados durante las temporadas mencionadas, estuvo caracterizada por la ausencia de 6 familias en lluvia (Rhopalidae, Naucoridae, Eutichuridae, Thonidae, Sparassidae y

Nepticulidae) Además durante la temporada de lluvia no se encontraron especies diferentes a las halladas en la temporada de sequía, solo se notó una ausencia significativa de las diferentes familias de macroinvertebrados, Según (Closs, Downes, & Boulton, 2004) una posible explicación para la presencia o ausencia de determinados taxones entre estaciones puede ocurrir porque los efectos del ambiente tales como velocidad de la corriente, arrastre de sedimentos y detritos, escorrentía superficial por lluvia, caudal, disponibilidad de sustrato, modificaciones de los microhábitats, tipos de lecho, entre otras; influyen directamente sobre los hábitats donde viven los macroinvertebrados y la tolerancia a éstos es diferente para cada grupo. Además, las características morfológicas (tamaño y forma) de los macroinvertebrados, influyen en su capacidad de subsistir en el hábitat ante determinados efectos del ambiente.

### 7.2.2.3 Aplicación del índice biológico BMWP/COL

Se determinó la calidad de agua mediante el índice BMWP/COL teniendo en cuenta las diferentes familias identificadas en cada una de las estaciones de muestreo (Aguas arriba: E1, E2 y E3), (Vertimiento E4, E5 y E6) y (Aguas abajo: E7, E8, E9). Obteniendo en todas las zonas de estudio, tanto en periodo de lluvia como de sequía, un puntaje del BMWP correspondiente a aguas poco contaminadas, según las consideraciones de sensibilidad presentada por el índice para los organismos observados.

Tabla 13. Resultados de índice biológico BMWP/COL en ambas temporadas

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		AGUAS ARRIBA			VERTIMIENTO			AGUAS ABAJO		
N° De especies										
Estado de calidad de agua	Color	Temporada de sequia								
	Muy bueno	101- 120	149			47			93	



Bueno	1-100			
Regular	6-60	Temporada de invierno		
Malo	6-35	57	14	31
Muy Malo	<15			

Fuente: Tomado de Herrera & Navarro (2019), adaptado por las autoras 2021

En total se recolectaron 391 macroinvertebrados durante los temporadas de lluvia y sequía en los tramos estudiados del río Candela sobre el punto de vertimiento, agrupados en 6 órdenes y en alrededor de 12 familias, permitieron obtener los siguientes valores de BMWP/COL: aguas arriba con 149, vertimiento con 47 en aguas abajo con 93 durante la temporada de sequía; mientras que, en aguas arriba con 57, vertimiento con 14 y en aguas abajo con 31 durante la temporada de lluvia respectivamente; esto indica que, las agua en los trayectos mencionados se encuentran poco contaminadas. Las familias dominantes en abundancia en estos tramos fueron *Gerridae*, *Velidae* y *Calopterygidae* en la temporada de sequía y *Gerridae* y *Velidae* en la temporada lluvia; las cuales, presentan una puntuación alta según los criterios del índice, a razón de su alta sensibilidad a ciertos niveles de contaminación en el agua.

### 7.2.3 Procesamiento para el índice de contaminación ICO

Los índices de contaminación (ICO), aplicados en los tres tramos de estudio fueron complementarios a los índices BMWP/Col que permitieron precisar problemas ambientales en los tramos estudiados y poder evaluar la calidad del agua. Para esto se tomó los resultados de los análisis de los parámetros físico – químicos y microbiológicos determinados con el fin de aplicar el índice ICO.

#### Índice de contaminación biótico (ICOBIO).

El índice ICOBIO está relacionado con la identificación de macroinvertebrados realizado en la ETAPA I del presente proyecto; a partir de esta identificación se verificó la presencia – ausencia de aquellas familias o taxones entre los tramos de aguas arriba((ver

Tabla 15) y aguas abajo (ver Tabla 16) con la finalidad de verificar el comportamiento cambiante que sufren estas especies al momento de transcurrir en la zona del río Candela.

ICOBIO para la temporada de sequía

Con relación a la temporada de sequía, se analizó que, el número de taxones o familias de macroinvertebrados identificados entre aguas arriba y aguas abajo fue de 12 taxones; de los cuales, hay en común 8 familias en ambos tramos de muestreo. Además, se identificó que, el número de taxones particulares o encontrado solamente en aguas arriba fue de 0 familias, mientras que, se identificaron en aguas abajo 1 familias respectivamente. A continuación, se presenta la tabla 15 correspondiente a las familias que fueron identificadas en ambos tramos de muestreo.

Tabla 14. Cantidad de familias de macroinvertebrados encontrados en el tramo aguas arriba y aguas abajo durante la temporada de sequía

FAMILIA	TEMPORADA DE SEQUIA			Total, de taxones 12
	AGUAS ARRIBA	VERTIMIENTO	AGUAS ABAJO	Taxones identificados en temporada de sequia
Gerridae	14	6	13	Comunes
Rhopalidae			7	8
Velidae	67	25	53	Solo aguas abajo
Naucoridae	6	1	1	0-1
Eutichuridae	8	2	4	Solo aguas arriba
Thonidae	3		1	1
sparassidae	2	4		
Halplidae	18	5	2	
Nepticulidae		1	2	
Libellulidae	8	1	4	
Calopterygidae	21	2		
Muricidae	2		6	
<b>Total</b>	<b>149</b>	<b>47</b>	<b>93</b>	

Fuente: Tomado de Herrera & Navarro (2019), adaptado por las autoras 2021



ICOBIO para la temporada de lluvias

Por su parte, el número de taxones o familias que se identificó en los dos tramos de muestreo durante la temporada de lluvia fue menor en comparación con la temporada de sequía; en este caso, fue en total de 7 familias. Dentro de esas familias, solamente 3 de ellas se presentaron en ambos tramos de muestreo, mientras que, los taxones particulares en aguas arriba fueron de 2 familias, y los taxones en aguas abajo fueron igual a cero. A continuación, se presenta la tabla 16 correspondiente a las familias que fueron identificadas en ambos tramos de muestreo.

FAMILIA	TEMPORADA DE LLUVIA			Total de taxones 7
	AGUAS ARRIBA	VERTIMIENTO	AGUAS ABAJO	Taxones identificados en temporada de sequia
Gerridae	21	2	14	Comunes
Rhopalidae	2	3		3
Velidae	15	4	16	Solo aguas abajo
Naucoridae	6		1	0-1
				Solo aguas arriba
				2
Haliplidae	2			
Calopterygidae	7	3		
<b>TOTAL</b>	57	14	31	

Tabla 15. Cantidad de familias de macroinvertebrados encontrados en el tramo aguas arriba y aguas abajo durante la temporada de lluvia.

**Fuente: Autoras 2021**

Cabe aclarar que, los datos de los taxones identificados en la zona de estudio se tomaron a partir de los resultados de la recolección e identificación de macroinvertebrados. A continuación, se muestran los gráficos del índice **ICOBIO** para los tramos comparados en temporadas de sequía y lluvias, arrojados por el software ICATest v1.0

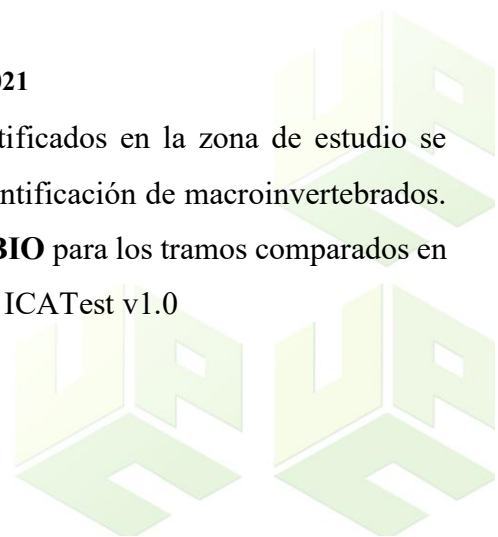
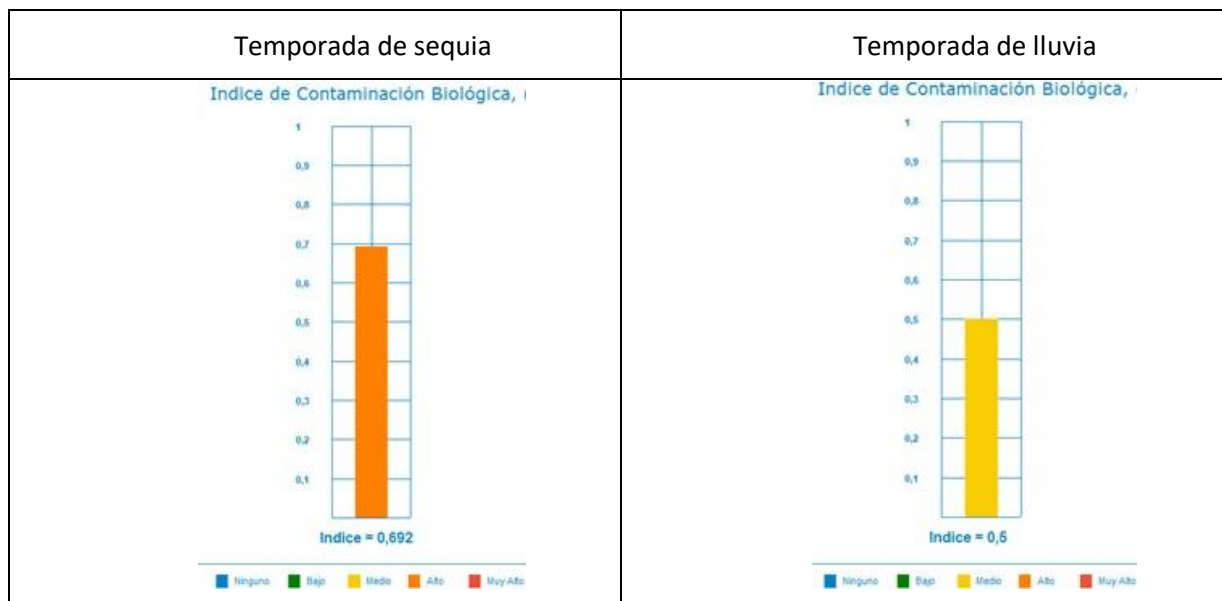


Ilustración 21. Resultados del índice ICOBIO para ambas temporadas climáticas de la zona de estudio.



La siguiente tabla se muestra los valores del ICOBIO para los tramos comparados y los valores promedio de las variables que conforman este índice para cada temporada.

Tabla 16. Resultados ICOBIO para los tramos de estudio comparados y los taxones característicos en la zona de estudio

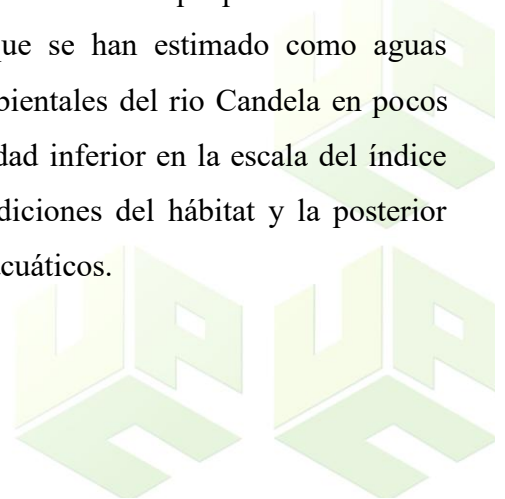
TEMPORADAS			ESTACIONES COMPARADAS		
			AGUAS ARRIBA Vs, AGUAS ABAJO		
TAXONES	SEQUIA	LLUVIA	CRITERIOS ARROJADOS	SEQUIA	LLUVIA
			VLR. DEL INDICE	0,692	0,5
COMUNES	8	3	CLASIFICACION	ALTA	MODERADA
SOLO AGUAS ARRIB	0	0	RANGO	0,6 - 0,8	0,4 - 0,5
SOLO AGUAS ABAJO	1	2	COLOR	NARANJA	AMARILLO

Fuente: Tomado de Herrera & Navarro (2019), adaptado por las autoras 2021

Por lo anterior, los cálculos de este índice demostraron que, hubo una moderada diferencia de las comunidades de macroinvertebrados dulceacuícolas entre los sitios de

muestreo correspondientes a aguas arriba y aguas abajo que fueron monitoreados durante las dos temporadas de sequía y lluvia. Al igual se destaca que, durante la temporada de sequía se evidenció una alteración de presencia – ausencia de taxones, pasando de cero familias en aguas arriba a 1 familia en aguas abajo. Ante ello, se logró evidenciar que, en la temporada de lluvia hubo un impacto moderado en el ecosistema acuático por parte vertimiento de aguas domésticas. Pero, además hubo alteración en la presencia – ausencia de taxones durante la temporada de lluvias, se debe de considerar el impacto que influye la zona del vertimiento de las aguas domesticas en la comunidad de macroinvertebrados. Este impacto pudo tener fundamento posiblemente, por las situaciones de carácter antrópico que se desarrollan en el rio Candela tales como: actividades agrícolas y pecuarias, uso inadecuado del suelo, cambios en la características hidromorfológicas (caudal, velocidad, propiedades fisicoquímicas) de los tramos estudiados, disposición inadecuada de residuos sólidos en el cauce del río; influyen en la calidad ambiental del agua y a su vez, en los hábitats y ecosistemas de las diferentes comunidades biológicas, en especial, los macroinvertebrados acuáticos.

Teniendo en cuenta los resultados dados de este índice para las dos temporadas de muestreo se pudo concluir que, de continuar incrementando la no implementación de controles ambientales a las actividades antrópicas (extensión de actividades agrícolas) que promueven el aumento de la contaminación, reflejado en los cambios que podrían existir en las variables fisicoquímicas, el índice BMWP/COL que se han estimado como aguas regulares, se verá aún más afectada las condiciones ambientales del rio Candela en pocos años, es decir, puede llegar a recategorizarse a una calidad inferior en la escala del índice mencionado debido a la pérdida o cambios en las condiciones del hábitat y la posterior disminución de la biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos.





### *Índice de contaminación trófico (ICOTRO)*

El índice ICOTRO se fundamentó en la concentración de fósforo total en mg/l. dentro del contexto general; el fósforo es importante en los procesos vitales para el microbiota acuático, en especial para las algas. Esto se debe a que, el fósforo es la principal fuente de alimento y de crecimiento de las mismas. Por lo anterior, se deduce que, ante una alta concentración de fósforo en un cuerpo hídrico superficial, mayor será el aumento del crecimiento del microbiota disponible (en especial las algas), lo que origina que, el sistema acuático se eutrofice; es decir, con la presencia de este microbiota restringe el paso de la luz y la aireación en la profundidad de las aguas, provocando que, el ambiente acuático se convierta en anóxico o anaeróbico. Según autores como Ramírez et al., (1997), este indicador de calidad de agua, hace referencia a que solo el fósforo es la causa de la eutrofización.

### *ICOTRO para la temporada de sequía*

Los resultados obtenidos de los fosfatos totales para la temporada de sequía demostraron que, existió una alta concentración de este nutriente para los tres tramos de muestreo con valores de: 0,218mg/l en aguas arriba, 0,709 mg/l en el vertimiento y 0,467 mg/l para aguas abajo. Estos resultados permitieron determinar la calidad del agua utilizando la escala del índice ICOTRO (Ramírez, Restrepo, & Viña, Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación., 1997). A partir de la escala este índice, la calidad del agua en los tramos de muestreo fue eutrofia, es decir, un fenómeno que se genera cuando en un cuerpo de agua se presenta un exceso en la cantidad de nutrientes, este fenómeno genera que se incremente de manera descontrolada la existencia de plantas y organismos que al morir disminuyen la calidad del agua.



ICOTRO para la temporada de lluvia

Los resultados de la variable de fósforo totales para la temporada de lluvia demostraron que, al igual que en la temporada de sequía, existió una alta concentración de este nutriente para los tres tramos de muestreo con valores de: 0,075 mg/l en aguas arriba, 0,118 mg/l en el vertimiento y 0,075mg/l para aguas abajo. Cabe destacar que los valores del índice en esta temporada fueron menores que en la temporada de sequía. Al igual que en la temporada de sequía, la calidad de agua que se obtuvieron en los tramos de monitoreos durante la temporada de lluvias fue eutrofia según la escala del índice ICOTRO (Ramírez, Restrepo, & Viña, Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación., 1997)

En la siguiente tabla se muestran los resultados de fósforo total en los tres tramos de estudio y en las dos temporadas climáticas.

*Tabla 17. Resultados ICOTRO para los tramos de estudio en ambas temporadas*

SITIOS DE MUESTREO		AGUAS ARRIBA	VERTIMIENTO	AGUAS ABAJO
TEMPORADA DE SEQUIA	FOSFORO TOTAL (mg/L)	0,218	0,709	0,467
	ICOTRO	AGUAS EUTROFICAS	AGUAS EUTROFICAS	AGUAS EUTROFICAS
TEMPORADA DE LLUVIA	FOSFORO TOTAL (mg/L)	0,075	0,118	0,075
	ICOTRO	AGUAS ESUTROFICAS	AGUAS EUTROFICAS	AGUAS EUTROFICAS
RANGO ICOTRO	OLIGOTROFICAS	MESOTROFICA	EUTROFIA	HIPERTROFICA
	<0,01	0,01-0,02	0,02-1,00	>1,00

**Fuente: Autores, 2021**

### Índice de contaminación por sólidos suspendidos ICOSUS

#### Índice de ICOSUS para temporada de sequía

Para la temporada de sequía, el índice de contaminación por sólidos suspendidos ICOSUS, reporto valores bajos en todas las estaciones de monitoreo. Esto presume que la concentración de partículas sólidas orgánicas o inorgánicas, que se mantuvieron en las aguas de la zona de estudio estuvieron en límites normales según los valores típicos de buena calidad para aguas continentales neotropicales (Herrera & Navarro, 2019, Ob.cit).

Para los tramos de Aguas arriba, Vertimiento y Aguas abajo los valores del índice fueron: 0 – 0,036 – 0 respectivamente. Por lo anterior, se infirió que hubo un bajo grado de contaminación por sólidos suspendidos en estas estaciones y el color indicativo de calidad fue azul. A continuación, se muestran los gráficos del índice ICOSUS para los tres tramos estudiados en temporada de sequía, arrojados por el software ICATest v1.0

Ilustración 22. Resultados del índice ICOSUS para el tramo de aguas arriba temporada de sequía



Fuente: Icatest v1.0, 2021

Ilustración 23. Resultados del índice ICOSUS para el tramo de vertimiento temporada de sequía



Fuente: Icatetest v1.0, 2021

Ilustración 24. Resultados del índice ICOSUS para el tramo de aguas abajo temporada de sequía



Fuente: Icatetest v1.0, 2021



En la siguiente tabla, se muestran los valores del ICOSUS para los tres tramos y los valores promedio la variable que conforma este índice en temporada de sequía.

Tabla 18.Resultado ICOSUS para los tramos de estudio en temporada de sequía

<b>ICATest versión 1.0: RESULTADO ICOSUS PARA LOS TRES TRAMOS DE ESTUDIO</b>			
<b>TEMPORADA DE SEQUÍA</b>			
<b>SITIOS DE MUESTREO</b>	<b>AGUAS ARRIBA</b>	<b>VERTIMIENTO</b>	<b>AGUAS ABAJO</b>
<b>VALOR DEL INDICE</b>	0	0,036	0
<b>GRADO DE CONTAMINACIÓN</b>	Ninguno	Ninguno	Ninguno
<b>RANGO</b>	0 - 0,2	0 - 0,2	0 - 0,2
<b>COLOR</b>	<b>AZUL</b>	<b>AZUL</b>	<b>AZUL</b>

Fuente: Autores, 2021

### ICOSUS para la temporada de lluvia

El índice ICOSUS, en temporada de lluvia, reportó valores bajos igual que en la temporada de sequía. Que lo ubica dentro del rango que categorizó los tres tramos como ninguna contaminación por sólidos suspendidos. Donde el aumento de caudal, velocidad del río, escorrentía superficial no fueron factores influyentes en los resultados hallados. En Aguas arriba el valor del índice fue de 0; Vertimiento 0 y Aguas abajo de 0. El color que representó estos resultados es azul (buena calidad de agua para el índice).

A continuación, se muestran los gráficos del índice ICOSUS para los tres tramos estudiados en temporada de lluvias, arrojados por el software ICATest v1.0

*Ilustración 25. Resultados del índice ICOSUS para el tramo de aguas arriba temporada de lluvia*



**Fuente: Icatetest v1.0, 2021**

*Ilustración 26. Resultados del índice ICOSUS para el tramo de vertimiento temporada de lluvia*



**Fuente: Icatetest v1.0, 2021**

Ilustración 27. Resultados del índice ICOSUS para el tramo de aguas abajo temporada de lluvia



ICATEST v1.0  
**HO ICATEST v1.0**  
Una Herramienta para la Valoración de la Calidad del Agua

Menú principal Historial Ayuda Acerca de... Salir

Guardar archivo  
Cargar archivo  
Exportar reporte  
Agregar a Historial  
Salvar Gráfica

Indice de Contaminación por Sólidos Suspendedos, Colombia

Hoja de cálculo para el índice de Contaminación por Sólidos Suspendedos

Fecha y Hora: 21/10/2021 16:17:48  
Lugar: RIO CANDELA  
Analista: YOENS CASTRO & CAROLINA ANGULO

Parámetro:	Resultados
Sólidos Totales	5,8 (mg/L)

Calcular Restaurar

ICATEST v1.0  
Representación Gráfica de la Calidad del Agua

**Resultados**

Número de parámetros: 1  
Valor del índice: 0  
Clasificación: Ninguno  
Rango: 0 - 0,2  
Escala de color: Azul

**Escala de Color**

Ninguno	0 - 0,2	<span style="color: blue;">■</span>
Bajo	0,2 - 0,4	<span style="color: green;">■</span>
Medio	0,4 - 0,6	<span style="color: yellow;">■</span>
Alto	0,6 - 0,8	<span style="color: orange;">■</span>
Muy Alto	0,8 - 1	<span style="color: red;">■</span>

Fuente: Icatetest v1.0, 2021

En la siguiente tabla, se muestran los valores del ICOSUS para los tres tramos y los valores promedio la variable que conforma este índice en temporada de sequía.

Tabla 19. Resultado ICOSUS para los tramos de estudio en temporada de lluvia

ICATEST versión 1.0: RESULTADO ICOSUS PARA LOS TRES TRAMOS DE ESTUDIO			
TEMPORADA DE LLUVIA			
SITIOS DE MUESTREO	AGUAS ARRIBA	VERTIMIENTO	AGUAS ABAJO
VALOR DEL INDICE	0	0	0
GRADO DE CONTAMINACIÓN	Ninguno	Ninguno	Ninguno
RANGO	0 - 0,2	0 - 0,2	0 - 0,2
COLOR	AZUL	AZUL	AZUL



### *Índice por mineralización (ICOMI)*

Los resultados obtenidos para los parámetros contenidos en el índice de contaminación por mineralización ICOMI durante las temporadas de sequía y lluvias para cada tramo de estudio, fueron los descritos a continuación.

#### *ICOMI para la temporada de sequía.*

Los resultados del índice ICOMI y las variables que la conforman, para la temporada de sequía en los tres tramos del muestreo (Aguas arriba, Vertimiento y Aguas abajo) presentó valores variables entre sí, para el primer tramo se asignó el color azul que significo ausencia de contaminación, para el segundo y tercer tramo como era de esperarse se asignó el color naranja para una contaminación alta debido a los vertimientos de aguas domesticas realizadas en el segundo tramo.

Por consiguiente, se logró establecer que, durante la temporada de sequía, el índice de contaminación ICOMI calculado en la zona de estudio indicó que: la calidad del agua es muy buena o sin ningún grado de contaminación aguas arriba pero después del punto de vertimiento el agua no es de buena calidad debido a este. A continuación, se muestran los gráficos del índice ICOMI para los tres tramos estudiados en temporada de sequía arrojados por el software ICATest 1.0.

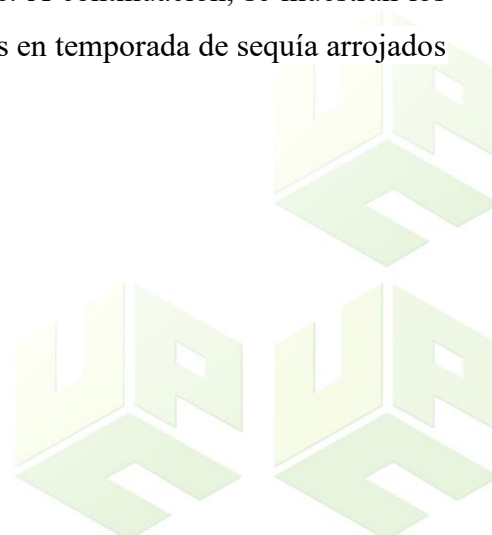
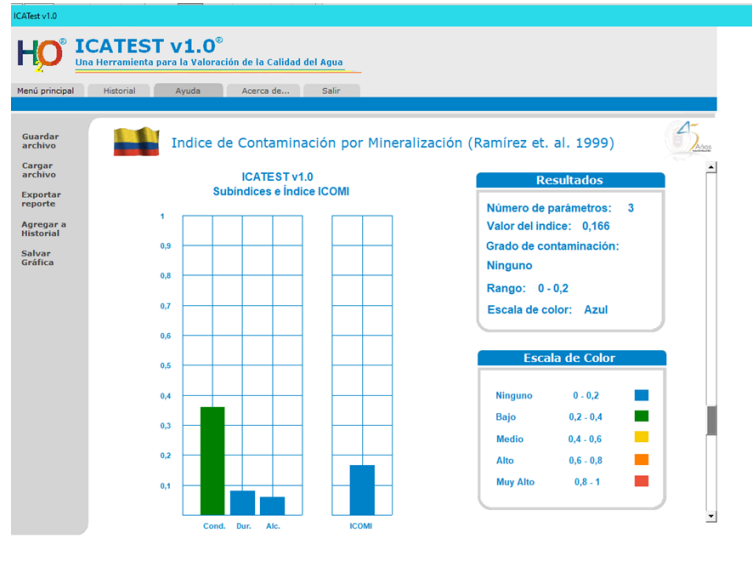
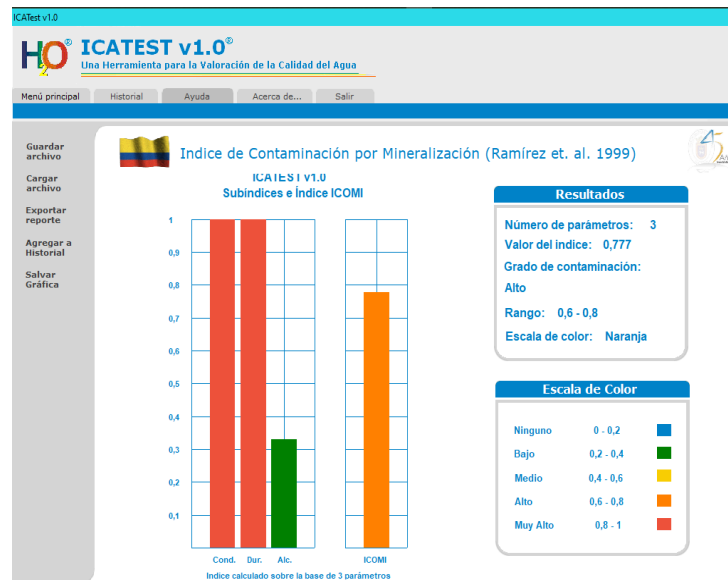


Ilustración 28. Resultados del índice ICOMI para el tramo de aguas arriba temporada de sequía



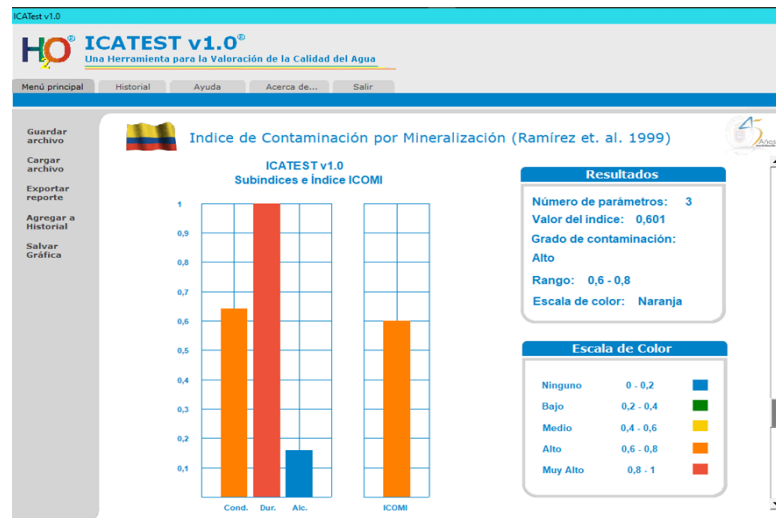
Fuente: Icatetest v1.0, 2021

Ilustración 29. Resultados del índice ICOMI para el tramo de vertimiento temporada de sequía



Fuente: Icatetest v1.0, 2021

Ilustración 30. Resultados del índice ICOMI para el tramo de aguas abajo temporada de sequía



Fuente: Icatest v1.0, 2021

La siguiente tabla contiene los resultados de los tres tramos de estudio para el ICOMI y los parámetros que lo conforma (Conductividad, Dureza y Alcalinidad) estimado en la temporada de sequía.

Tabla 20. Resultado ICOMI para los tramos de estudio en temporada de sequía

ICATest versión 1.0: RESULTADOS ICOMI PARA LOS TRES TRAMOS DE ESTUDIO			
TEMPORADA DE SEQUÍA			
SITIOS DE MUESTREO	Aguas arriba	Vertimiento	Aguas abajo
VALOR DEL INDICE	0,166	0,777	0,601
GRADO DE CONTAMINACIÓN	Ninguno	Alto	Alto
RANGO	0 – 0,2	0,6 – 0,8	0,6 – 0,8
COLOR	Azul	Naranja	Naranja

Fuente: Autores de proyecto, 2021

ICOMI para la temporada de lluvia

Los resultados obtenidos para el índice ICOMI calculado durante la temporada de lluvia en los tres tramos ya mencionados fueron 0,201, 0,667 y 0,226 respectivamente. Por tanto, se concluyó hay contaminación por mineralización bajo los efectos de la conductividad – alcalinidad – dureza en el tramo 3, y la calidad establecida según la escala del índice descrita en la metodología que señala que: el grado de contaminación es bajo en los tramos 1 y 3.

Por tanto, los resultados anteriores muestran similitud en el grado de contaminación reportado a través del índice ICOMI en las temporadas de sequía y lluvia para el tramo 2, evidenciando que hay contaminación por mineralización debido a las altas concentraciones para los parámetros, resultado del vertimiento de agua residual doméstica. Se evidencio que para la temporada de lluvia el río Candela tiene mayor capacidad de disolver tanto cationes como aniones, lo cual se ve reflejado en la cantidad de solidos disueltos que se pueden presenciar, lo que puede incrementar o disminuir el resultado final del índice de contaminación por mineralización del río. (Montero & Ramírez, repository.usta.edu.co, 2018). A continuación, se muestran los gráficos del índice ICOMI para los tres tramos estudiados en temporada de lluvias arrojados por el software ICATest v1.0

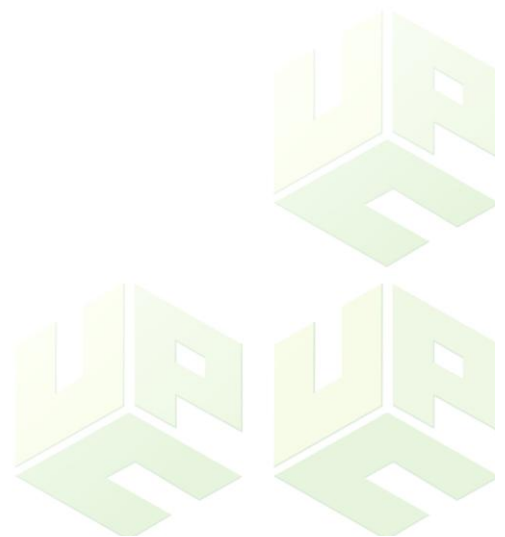
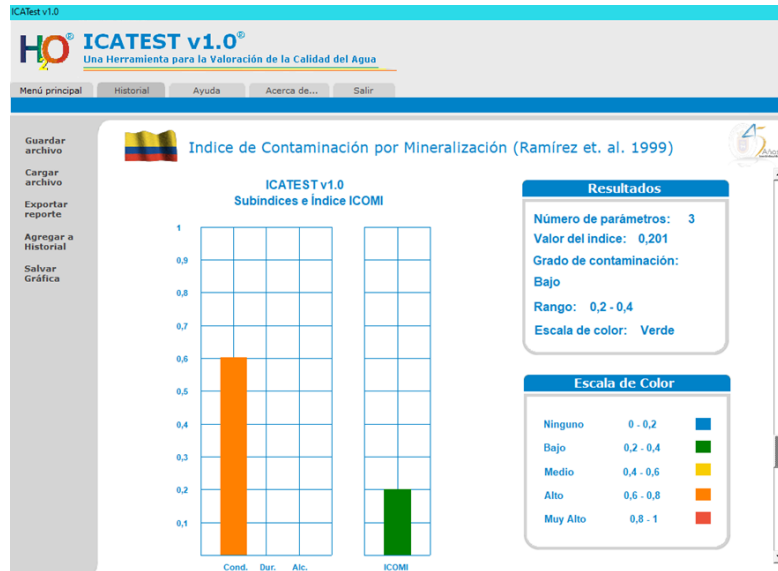
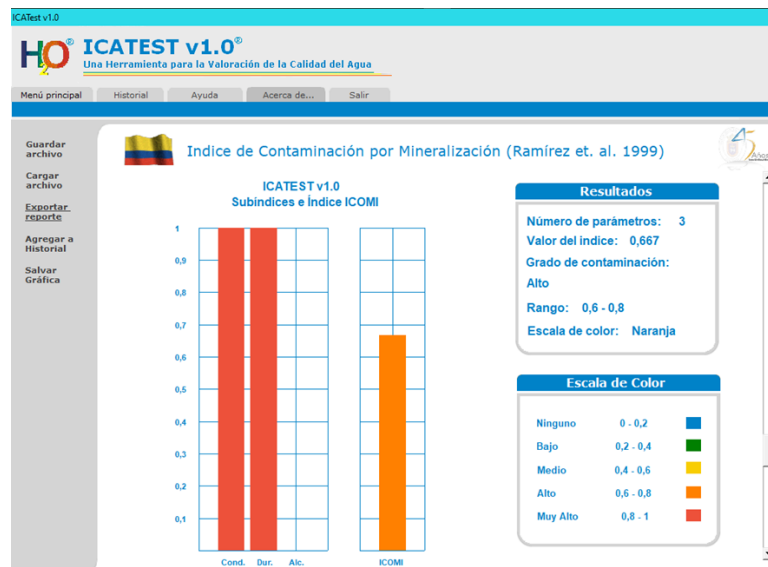


Ilustración 31. Resultados del índice ICOMI para el tramo de aguas arriba temporada de lluvia



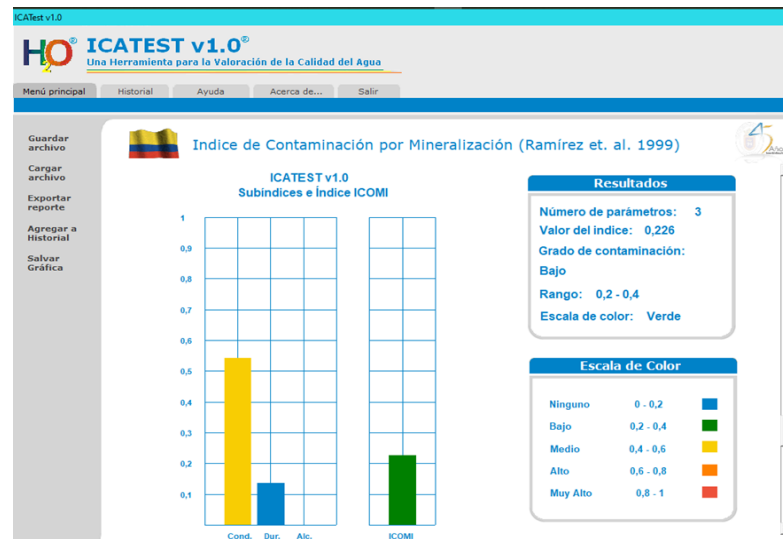
Fuente: Icatetest v1.0, 2021

Ilustración 32. Resultados del índice ICOMI para el tramo de vertimiento temporada de lluvia



Fuente: Icatetest v1.0, 2021

Ilustración 33. Resultados del índice ICOMI para el tramo de aguas abajo temporada de lluvia



Fuente: Icatetest v1.0, 2021

La siguiente tabla contiene el reporte de los tres tramos de estudio para el ICOMI y los parámetros que lo conforma (Conductividad, Dureza y Alcalinidad) estimado en la temporada de lluvia.

Tabla 21. Resultado ICOMI para los tramos de estudio en temporada de lluvia

ICATest versión 1.0: RESULTADO ICOMI PARA LOS TRES TRAMOS DE ESTUDIO			
TEMPORADA DE SEQUÍA			
SITIOS DE MUESTREO	Aguas arriba	Vertimiento	Aguas abajo
VALOR DEL INDICE	0,201	0,667	0,226
GRADO DE CONTAMINACIÓN	Bajo	Alto	Bajo
RANGO	0,2 – 0,4	0,6 – 0,8	0,2 – 0,4
COLOR	Verde	Naranja	Verde

Fuente; Autores del proyecto, 2021



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

A continuación, se describen los resultados obtenidos para los parámetros contenidos en el ICOMO (porcentaje de saturación de oxígeno, DBO y Coliformes Totales) durante las temporadas de sequía y lluvias; y, por último, los resultados arrojados por la aplicación ICATEST v1.0 por cada temporada y en cada tramo de estudio.

**ICOMO para la temporada de sequía.**

Al determinar los valores del índice ICOMO sus resultados fueron los siguientes: 0,117 para aguas arriba, 0,572 para el vertimiento y 0,234 para aguas abajo durante la temporada de sequía. Estos valores significaron que: para el tramo 1 el grado de contaminación fue ninguno con un rango entre 0 – 0,2 que se correlaciona con el color azul como indicador de muy buena calidad.

El grado de contaminación del índice ICOMO fue medio, con un rango entre 0,4 – 0,6 para el tramo 2 lo que indica que el riesgo de contaminación de estas aguas por materia orgánica, microorganismos y baja concentración de oxígeno disuelto suele ser media en este punto debido al incremento de los valores de los coliformes fecales.

A continuación, se muestran los gráficos del índice ICOMO para los tres tramos estudiados en la temporada de sequía, arrojados por el software ICATest v1.0

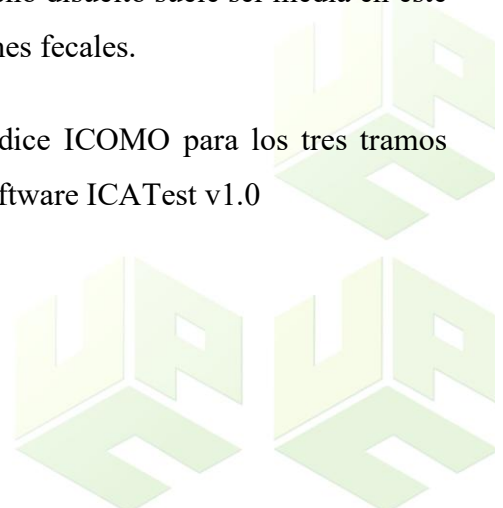
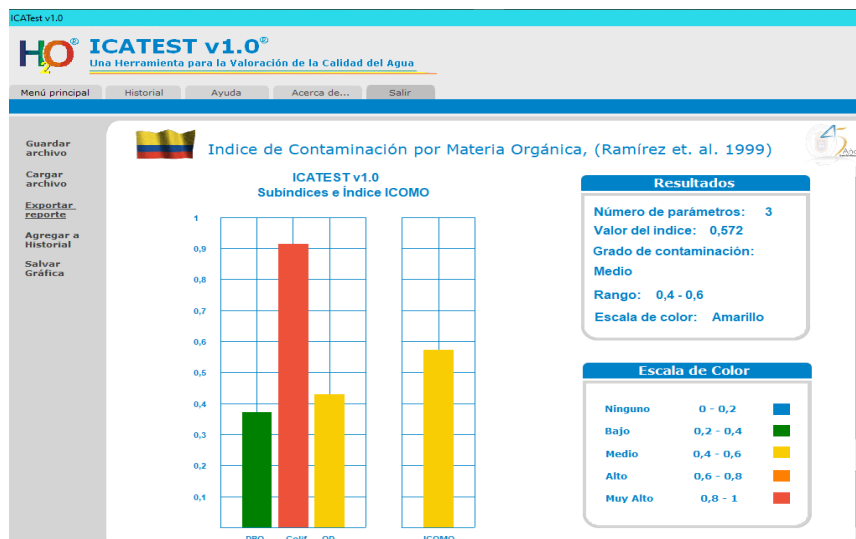


Ilustración 34. Resultados del índice ICOMO para el tramo de aguas arriba temporada de sequía



Fuente: Icatetest v1.0, 2021

Ilustración 35. Resultados del índice ICOMO para el tramo de vertimiento temporada de sequía



Fuente: Icatetest v1.0, 2021

Ilustración 36. Resultados del índice ICOMO para el tramo de aguas abajo temporada de sequía



Fuente: Icatest v1.0, 2021

En la tabla siguiente tabla se muestran los valores del ICOMO para los tres tramos y los valores promedio de cada variable que conforman este índice, en temporada de sequía.

Tabla 22.Resultado ICOMO para los tramos de estudio en temporada de lluvia

ICATest versión 1.0: RESULTADO ICOMO PARA LOS TRES TRAMOS DE ESTUDIO			
TEMPORADA DE SEQUÍA			
SITIOS DE MUESTREO	Aguas arriba	Vertimiento	Aguas abajo
VALOR DEL INDICE	0,117	0,572	0,234
GRADO DE CONTAMINACIÓN	Ninguno	Medio	Bajo
RANGO	0 – 0,2	0,4 – 0,6	0,2 – 0,4
COLOR	Azul	Amarrillo	Verde

Fuente: Autores, 2021

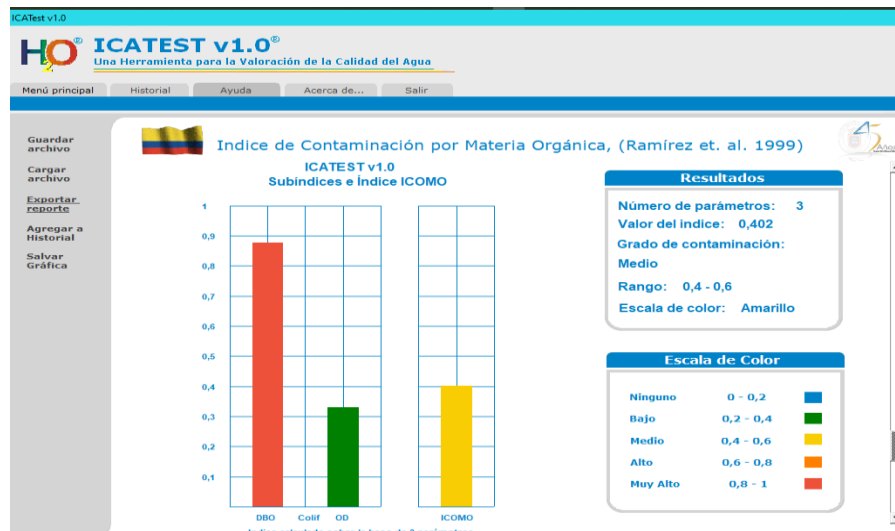
*ICOMO para la temporada de lluvia*

En el resultado obtenido para el ICOMO de los tres tramos de monitoreo fueron los siguientes: 0,402 para aguas arriba, 0,702 para el vertimiento y 0,598 para aguas abajo durante la temporada de lluvia. Estos valores significaron que: para aguas arriba el grado de contaminación fue medio con un rango entre 0,4 – 0,6 que se correlaciona con el color amarillo como indicador de calidad regular, para el vertimiento el grado de contaminación fue alto con un rango entre 0,6 – 0,8 que se correlaciona con el color naranja como indicador de mala calidad, y para aguas abajo el grado de contaminación fue medio con un rango de 0,4 – 0,6 que se correlaciona con el color amarillo como indicador de calidad regular.

A partir de los resultados obtenidos del índice ICOMO, se pudo concluir que, la calidad de agua durante la temporada de lluvia en los tramos de aguas arriba y aguas abajo fue regular o con un grado de contaminación medio; mientras que, en la zona de vertimiento, la calidad del agua resultó ser mala o grado de contaminación alto, asociado al aumento de la concentración DBO y disminución del porcentaje de oxígeno disuelto. Estos cambios de las calidades de agua con relación a la temporada de sequía se debieron principalmente al aumento de la población microbiana reflejada en los coliformes fecales. Pero se destaca que, en la zona de aguas abajo se mantuvo su condición de grado de contaminación medio, donde se puede evidenciar que el río tiene una capacidad de depuradora después de los vertimientos de aguas residuales domésticas.

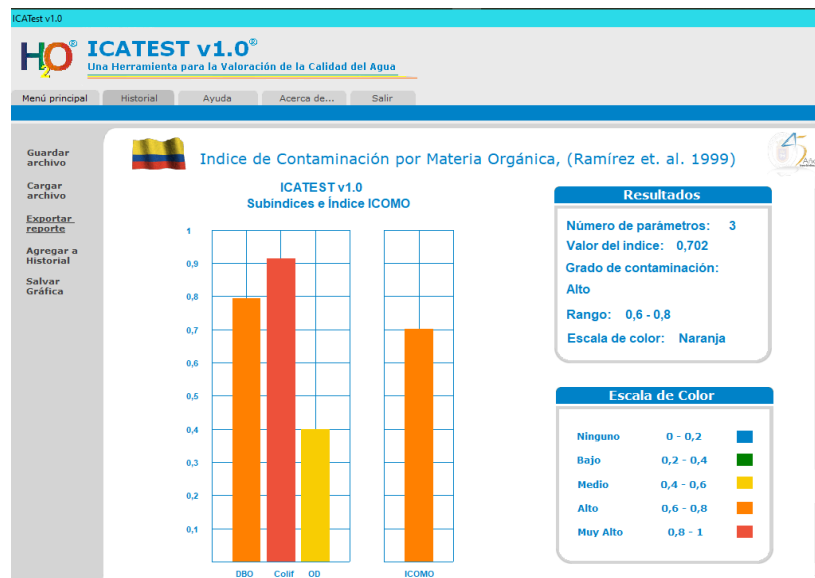
A continuación, se muestran los gráficos del índice ICOMO para los tres tramos estudiados en temporada de lluvias, arrojados por el software ICATest v1.0

Ilustración 37. Resultados del índice ICOMO para el tramo de aguas arriba temporada de lluvia



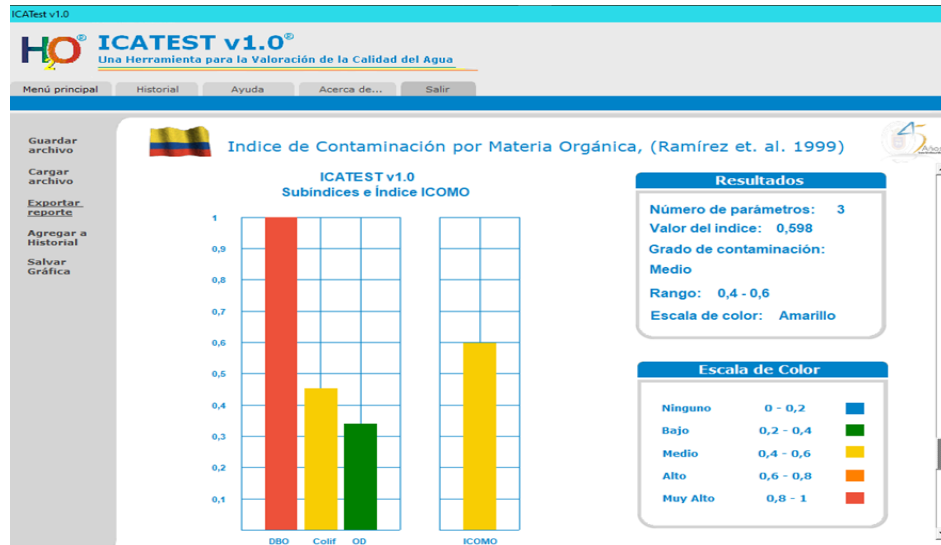
Fuente: Icatetest v1.0, 2021

Ilustración 38. Resultados del índice ICOMO para el tramo de vertimiento temporada de lluvia



Fuente: Icatetest v1.0, 2021

Ilustración 39 Resultados del índice ICOMO para el tramo de aguas abajo temporada de lluvia



Fuente: Icatest v1.0, 2021

En la tabla siguiente tabla se muestran los valores del ICOMO para los tres tramos y los valores promedio de cada variable que conforman este índice, en temporada de sequía.

Tabla 23. Resultado ICOMO para los tramos de estudio en temporada de lluvia

ICATEST versión 1.0: RESULTADO ICOMO PARA LOS TRES TRAMOS DE ESTUDIO			
TEMPORADA DE SEQUÍA			
SITIOS DE MUESTREO	Aguas arriba	Vertimiento	Aguas abajo
VALOR DEL INDICE	0,402	0,702	0,598
GRADO DE CONTAMINACIÓN	Medio	Alto	Medio
RANGO	0,4– 0,6	0,6 – 0,8	0,4 – 0,6
COLOR	Amarrillo	Naranja	Amarrillo

Fuente: Autores, 2021

#### 7.2.4 Resultado final del índice de contaminación ICO en la zona de estudio.

En la siguiente tabla, se presentan en contexto general los resultados arrojados por cada uno de los indicadores ICO a través de la aplicación ICATEST versión 1.0

Tabla 24. Compendio de resultados de índice de contaminación ICO a partir de parámetros analizados en ambas temporadas.

Evaluación índice de contaminación ICO							
TRAMO	TEMPORADA	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOTRO	ICOBIO	PROMEDIO
AGUAS ARRIBA	SEQUIA	0,166	0,117	0	0,218	0,692	0,2386
	INVIERNO	0,201	0,402	0	0,075	0,5	0,2386
VERTIMIENTO	SEQUIA	0,777	0,572	0,036	0,709		0,3717
	INVIERNO	0,667	0,702	0	0,118		0,5235
AGUAS ABAJO	SEQUIA	0,601	0,234	0	0,467	0,692	0,2798
	INVIERNO	0,226	0,598	0	0,075	0,5	0,398

Fuente: Autores, 2021

Finalmente, al tener el conglomerado general de los resultados obtenidos de cada uno de los índices de contaminación ICO con sus variables físico químicas y microbiológicas determinadas se analizó que, los tramos de muestreo del río Candela durante la temporada seca obtuvieron un grado de contaminación bajo, es decir, las aguas presentan una calidad adecuada con un porcentaje mínimo de contaminación, a excepción del punto del vertimiento donde el grado de contaminación fue medio esto debido a los vertimientos realizados en este punto. Este resultado se vio reflejado en los datos determinados de los índices ICOSUS – ICOMO e ICOBIO que presentaron un grado de contaminación en su secuencia bajo – ninguno y moderado. El aumento de los valores de estos índices durante la temporada de lluvia estuvo relacionada en el caso de ICOMO, al aumento de los coliformes fecales que superaron los valores de 2000NPM/100ml debido a los vertimientos producto de las actividades antrópicas realizadas en las zonas ribereñas que posibilitaron a que esta población



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



bacteriana aparecieran en el cauce del río por efecto de la escorrentía superficial de la ribera, pero su calidad fue baja debido a que las condiciones de velocidad de la corriente – la temperatura del agua y la disponibilidad de Oxígeno disuelto fueron factores determinantes para el mejoramiento de la calidad del agua según explica Roldán (1996) y Domínguez & Fernández (2009).

A partir de los resultados anteriores, se puede concluir que el río Candela efectivamente tiene una capacidad depuradora después de la carga contaminante recibida por los vertimientos de aguas residuales domésticas y las diferentes acciones antropogénicas, esto evidenciado en que después del tramo de vertimiento el grado de contaminación del agua es bajo según los índices ICO. Por ello, es necesario avanzar en investigaciones, donde se incluyan monitoreos físicos – químicos y biológicos complementarios y periódicos que permitan diseñar y aplicar planes de manejo y conservación de la calidad del agua, la biodiversidad de macroinvertebrados y de la biota acuática en general presentes en los sistemas lóticos de esta región de Colombia y a su vez conocer la calidad ambiental del tramo de estudio del río Candela que es de gran valor ecológico y cultural para la región.





## 7.2 Evaluación la eficiencia de la autodepuración del Rio Candela en Atánquez-Cesar mediante el modelo matemático de Streeter y Phelps.

### 7.2.2 Aplicación del modelo de Street y Phelps

#### TEMPORADA DE SEQUIA

Tabla 25.Registro de parámetros hidráulicos y de calidad del agua en los tramos del río Candela en la temporada de sequía.

<i>PARÁMETRO</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>ESTACIÓN AGUAS ARRIBA</i>	<i>ESTACIÓN AGUAS ABAJO</i>
DBO	mg/l	21	65
OD	mg/l	5.16	5.09
OD%	%	67	66
V	m/s	0.18	0.16
A	m <sup>2</sup>	1.025	2.201
Q	m <sup>3</sup> /s	0.18	0.35
H	m	0,41	0,31
T	°C	26,6	26,1

Fuente: Autores, 2021

#### TEMPORADA DE LLUVIA





Tabla 26. Registro de parámetros hidráulicos y de calidad del agua en los tramos del río Candela en la temporada de lluvia

**Fuente: Autores, 2021**

Los resultados del modelo de Streeter y Phelps se resumen en la tabla 28, a partir de dichos resultados se obtiene el comportamiento de OD y DBO5 durante el recorrido propuesto por el análisis en el río Candela.

**Tabla 27.de resultados del modelo matemático Streeter Phelps**

Temporada	OD(MG/L)	OS(MG/L)	D(MG/L)	DC(MG/L)	T(c) s
SEQUIA	4,39	9,39	5,05	- 1,56x10 <sup>-3</sup>	3,02
INVIERNO	5,16	9,41	4,23	- 2,40x10 <sup>-3</sup>	3,26

**Fuente: Autores, 2021**

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN AGUAS ARRIBA	ESTACIÓN AGUAS ABAJO
DBO	mg/l	0.9	4
OD	mg/l	5.01	5.16
OD%	%	65%	67%
V	m/s	0.15	0.14
A	m <sup>2</sup>	0.7272	1.674
Q	m <sup>3</sup> /s	0,109	0,23
H	m	0.36	0,27
T	°C	27,5	27,4

**OD:** Oxígeno disuelto en el río aguas debajo de la descarga

**OS:** Saturación de Oxígeno disuelto

**D:** Déficit de oxígeno disuelto

**DC:** Déficit máximo de oxígeno

**T(c):** tiempo en que se da el Dc

Para la determinación del caudal ecológico del Río Candela, se tomaron en cuenta los registros hidrométricos calculados por los autores del proyecto en los periodos de lluvia y sequía basándose en el manual piragüero de medición de caudal en los periodos de lluvia y sequía, Los valores de DBO variaron desde 0.9 mg /L a 65 mg/L; el oxígeno disuelto entre 4.39 y 5.16 mg/L, esto implica afectación para el desarrollo de la vida acuática en el río. Las medidas de tendencia central presentaron una diferencia considerable entre las estaciones de monitoreo, se concluye que los valores centrales no son representativos de la distribución, lo cual es consistente, ya que los datos de DBO corresponden a 3 sitios de muestreo de cargas muy variables.

Este modelo permitió definir la interpretación y predicción de la respuesta del río cuando en él ingresa una carga contaminante. El primer componente estableció la cantidad de masa que debe ser removida, la diferencia entre las concentraciones delimita el exceso del parámetro en análisis que genera la polución y el caudal el flujo que presenta el cauce. El segundo término, presenta la constante de reacción, por ende, este corresponde a la capacidad de remoción de ese parámetro en función de la longitud del tramo, es decir, a mayor longitud, mayor remoción del parámetro, de tal forma que cumpla con el objetivo de calidad. La metodología de aforo consistió en la medida de la lámina de agua mediante el uso de un metro lo cual arrojó una altura de 0.41 m, medida la cual permite realizar la calibración del modelo hidráulico, posterior a esto utilizamos un método simple para la medición de la velocidad usando pequeñas bolas de icopor a una distancia de 4,60 m un punto del otro. La velocidad que nos arroja el cálculo que se realizó según la guía de medición de caudal.

La autodepuración de las aguas es un conjunto de fenómenos físicos, químicos y biológicos, que tienen lugar en el curso del agua de modo natural y que provocan la destrucción de materias extrañas incorporadas al flujo. Éstas son, principalmente, bacterias

aerobias, que consumen materia orgánica con ayuda del oxígeno disuelto en el agua. (CHAPARRO VELEZ, 2020)

Al comparar los resultados obtenidos en el modelo matemático con respecto a la capacidad depuradora que presenta el río Candela en las diferentes temporadas obtuvimos una autodepuración con más eficiencia en la temporada de lluvia siendo esta 4,23 Mg/L, esto se debió al mayor caudal que facilita una mejor aireación del afluente.

## **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Una vez finalizado el estudio realizado en el cuerpo de agua del río Candela de Atánquez Cesar, se evidenció que:

- El índice BMWP/COL, indicó aguas poco contaminadas. Ya que se encontraron familias dominantes en abundancia en los tramos estudiados las cuales presentan una puntuación alta según los criterios del índice, a razón de su alta sensibilidad a ciertos niveles de contaminación en el agua, como lo fueron Gerridae, Velidae y Calopterygidae en la temporada de sequía y Gerridae y Velidae en la temporada de lluvia.
- En la recolección e identificación de macroinvertebrados encontramos mayor abundancia de estos en la temporada de sequía, con un total de especímenes de 289, debido a las condiciones físicas de algunos macroinvertebrados que tienen la facilidad de adaptarse al entorno acuático, terrestre y a las condiciones climáticas ofrecidas por el ecosistema del río Candela.
- Los resultados del modelo Streeter y Phelps obtenidos a partir del comportamiento OD y DBO5 durante el recorrido propuesto por el análisis en el río Candela, indicaron

que el río cuenta con una mayor eficiencia de depuración en la época lluviosa con un valor obtenido de 4,23 mg/L, esto debido a que se presenta una mayor aireación del afluente por el aumento del caudal en dicha temporada.

- En los índices de contaminación ICO con sus variables físico químicas y microbiológicas determinadas se obtuvieron que, los tramos de muestreo del río Candela durante la temporada seca obtuvieron un grado de contaminación bajo, es decir, las aguas presentan una calidad adecuada con un porcentaje mínimo de contaminación, a excepción del punto del vertimiento donde el grado de contaminación fue medio esto debido a los vertimientos realizados en este punto. El aumento de los valores de estos índices durante la temporada de lluvia estuvo relacionada en el caso de ICOMO, al aumento de los coliformes fecales que superaron los valores de 2000NPM/100ml debido a los vertimientos en las zonas ribereñas que posibilitaron a que esta población bacteriana apareciera en el cauce del río por efecto de la escorrentía superficial de la ribera, pero su calidad fue baja debido a que las condiciones de velocidad de la corriente – la temperatura del agua y la disponibilidad de Oxígeno disuelto fueron factores determinantes para el mejoramiento de la calidad del agua según explica Roldán (1996) y Domínguez & Fernández (2009).

Se recomienda:

- Implementar estaciones de monitoreo permanente en el cuerpo de agua del río Candela en Atánquez, Cesar. Con el fin de llevar un registro de las variaciones de los parámetros físico químicos del cuerpo de agua en las diferentes temporadas del año.
- Evaluar la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la población con el objetivo de prevenir el aumento de la contaminación en el cuerpo de agua del río Candela en Atánquez, Cesar.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alcaldía de Valledupar. (5 de junio de 2015). Acuerdo No. 011. Por el cual se aprueba el segundo PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL del Municipio de Valledupar, 2, 1, 411. (C. M. Valledupar, Ed.) Valledupar, Cesar, Colombia: Acta de resolución de Curaduría Municipal de Valledupar. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de <http://curaduria2valledupar.co/pdf/potva.pdf>.

Brown, K, M. (1991). Mollusca: Gastropoda, en: Thorp, J.H. y & Covich, A.P. (Eds.). Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, Academic Press, New York: 285-314.

Brusca, R.C. & Brusca, G.J. (2005) Invertebrados, 2da edición, Editor McGraw-Hill Interamericana de España S.L. 2da edición. ISBN 8448602463, 9788448602468.

Chaparro Vélez, S. (2020) DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE AUTODEPURACIÓN DE UN TRAMO DEL RIO TUNJUELO RESPECTO AL pH Y LA DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO).



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



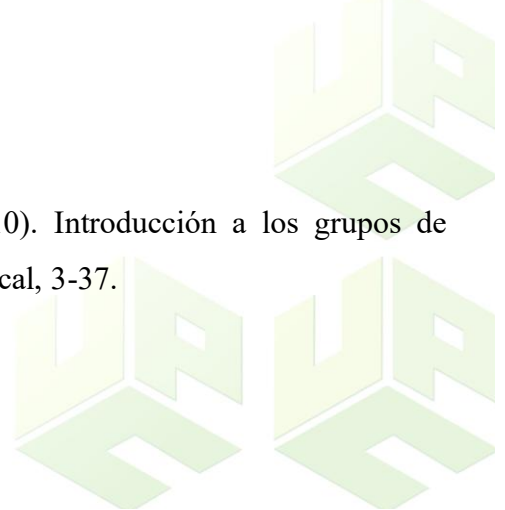
DOMÍNGUEZ, J.; BORROTO, J. & HERNÁNDEZ, A. Calibración de modelos matemáticos de calidad de agua para valorar el impacto de estrategias de saneamiento del río "Almendares". Revista CENIC. Ciencias Químicas. La Habana. 2005, vol. 36, no. 2. p. 98-105

Darigran, G., Vilches, A., Legarralde T & Damborenea, C, (2007) Guía para el estudio de macroinvertebrados.

Fernández, N., Ramos, G., & Solano, F. (2005). ICATEST V 1.0. Una herramienta Informática para el análisis y valoración de la calidad del Agua. Bistua. Universidad de Pamplona, 88 - 97.

González H. A., Crespo A.E., Acosta. C. R., Hampel H., 2018. Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del Cantón Cuenca. ETAPA EP. Cuenca. 156 pp.

Hanson, P., Springer, M., & Ramírez, A. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. Revista de Biología Tropical, 3-37.



Herrera Martínez, J & Navarro Sinnig, B. (2018). DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL CURSO HÍDRICO DEL BALNEARIO HURTADO – RÍO

GUATAPURÍ – A TRAVÉS DE LOS ÍNDICES BIOLÓGICOS BMWP/COL, ÍNDICE DE BOSQUE DE RIVERA (QBR), ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF) Y ANALISIS FISICOQUIMICOS, VALLEDUPAR-COLOMBIA.

IDEAM. (2006). MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS, DETERMINACIÓN TAXONOMICA - CONTEO. Bogotá: IDEAM.

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

IDEAM. (2010). Guía de Monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. En IDEAM, TOMA DE MUESTRAS (pág. 21). BOGOTA: IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2014). Métodos Analíticos de parámetros de agua. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/metodos-analiticos>.

Needham, G. & P. R. 1978. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces.  
Edit. Reverté.

Ocampo Zamora, A. (2013). EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA LA JARAMILLA, MUNICIPIO DE TEBAIDA, DEPARTAMENTO DE QUINDIO. ARMENIA: UNIVERSIDAD DE MANIZALES, FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ADMINISTRATIVAS Y ECONOMICAS.

Quintero Canoles, G. & Mejía Perez, E. (2018). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO MARACAS UBICADO EN EL MUNICIPIO DE BECERRIL - CESAR, IMPLEMENTANDO LOS ÍNDICES ICO E ICA PARA COLOMBIA.

Quiroz Fernandez, L & Izquierdo Kulich, E (2016) MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA CAPACIDAD DE AUTODEPURACIÓN DE CORRIENTES SUPERFICIALES. CASO DE ESTUDIO: RÍO PORTOVIEJO, ECUADOR

Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). CUATRO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES. FORMULACIONES Y APLICACIÓN. Ciencia, Tecnología y Futuro, 135 - 153.

Roldán P, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. Facultad de ciencias exactas y naturales. Centro de investigaciones CIEN.

Roldán P, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Ciencia y Tecnología. Universidad de Antioquia. Medellín., 170.

Roldán Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat., 254 - 274.

Roldán, G. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Medellín: Fondo FEN - Colombia. Bogotá, Colombia: Editorial Presencia Ltda.

Roldán, G. Z. (2014). Diversidad, conservación y uso de los macroinvertebrados dulceacuícolas de México, Centroamérica, Colombia, Cuba y Puerto Rico. (J. M. Perla Alonso-Eguális, Ed.) IMTA.



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



Sawyer, McCarty, & Parkin (2001) Química para Ingeniería Ambiental.

Sierra Ramírez, C. A. (2011). Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico.

Silva, L. A. (2015). Manual de Monitoreo de agua para investigación local. Bogotá:  
ARFO Editores e Impresores Ltda.

Structuralia. (2017). <https://blog.structuralia.com/como-se-produce-la-autodepuracion-de-los-rios>.



## **ANEXOS**

### **ANEXO A. COTIZACION DE PARAMETROS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS POR EL LABORATORIO AMBIENTAL NANCY FLOREZ S.A.**





<p>Laboratorios <b>Nancy Florez Garcia S.A.S.</b> Confiable a toda prueba Nº: 824.005.588-0</p>		<p>COTIZACIÓN Y CONDICIONES COMERCIALES</p> <p>LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCIA SAS</p>		<p>CODIGO RO - 202</p> <p>VERSTON 01</p> <p>FECHA 2018-07-23</p> <p>Página 2 de 5</p> <p>DOCUMENTO CONTROLADO</p>	
<b>COTIZACION N° 15912V1</b>					
<p>FECHA DOCUMENTO 21-04-2021</p> <p>Sr(a): CAROLINA MARCELA ANGULO RANGEL</p> <p>CLIENTE CAROLINA MARCELA ANGULO RANGEL</p> <p>NIT 1065842909</p> <p>EMAIL cmangulo@unicesar.edu.co</p> <p>DIRECCION SABANAS</p> <p>TELEFONO 3004874384 VALLEDUPAR</p>		<p>FECHA VENCIMIENTO 30-07-2021</p> <p>TIEMPO DE ENTREGA 10 DIAS HABILES</p> <p>FORMA DE PAGO Forma de Pago Anticipo de 50 % del servicio y el 50 % restante para la entrega de resultados.</p> <p>VENDEDOR KARELLYS ZAPARAN</p> <p>OBSERVACIONES:</p>			
<b>ANÁLISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLÓGICO EN AGUA SUPERFICIAL</b>					
DESCRIPCIÓN	MÉTODO - TÉCNICA	LMC	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
<b>AGUA SUPERFICIAL</b>					
Coliformes Termotolerantes (Fecales) NMP/100mL (A)	SM 9221 E - Número más probable	1,8	3	58.510	175.530
Fósforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P B,E - Fotométrico	0,075	3	26.662	79.986
Sólidos Suspendedos Totales mg/L (A)	SM 2540 D - Grav métrico	5,00	3	14.813	74.439
<b>SUBTOTAL</b>					299.955
<b>DESCUENTO 10%</b>					29.995
<b>IVA</b>					51.292
<b>TOTAL DOCUMENTO</b>					321.250

Consignar en la Cuenta de Ahorros: 52428081595 de Bancolombia.

(A) Parámetros acreditados por el IDEAM - Resolución 0099 del 19 de Enero de 2018

(S) Parámetros subcontratados acreditados.

(SNA) Parámetros subcontratados no acreditados.

SM = Estándar Methods for examination and wasterwater -AWWA, APHA, WEF, Edición 22, 2012

La aceptación del servicio deberá ser por escrito (orden de servicio o contrato) para iniciar el proceso de análisis. Anexar copia del RUT

Elaborado por: *Karellys Zaparan*

Nombre: *Carolina Angulo R.* cc: *1065842909* Firma: *Carolina Angulo R.* Fecha: *23-04-2021*

Ver en página siguientes los terminos y condiciones comerciales

*\$161.000*

REDMI NOTE 8  
AL QUAD CAMERA *florez.com.co - 319 5060 908*

Sede Operativa: Cra 15 No 13c 72 Barrio Alfonso López - Tel: 5703920 - Celular: 3205651485  
Sede Administrativa: Calle 16a # 16-38 4to piso Barrio Santa Ana - Celular: 3145060908 Valledupar - Cesar

**ANEXO B RESULTADOS LABORATORIO NANCY FLOREZ PUNTO 1  
TEMPORADA DE SEQUIA**

Laboratorios Nancy Flórez García S.A.S. Confiables a toda prueba N.º B24.006.588-0

COD: RO-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

**CERTIFICADO DE ANALISIS**  
Nº 42516

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**  
EMPRESA : CAROLINA MARCELA ANGULO RANGEL  
DIRECCIÓN : SABANAS  
CONTACTO : CAROLINA MARCELA ANGULO RANGEL  
CARGO : ESTUDIANTE

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA**  
NOMBRE : AGUA SUPERFICIAL  
LUGAR DE MUESTREO : RIO CANDELA  
PUNTO DE MUESTREO : AGUAS ARRIBA  
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE  
PLAN DE MUESTREO : N.S  
PROC. DE MUESTREO : N.S

CODIGO : 210468230  
LOTE : N.A  
REGISTRO INVIMA : N.A

NIT : 1065842909  
CIUDAD : VALLEDUPAR  
TELÉFONO : 3004874384

HORA MUESTRA : 09:23  
MUESTREO : 2021/04/27  
RECEPCIÓN : 2021/04/28  
INICIO ENSAYOS : 2021/04/28  
FINAL ENSAYOS : 2021/05/10  
INFORME : 2021/05/10

Fisicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Fósforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P B-E - Fotométrico	0,075	2021/05/06	0,218
Sólidos Suspendidos Totales mg/L (A)	SM 2540 D - Gravimétrico	5,00	2021/04/30	<5,00

Microbiológico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Coliformes Termotolerantes (Fecales) NMP/100mL (A)	SM 9221 E - Número más probable	1,8	2021/04/28	70

**NOTA :**  
Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica      N.S: No Suministrado  
(A): Acreditado      (S): Subcontratado      (LCM): Limite de cuantificación del método  
Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.  
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.  
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.  
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.  
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado.  
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.  
Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCIA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCIA S.A.S., para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionado con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

**APROBÓ**

*Karina Campo*  
KARINA CAMPO  
TP: PQ-2859  
Coordinador Técnico de Laboratorio

*Valeria Trespalacios H.*  
VALERIA TRESPALACIOS  
Jefe de Microbiología

Fin de Informe

Página 1 de 1

Teléfonos: (5)5842072 Fax:5703920-3145060908 E-mail: calidad.amb@labsnancyflorez.com.co  
Calle 16a Nro. 16-38 - Valledupar

**ANEXO C RESULTADOS LABORATORIO NANCY FLOREZ PUNTO 2  
TEMPORADA DE SEQUIA**



**ANEXO D RESULTADOS LABORATORIO NANCY FLOREZ PUNTO 3  
TEMPORADA DE SEQUIA**

**Nancy Flórez García S.A.S**  
Confidencial a toda prueba  
NIT: B24.005.688-0

**IDEAM**  
REGISTRO DE BIENES  
METEOROLOGÍA Y  
ESTUDIOS AMBIENTALES

COD: RO-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

**CERTIFICADO DE ANALISIS**  
N° 42518

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**  
EMPRESA : CAROLINA MARCELA ANGULO RANGEL  
DIRECCION : SABANAS  
CONTACTO : CAROLINA MARCELA ANGULO RANGEL  
CARGO : ESTUDIANTE

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA**  
NOMBRE : AGUA SUPERFICIAL  
LUGAR DE MUESTREO : RIO CANDELA  
PUNTO DE MUESTREO : AGUAS ABAJO  
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE  
PLAN DE MUESTREO : N.S  
PROC. DE MUESTREO : N.S

NIT : 1065842909  
CIUDAD : VALLEDUPAR  
TELÉFONO : 3004874384

HORA MUESTRA : 11:25  
MUESTREO : 2021/04/27  
RECEPCION : 2021/04/28  
INICIO ENSAYOS : 2021/04/28  
FINAL ENSAYOS : 2021/05/10  
INFORME : 2021/05/10

CODIGO : 210468232  
LOTE : N.A  
REGISTRO INVIMA : N.A

ANÁLISIS	Fisicoquímico		LCM	FECHA ANALISIS	RESULTADO
	MÉTODO - TÉCNICA				
Fósforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P B,E - Fotométrico		0,075	2021/05/06	0,467
Sólidos Suspendedos Totales mg/L (A)	SM 2540 D - Gravimétrico		5,00	2021/04/30	<5,00
ANÁLISIS	Microbiológico		LCM	FECHA ANALISIS	RESULTADO
MÉTODO - TÉCNICA					
Coliformes Termotolerantes (Fecales) NMP/100mL (A)	SM 9221 E - Número más probable		1,8	2021/04/28	350

**NOTA :**  
Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado  
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Limite de cuantificación del método  
Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.  
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.  
El resultado aplica unicamente a la muestra recibida y analizada.  
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.  
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado  
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.  
Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCIA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

**APROBÓ**

*Karina Campo*  
KARINA CAMPO  
TP: PQ-2859  
Coordinador Técnico de Laboratorio

*Valeria Trespalacios*  
VALERIA TRESPALACIOS  
Jefe de Microbiología

Fin de Informe

Página 1 de 1

Teléfonos: (5)5842072 Fax: 5703920-3145060908 E-mail: calidad.amb@labsnancyflorez.com.co  
Calle 16a Nro. 16-38 - Valledupar

**ANEXO E RESULTADOS LABORATORIO NANCY FLOREZ PUNTO 1  
TEMPORADA DE LLUVIA**

**Nancy Flórez García S.A.S**  
Confiableidad a toda prueba  
NIT: 824.005.588-0

**IDEAM**  
INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN  
METEOROLOGÍA Y  
CLIMATOLOGÍA AMBIENTALES

COD: RO-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

**CERTIFICADO DE ANALISIS**  
N° 49487

<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>				
EMPRESA :	CAROLINA MARCELA ANGULO RANGEL	NIT :	1065842909	
DIRECCION :	SABANAS	CIUDAD :	VALLEDUPAR	
CONTACTO :	CAROLINA MARCELA ANGULO RANGEL	TELEFONO :	3004874384	
CARGO :	ESTUDIANTE			

<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>				
NOMBRE :	AGUA SUPERFICIAL	HORA MUESTRA :	08:04	
LUGAR DE MUESTREO :	RIO CANDELA	MUESTREO :	2021/08/25	
PUNTO DE MUESTREO :	PUNTO 1	RECEPCION :	2021/08/25	
TIPO DE MUESTRA :	SIMPLE	INICIO ENSAYOS :	2021/08/25	
PLAN DE MUESTREO :	N.S	FINAL ENSAYOS :	2021/09/07	
PROC. DE MUESTREO :	N.S	INFORME :	2021/09/07	
	CODIGO : 210875505			
	LOTE : N.A			
	REGISTRO INVIMA : N.A			

ANÁLISIS	Fisicoquímico		LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
	MÉTODO - TÉCNICA				
Fósforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P B,E - Fotométrico		0,075	2021/08/31	<0,075
Sólidos Suspendidos Totales mg/L (A)	SM 2540 D - Gravimétrico		5,00	2021/09/04	<5,00

ANÁLISIS	Microbiológico		LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
	MÉTODO - TÉCNICA				
Coliformes Termotolerantes (Fecales) NMP/100mL (A)	SM 9221 E - Número más probable		1,8	2021/08/25	110

**NOTA :**  
Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica    N.S: No Suministrado  
(A): Acreditado    (S): Subcontratado    (LCM): Limite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad. Resultado no controlado una vez entregado al cliente.

El resultado aplica unicamente a la muestra recibida y analizada.


No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.

Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado

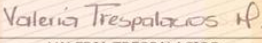
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.

Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCÍA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

**APROBÓ**



**DANIEL GOMEZ GALINDO**  
TP: PQ-07031  
Coordinador Técnico de Laboratorio



**VALERIA TRESPALACIOS**  
Jefe de Microbiología

Fin de Informe

Página 1 de 1

Teléfonos: 5732963 EXT 301 - 3145060908 E-mail: calidad.amb@labsnancyflorez.com.co  
Sede Operativa: Cra 15 No 13c 72 Barrio Alfonso López - Tel:5732963 EXT 300 - Valledupar

**ANEXO F RESULTADOS LABORATORIO NANCY FLOREZ PUNTO 2  
TEMPORADA DE LLUVIA**

**Nancy Flórez García S.A.S**  
Confiable en toda prueba  
NIT: B24.005.588-0

**IDEAM**  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
METEOROLÓGICAS Y  
ESTUDIOS AMBIENTALES

COD: RO-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

**CERTIFICADO DE ANALISIS**  
N° 49488

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**  
EMPRESA : CAROLINA MARCELA ANGULO RANGEL  
DIRECCIÓN : SABANAS  
CONTACTO : CAROLINA MARCELA ANGULO RANGEL  
CARGO : ESTUDIANTE

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA**  
NOMBRE : AGUA SUPERFICIAL  
LUGAR DE MUESTREO : RIO CANDELA  
PUNTO DE MUESTREO : PUNTO 2  
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE  
PLAN DE MUESTREO : N-S  
PROC. DE MUESTREO : N-S

CODIGO : 210875506  
LOTE : N.A  
REGISTRO INVIMA : N.A

NIT : 1065842909  
CIUDAD : VALLEDUPAR  
TELÉFONO : 3004874384


HORA MUESTRA : 09:15  
MUESTREO : 2021/08/25  
RECEPCIÓN : 2021/08/25  
INICIO ENSAYOS : 2021/08/25  
FINAL ENSAYOS : 2021/09/07  
INFORME : 2021/09/07

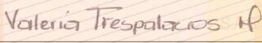
ANÁLISIS	Fisicoquímico MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Fósforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P B,E - Fotométrico	0,075	2021/08/31	0,118
Sólidos Suspendedos Totales mg/L (A)	SM 2540 D - Gravimétrico	5,00	2021/09/04	9,40
ANÁLISIS	Microbiológico MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Coliformes Termotolerantes (Fecales) NMP/100mL (A)	SM 9221 E - Número más probable	1,8	2021/08/25	1600x10 <sup>±1</sup>

**NOTA :**  
Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica    N.S: No Suministrado  
(A): Acreditado    (S): Subcontratado    (LCM): Limite de cuantificación del método  
Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.  
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.  
El resultado aplica unicamente a la muestra recibida y analizada.  
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.  
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado  
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.  
Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCIA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

**APROBÓ**

  
DANIEL GOMEZ GALINDO  
TP: PQ-07031  
Coordinador Técnico de Laboratorio

  
VALERIA TRESPALACIOS  
Jefe de Microbiología

Fin de Informe

Página 1 de 1

Teléfonos: 5732963 EXT 301 - 3145060908 E-mail: calidad\_amb@labsnancyflorez.com.co  
Sede Operativa: Cra 15 No 13c 72 Barrio Alfonso López - Tel:5732963 EXT 300 - Valledupar

**ANEXO G RESULTADOS LABORATORIO NANCY FLOREZ PUNTO 3  
TEMPORADA DE LLUVIA**

**Nancy Flórez García S.A.S**  
Confiable en toda prueba  
NIT: B04.005.588-0

**IDEAM**  
INSTITUTO DE AEREOLOGÍA  
METEOROLOGÍA Y  
ESTUDIOS AMBIENTALES

COD: RO-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

**CERTIFICADO DE ANALISIS**  
N° 49489


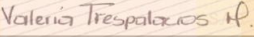
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>		<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>	
EMPRESA : CAROLINA MARCELA ANGULO RANGEL	DIRECCION : SABANAS	NOMBRE : AGUA SUPERFICIAL	LUGAR DE MUESTREO : RIO CANDELA
CONTACTO : CAROLINA MARCELA ANGULO RANGEL	CARGO : ESTUDIANTE	PUNTO DE MUESTREO : PUNTO 3	TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
		PLAN DE MUESTREO : N.S	PROC. DE MUESTREO : N.S
		CODIGO : 210875507	LOTE : N.A
		REGISTRO INVIMA : N.A	
		NIT : 1065842909	CIUDAD : VALLEDUPAR
		TELÉFONO : 3004874384	
		HORA MUESTRA : 08:54	MUESTREO : 2021/08/25
		RECEPCIÓN : 2021/08/25	
		INICIO ENSAYOS : 2021/08/25	
		FINAL ENSAYOS : 2021/09/07	
		INFORME : 2021/09/07	

ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANALISIS	RESULTADO
Fósforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P B,E - Fotométrico	0,075	2021/08/31	<0,075
Sólidos Suspendedos Totales mg/L (A)	SM 2540 D - Gravimétrico	5,00	2021/09/04	5,60
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANALISIS	RESULTADO
Coliformes Termotolerantes (Fecales) NMP/100mL (A)	SM 9221 E - Número más probable	1,8	2021/08/25	240x10 <sup>-1</sup>

**NOTA :**  
Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica      N.S: No Suministrado  
(A): Acreditado      (S): Subcontratado      (LCM): Limite de cuantificación del método  
Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.  
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.  
El resultado aplica unicamente a la muestra recibida y analizada.  
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.  
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado.  
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.  
Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCÍA SAS, para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

**APROBÓ**

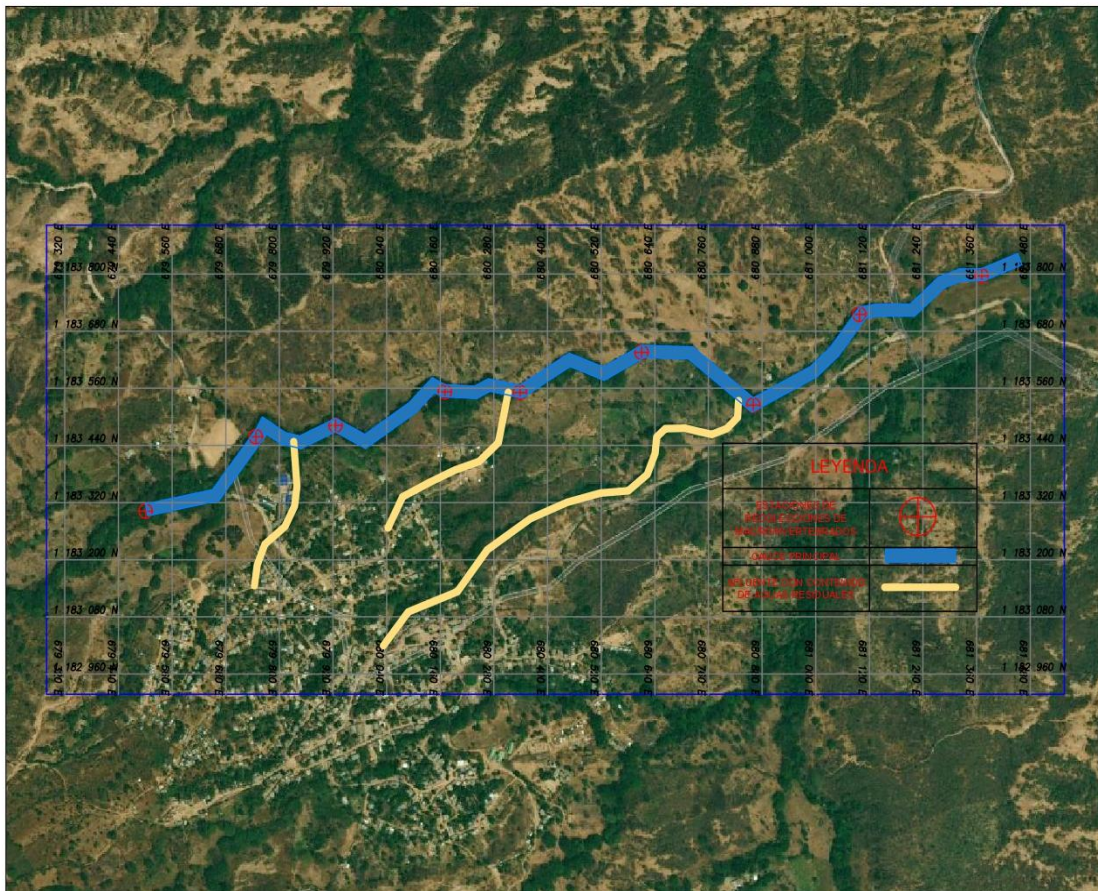
 DANIEL GOMEZ GALINDO TP: PQ-07031 Coordinador Técnico de Laboratorio	 VALERIA TRESPALACIOS Jefe de Microbiología
---	---





Fin de Informe

Página 1 de 1

Teléfonos: 5732963 EXT 301 - 3145060908 E-mail: calidad.amb@labsnancyflorez.com.co  
Sede Operativa: Cra 15 No 13c 72 Barrio Alfonso López - Tel:5732963 EXT 300 - Valledupar

## ANEXO H PLANO DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO



 REPUBLICA DE COLOMBIA	
 DEPARTAMENTO DEL CESAR	
 VALLEDUPAR	
ESTUDIANTES	
YOENIS ISABEL CASTRO PEREZ	
CAROLINA MARCELA ANGULO RANGEL	
 Ingeniería Ambiental y Sanitaria	
ESCALA: 1:1250	FECHA:
MUNICIPIO: ATÁÑQUEZ	
PROYECTO: DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DEFURADORA DEL RIO CANDELA A TRAVES DE LOS INDICES BOMP ICOCOL EN EL CORREGIMIENTO DE ATANQUEZ-CESAR.	
CONTIENE: NC	
PLANO: 01 de 01 No. Total Planos: ./.	

