

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL HUMEDAL DE MARÍA CAMILA SUR  
POR MEDIO DE LA IDENTIFICACIÓN DE FITOPLANCTON**

**AUTOR (ES):**

ANDRÉS ALFONSO CLAVIJO BLANCO  
MAYRA ALEXANDRA TOLOZA FLÓREZ

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR - CESAR  
2022**



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL HUMEDAL DE MARÍA CAMILA SUR  
POR MEDIO DE LA IDENTIFICACIÓN DE FITOPLANCTON**

**AUTOR (ES):**

ANDRÉS ALFONSO CLAVIJO BLANCO  
MAYRA ALEXANDRA TOLOZA FLÓREZ

**DIRECTOR**

LUIS FRANCISCO RAMIREZ

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR - CESAR  
2022**



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



### **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada principalmente a Dios, por permitirme terminar esta etapa tan importante en mi vida, a mis padres, Edgar Toloza y Anayibe Florez, que con su esfuerzo y gran motivación me ayudaron a llegar hasta donde estoy, a la memoria de mi alma gemela, mi hermana Viviana Alexandra Toloza Florez que desde el cielo me ha dado las fuerzas para continuar, a mis compañeros de la universidad, que de una u otra manera fueron un apoyo para mi, en especial a mi compañero de tesis Andrés Alfonso Clavijo Blanco, quien me brindó su mano cuando pensé desistir en algún momento del proceso, a mi profesora Lorena Sierra quien fue en algún momento una guía con su experiencia y profesionalismo.

Gracias por ayudarme a cumplir mis sueños, los amo.

*Mayra Alexandra Toloza Flórez*

La presente tesis en dedicatoria a Dios que es el que nos regala la vida, a mis padres Huver Clavijo y Luz Marina Blanco por el esfuerzo arduo para adquirir mis estudios y lograr formarme como un profesional, a mi compañera de tesis Mayra Toloza por el gran empeño y dedicación a este proyecto para que fuera posible, agradecer a cada uno de los compañeros de estudios el cual nos brindamos un apoyo a lo largo de la carrera para forjarnos como unos grandes profesionales, al igual cada uno de los educadores que me brindaron su tiempo y conocimiento para hacer de esto posible

*Andrés Alfonso Clavijo Blanco*





**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



### **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente agradecemos a Dios, por darnos la sabiduría necesaria en toda esta etapa. Finalmente a nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio, gracias a ustedes hemos llegado hasta aquí y convertirnos en lo que somos, a nuestros compañeros y profesores, quienes fueron un gran apoyo durante el proceso, gracias por siempre haber creído en nosotros, sin Dios y ustedes esto no sería posible.

*Mayra Alexandra Toloza Flórez; Andrés Alfonso Clavijo Blanco*





**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



## RESUMEN Y ABSTRACT

La degradación de los humedales en general se presenta actualmente como un problema de gran afectación para el medio ambiente, debido a que esta contaminación se produce por el gran desarrollo e industrialización de las diferentes ciudades y pueblos en donde se encuentra estas reservas naturales (Jiménez y Silva, 2018). El humedal María Camila presenta contaminación media por presencia de materia orgánica, lo cual es básicamente causado por la alta concentración de Coliformes Totales y las bajas concentraciones de oxígeno disuelto (Gutiérrez, 2018). La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua del humedal de María Camila sur por medio de la identificación de fitoplancton. Se realizó por medio de tres fases: caracterizar fisicoquímicamente (pH, Nitrógeno total, Oxígeno disuelto, Fosforo total, y turbiedad) el agua; identificar la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica y determinar el estado trófico del humedal. Para las meses muestreados, el índice de calidad del agua para el humedal María Camila según TSI (índice de Carlson), es buena, debido a que se encuentra dentro del rango de TSI 0-40. Las cantidades de nitrógeno, fósforo, y otros nutrientes biológicamente productivos son los determinantes primarios del TSI de un cuerpo de agua. Los nutrientes como nitrógeno y fósforo tienden a ser factores limitantes en cuerpos de agua, por lo tanto, el aumento de las concentraciones tiende a producir un mayor crecimiento de las plantas, seguido de un aumento corolario en los niveles tróficos posteriores.

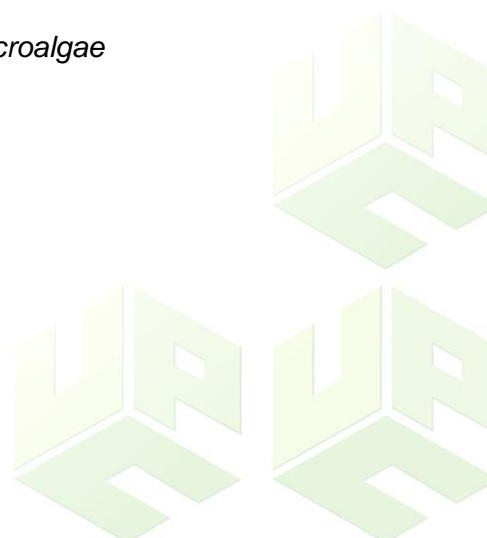
*Palabras claves: Ecosistemas acuáticos, estado trófico, microalgas, fitoplancton*



### ABSTRACT

The degradation of wetlands in general is currently presented as a problem of great affectation for the environment because this contamination is produced by the great development and industrialization of the different cities and towns where these natural reserves are located (Jiménez and Silva, 2018). The María Camila wetland presents medium contamination due to the presence of organic matter, which is basically caused by the high concentration of Total Coliforms and the low concentrations of dissolved oxygen (Gutiérrez, 2018). The objective of this research was to evaluate the water quality of the María Camila Sur wetland through the identification of phytoplankton. It was carried out through three phases: physical-chemical characterization (pH, total Nitrogen, dissolved Oxygen, total Phosphorus, and turbidity) of the water; identify the composition and abundance of the phytoplankton community and determine the trophic status of the wetland. For the two seasons of the year, the water quality index for the María Camila wetland according to TSI (Carlson index), is good, because it is within the range of TSI 0-40. The amounts of nitrogen, phosphorous, and other biologically productive nutrients are the primary determinants of the TSI of a water body. Nutrients such as nitrogen and phosphorus tend to be limiting factors in water bodies, therefore increasing concentrations tend to produce increased plant growth, followed by a corollary increase in subsequent trophic levels.

*Keywords: Aquatic ecosystems, trophic state, microalgae*





## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>4</b>
<b>RESUMEN Y ABSTRACT</b> .....	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>13</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>16</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
<b>4. MARCO DE REFERENCIA</b> .....	<b>19</b>
4.1 ANTECEDENTES .....	19
4.2 MARCO TEÓRICO .....	22
4.3 MARCO CONCEPTUAL .....	26
4.4 MARCO CONTEXTUAL .....	27
4.5 MARCO LEGAL .....	30
<b>5. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>35</b>
<b>5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>35</b>
<b>5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>35</b>
<b>5.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>35</b>
<b>5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO</b> .....	<b>35</b>
<b>5.5. MUESTRA POBLACIONAL</b> .....	<b>35</b>
<b>5.6. DESARROLLO METODOLOGICO</b> .....	<b>35</b>



<b>6. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>41</b>
<b>6.1 Caracterización fisicoquímica del agua del humedal de María Camila sur. .....</b>	<b>41</b>
<b>6.2 Identificación de la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica del área objeto de estudio.....</b>	<b>53</b>
<b>6.3 Determinación del estado trófico del humedal teniendo en cuenta las condiciones fisicoquímicas y la comunidad de fitoplancton presente.....</b>	<b>63</b>
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>70</b>





### LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Criterio para clasificar el estado trófico del ecosistema.....	25
<b>Tabla 2.</b> Marco legal aplicable .....	30
<b>Tabla 3</b> Parámetros de estudio.....	39
<b>Tabla 4.</b> Cálculo del estado trófico.....	40
<b>Tabla 5</b> Pesos obtenidos de la determinación de SST.....	47
<b>Tabla 6</b> Resultados de Fósforo total y Nitrógeno total .....	49
<b>Tabla 7</b> Resumen de caracterización fisicoquímica .....	50
<b>Tabla 8</b> Morfotipos de algas identificadas.....	56
<b>Tabla 9</b> Medidas morfológicas y grupos morfofuncionales del fitoplancton.....	60



### LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicación de Valledupar. ....	27
<b>Figura 2</b> Ubicación del humedal.....	30
<b>Figura 3</b> Puntos de monitoreo .....	36
<b>Figura 4</b> Levantamiento topográfico del humedal María Camila.....	38
<b>Figura 6</b> Establecimiento de estacas para identificación .....	41
<b>Figura 7</b> Toma de muestras .....	42
<b>Figura 8</b> Determinación del pH.....	44
<b>Figura 9</b> Determinación del turbidez.....	45
<b>Figura 10</b> Determinación del oxígeno disuelto.....	48
<b>Figura 11</b> Determinación del SST .....	53
<b>Figura 12</b> Red cónica elaborada .....	54
<b>Figura 13</b> Montaje en el microscopio.....	56
<b>Figura 14</b> Microalgas identificadas .....	58
<b>Figura 15</b> Número de individuos identificados .....	59





## **INTRODUCCIÓN**

La degradación de los humedales en general se presenta actualmente como un problema de gran afectación para el medio ambiente, debido a que esta contaminación se produce por el gran desarrollo e industrialización de las diferentes ciudades y pueblos en donde se encuentra estas reservas naturales (Jiménez y Silva, 2018).

Según la Convención de Ramsar sobre los Humedales (2018), entre 1970 y 2015 desapareció aproximadamente el 35 por ciento de humedales del planeta y que la tasa anual de pérdida se aceleró a partir del año 2000. Las causas principales son el cambio climático, el crecimiento demográfico, la urbanización en las zonas costeras y deltas fluviales, y los cambios en las maneras de consumir (Jiménez y Silva, 2018).

El humedal de María Camila sur, ubicado en la ciudad de Valledupar, posee un área aproximada de 1.750 m<sup>2</sup>, este ecosistema por limitadas acciones estatales y la actividad antrópica se encuentra en situación de olvido y precariedad lo cual ha hecho que su área disminuya considerablemente (controlaría general de la república, 2011). Asimismo, en la actualidad el recurso hídrico, de cuerpo lentic, Humedal María Camila, ha venido sufriendo alteraciones ambientales provocadas por el crecimiento urbanístico de la ciudad de Valledupar, donde se ha visto reducida su capacidad amortiguadora y área de desarrollo natural en cuanto a su espejo de agua, sus recursos florístico y faunístico, viéndose sometida a cambios en su estructura ecológica, sus especies florísticas han sido cambiadas con él a fin de preservar el recurso, pero lo que han ocasionado un cambio ecológico del recurso natural, permitiendo la migración de especies faunística típicas de estos humedales y se han adaptados otras especies foráneas ocasionando un impacto en su ecología, así mismo la intervención de los vecinos o habitantes del barrio durante años han permitido alteraciones ecológicas del humedal convirtiéndolo en botadero de escombros, basura y animales en descomposición, generando conflictos ambientales en el recurso hídrico (Gutiérrez y Blanchar, 2017).

El estudio de evaluación de la calidad del agua por medio del fitoplancton en el Humedal María Camila de Valledupar suministrará información relevante para la determinación y formulación de estrategias de manejo sostenible en los ecosistemas acuáticos,



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



garantizando los servicios ambientales prestados por este cuerpo hídrico y reduciendo los impactos ambientales negativos que se puedan generar en este ecosistema.

La investigación pretende realizar un análisis al agua con la finalidad de determinar en ella la presencia de fitoplancton, determinando el nivel de contaminación del humedal, estableciendo figuras de protección y conservación sobre la zona y garantizando los servicios ecosistémicos prestados. Y así mismo, recobrar este espacio en el cual confluyen personas de la comunidad y de otros barrios para realizar actividades al aire libre tales como relajación, ocio, recreación; así mismo, permitirá seguir capturando y disminuyendo las emisiones de dióxido de carbono que provienen de los vehículos que allí transitan.





## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Hoy en día, la agricultura, la ganadería y la presencia de asentamientos humanos están desencadenando diversas alteraciones en los ecosistemas terrestres y acuáticos, afectando así la presencia de organismos que brindan servicios ecosistémicos (Vélez-Azañero & Lizárraga-Travaglini, 2013). Las modificaciones físicas y químicas en cursos de agua repercuten en las respuestas individuales, poblacionales, comunitarias y ecosistémicas de los organismos (Pinilla, 1998), entre los que destacan las microalgas, cianobacterias e insectos (empleados para monitorear la calidad del agua en ecosistemas lóticos; Iannacone *et al.*, 2000).

Por otra parte, la degradación de los humedales en general se presenta actualmente como un problema de gran afectación para el medio ambiente, debido a que esta contaminación se produce por el gran desarrollo e industrialización de las diferentes ciudades y pueblos en donde se encuentra estas reservas naturales (Jiménez y Silva, 2018).

Según la Convención de Ramsar sobre los Humedales (2018), entre 1970 y 2015 desapareció aproximadamente el 35 por ciento de humedales del planeta y que la tasa anual de pérdida se aceleró a partir del año 2000. Las causas principales son el cambio climático, el crecimiento demográfico, la urbanización en las zonas costeras y deltas fluviales, y los cambios en las maneras de consumir (Jiménez y Silva, 2018).

Las principales amenazas directas para los humedales son el drenaje del agua, la contaminación, las especies invasoras, la perturbación de los caudales debido a los embalses y la acumulación de los sedimentos por la deforestación. Según el informe, otro peligro mayor es que más del 80 % de las aguas residuales se vierten en los humedales sin tratamiento adecuado, así como el uso de fertilizantes que llegan hasta ellos y los contaminan (Convención de Ramsar sobre los Humedales 2018). En términos de biodiversidad, la desaparición gradual de los humedales pone en riesgo a las especies que habitan en ellos y se calcula que hasta una cuarta parte está en peligro de extinción.

El humedal de María Camila sur, ubicado en la ciudad de Valledupar, posee un área aproximada de 1.750 m<sup>2</sup>, este ecosistema por limitadas acciones estatales y la actividad antrópica se encuentra en situación de olvido y precariedad lo cual ha hecho que su área



disminuya considerablemente (controlaría general de la república, 2011). Asimismo, en la actualidad el recurso hídrico, de cuerpo lentic, Humedal María Camila, ha venido sufriendo alteraciones ambientales provocadas por el crecimiento urbanístico de la ciudad de Valledupar, donde se ha visto reducida su capacidad amortiguadora y área de desarrollo natural en cuanto a su espejo de agua, sus recursos florístico y faunístico, viéndose sometida a cambios en su estructura ecológica, así mismo la intervención de los vecinos o habitantes del barrio durante años lo han convertido en botadero de escombros, basura y animales en descomposición, generando conflictos ambientales en el recurso hídrico, aumento de la contaminación y generando su eutrofización (Gutiérrez y Blanchar, 2017).

El Humedal María Camila (Gutiérrez y Blanchar, 2017) presenta una reducción acelerada del espejo de agua por urbanización legal e ilegal, colmatación resultante de un mal manejo, en la actualidad, la degradación de las condiciones acuáticas como resultado de vertimientos orgánicos e inorgánicos que superan en algunas ocasiones los límites máximos permisibles por la Resolución 0631 de 2015 para uso contacto primario, alteración de la estructura ecológica de las comunidades asociadas a los ambientes acuáticos y pérdida de diversidad biológica como resultado de la reducción o destrucción del hábitat y de la contaminación. Por otra parte, los vecinos del sector se quejan de malos olores provenientes del humedal, y su excesiva contaminación.

Por otra parte con respecto a la investigación realizada por (Gutiérrez, 2018), quien evaluó el índice ICOMO (índice de contaminación por materia orgánica), en el humedal María Camila presenta contaminación media por presencia de materia orgánica, lo cual es básicamente causado por la alta concentración de Coliformes Totales y las bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Finalmente el ICOMI (índice de contaminación por mineralización) indica que el humedal presenta contaminación alta por mineralización, dicho comportamiento se encuentra asociado a las concentraciones de sales disueltas en el agua, el comportamiento de la variabilidad de los parámetros analizados se puede atribuir a condiciones climáticas, procesos erosivos, vertimientos de aguas residuales y actividades antrópica.

El humedal María Camila en Valledupar, se está viendo afectado por el arrojado de materiales de desecho y escombros. Según habitantes del barrio, los escombros al costado



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



de la vía cambian el rumbo del agua lluvia y por esta razón no llega al humedal. La población advierte a las autoridades ambientales el daño que se le hace a la vegetación del lugar y lo que esta situación afecta esta reserva natural ya que el humedal se nutre con venas hídricas subterráneas que se mantienen gracias a la existencia de las plantas típicas del sector y que últimamente se ha disminuido.

**Pregunta problema**

**¿Cómo por medio del fitoplancton se puede determinar la calidad del agua del humedal María Camila y su grado de eutrofización?**





## **2. JUSTIFICACIÓN**

Los humedales son considerados uno de los ecosistemas biológicamente más diversos. La vegetación específicamente adaptada a estas condiciones se denomina hidrófita, y reemplaza en estos casos, a las especies terrestres normales (Roldán y Ramírez, 2008)..

Una de las funciones más importantes de los humedales es que actúan como filtradores naturales de agua, esto se debe a que los tejidos de las plantas hidrófitas, almacenan y liberan agua, realizando un proceso de filtración. También contribuyen a la protección contra inundaciones y la erosión de la costa debido a las tormentas (Roldán y Ramírez, 2008).

Los humedales son ecosistemas muy importantes desde el punto de vista ambiental, social y económico, gracias a los valores y atributos que poseen y a las múltiples funciones que prestan. Además, son el hábitat de muchas especies, algunas de ellas endémicas y en peligro de extinción e intervienen en funciones físicas de regulación del ciclo hídrico superficial y de acuíferos, retención de sedimentos, control de erosión y estabilización micro climática, entre otros. También realizan funciones biogeoquímicas como la regulación de los ciclos de nutrientes, la retención de CO<sub>2</sub> y la descomposición de biomasa terrestre (Roldán y Ramírez, 2008).

En palabras de Rudas (2018) la importancia del humedal de María Camila radica en que “Primero, cumple una función hidráulica para que logre el manejo de todas las aguas superficiales que deberían estar llegando desde el canal al humedal y así no tendríamos inundaciones si estos dos funcionaran bien, además, es bien sabido que este ecosistema alberga faunas silvestres y sirve de hábitat para fauna acuática”.

Según Corpocesar, se debe seguir apostándole al sostenimiento del bosque ya que genera un impacto importante en la mitigación de Dióxido de Carbono emanado por los vehículos que transitan en la capital, así como, disipante del ruido y regulador del clima.

Por otra parte, el fitoplancton ha sido usado en diversas e importantes investigaciones sobre la diversidad de comunidades zooplactónicas y fitoplanctónicas y su relación con la calidad del agua en ambientes lóticos de gran importancia tales como ríos, lagos y humedales (Iannacone *et al.*, 2013; Ruiz *et al.*, 2007; Alvariño & Iannacone, 2007;

Yucra & Tapia, 2008). Por esta razón, el fitoplancton reúne los atributos necesarios para el Biomonitoreo, ya que ha sido ampliamente utilizado a través de diversos parámetros: abundancia, diversidad específica, riqueza e índices de saprobiedad, de este modo el fitoplancton provee una medida directa de los impactos sobre el ecosistema (Seeligmann, 2000). Por lo que su estudio permite complementar un manejo sostenible de los sistemas lenticos (Bojorge García y Cantoral Uriza, 2016) como lo es el humedal de María Camila.

El estudio de evaluación de la calidad del agua por medio del fitoplancton en el Humedal Maia Camila de Valledupar suministrará información relevante para la determinación y formulación de estrategias de manejo sostenible en los ecosistemas acuáticos, garantizando los servicios ambientales prestados por este cuerpo hídrico y reduciendo los impactos ambientales negativos que se puedan generar en este ecosistema.

La investigación pretende realizar un análisis al agua con la finalidad de determinar en ella la presencia de fitoplancton, determinando el nivel de contaminación del humedal, estableciendo figuras de protección y conservación sobre la zona y garantizando los servicios ecosistémicos prestados. Y así mismo, recobrar este espacio en el cual confluyen personas de la comunidad y de otros barrios para realizar actividades al aire libre tales como relajación, ocio, recreación; así mismo, permitirá seguir capturando y disminuyendo las emisiones de dióxido de carbono que provienen de los vehículos que allí transitan.





### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua del humedal de María Camila sur por medio de la identificación de fitoplancton.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar fisicoquímicamente (pH, Nitrógeno total, Oxígeno disuelto, Fosforo total, y turbiedad) el agua del humedal de María Camila sur.
- Identificar la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica del área objeto de estudio.
- Determinar el estado trófico del humedal teniendo en cuenta las condiciones fisicoquímicas y la comunidad de fitoplancton presente.



## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 ANTECEDENTES

Cotrino (2020) realizó un estudio titulado “análisis de la calidad del agua del humedal Jaboque mediante la identificación de la comunidad fitoplanctónica y las condiciones fisicoquímicas del agua” para optar por el título de ingeniero ambiental de la Universidad Santo Tomás con el fin de conocer el estado de la calidad del agua y proponer medidas de manejo que ayuden a mitigar o minimizar los problemas ambientales encontrados. La metodología estuvo conformada por cuatro etapas, la primera consistió en salida de campo para escoger los puntos de muestreo, la segunda fase consistió en la toma de muestra de agua y la determinación de parámetros in situ como Ph, oxígeno disuelto, temperatura, sólidos disueltos y conductividad, en esta misma etapa se hizo la recolección del fitoplancton por medio de una red y almacenados en frascos de vidrio; una tercera etapa consistió en actividades de laboratorio en donde se realizó un estudio cualitativo para determinar los géneros de los microorganismos, y el estudio cuantitativo consistió en determinar la cantidad por género, además, se calcularon los índices de diversidad y equidad Shannon, dominancia de Simpsony Berger Parker y de riqueza específica de Margalef, y Menhinick. De acuerdo con los resultados, se encontraron 53 géneros de fitoplancton y los morfotipos que estuvieron presentes en casi todas las estaciones fueron Navicula Sp., Nitzschia Sp., Myrocystis sp. y Oscillatoria sp. indicadores de aguas con contaminación orgánica intensa y muy intensa. En cuanto a los índices existe equidad y dominancia hallados para la comunidad de fitoplancton en las tres estaciones del humedal Jaboque se determina una diversidad media.

Santillán y Guerrero (2018) realizaron una investigación titulada “Macro invertebrados y fitoplancton como bioindicadores de contaminación en la cuenca del río Chicama, Perú” en cuanto a la metodología la primera fase consistió en la ubicación de cuatro estaciones a lo largo de la cuenca, en segunda fase se tomaron las muestras de agua para determinar los macro invertebrados por medio del método Trent Biotic Index y Chandler Biotic Score y se estableciendo la relación entre las variables (abundancia de taxones) con el coeficiente de correlación de Spearman; por otro lado, la tercera fase consistió en la evaluación del fitoplancton el cual se realizó mediante el índice saprobio



propuesto por Pantle y Buck y en la misma etapa se determinó el índice de Shannon Weaver (H') y el índice de Simpson (D'). Dentro de los resultados, la fauna bentónica estuvo conformada por 24 géneros, 18 familias y 9 órdenes, predominancia de Baetis sp., Rhagovelia sp. y Atopsyche sp. El fitoplancton estuvo constituido principalmente por diatomeas (Bacillariophyta) y algunas especies pertenecientes a la clase Chlorophyta, con predominancia de Nitzschia linearis, Fragilaria capucina y Gomphonema sp. Finalmente de los índices evaluados, Trent Biotic Index y Chandler Biotic Score, se determinó contaminación leve a moderada de acuerdo con el índice de Pantle y Buck.

Vélez, Lozano y Cáceres (2016) realizaron una investigación titulada “diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la cuenca baja del río Lurín, Lima, Perú” en cuanto a la metodología, se establecieron seis puntos de muestreo en la cuenca baja del río Lurín, Lima, Perú para evaluar las características físicas y químicas del agua, y determinar su calidad con base a la diversidad de microalgas y cianobacterias presentes. Se registraron cinco especies de cianobacterias y 89 especies de microalgas distribuidas en cuatro divisiones, donde Bacillariophyta fue la más abundante con 72% del total de especies. El 31.2% de las especies identificadas correspondió a los géneros Navicula, Fragilaria, Nitzschia y Synedra. Un total de 29 géneros y 55 especies fueron identificados exclusivamente en uno de los sitios. Se evidenció una disminución gradual de la similitud desde las dos estaciones más alejadas de la desembocadura (39.3%) hasta las dos más cercanas (18.2%). La mayor conductividad evaluada se presentó a los 31 m.s.n.m. con 1 820  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  y la mínima a los 5 m.s.n.m. con 1 390  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Los valores más bajos de pH fueron registrados en los sitios más altos (6.2; 6.1), y el valor máximo a 8 m.s.n.m. (8.2) presentándose así una correlación inversa entre ambas variables. La temperatura máxima del agua fue de 23°C, y la mínima fue de 16°C guardando una relación directa con la altitud. El aumento de los niveles de recambio con la distancia espacial entre los sitios de muestreo deja clara la sensibilidad de las microalgas y cianobacterias a los cambios ambientales. Estos cambios se reflejan en una alta mineralización del sistema y bajos niveles de pH en el agua, y se deben principalmente a causas antropogénicas.

Fierro y Caballero (2015) realizaron una investigación titulada “evaluación de la calidad del agua del humedal de santa maría del lago mediante el uso de índices biológicos



y fisicoquímicos para su implementación en otros humedales” para optar por el título de ingeniero ambiental de la Universidad Santo Tomás. La metodología de estudio consistió en escoger cuatro puntos de muestreo, en cada uno se tomaron tres muestras para caracterizar el agua en función de Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto, Turbiedad, Fosfatos, Nitratos, Sólidos Disueltos Totales, DBO5, Coliformes Totales y la presencia de fitoplancton, por otro lado, la recolección de los organismos fitoplanctónicas se realizó con una red cónica simple con tamaño de poro de 20  $\mu\text{m}$  luego se llevaron al laboratorio para su análisis cuantitativo y cualitativo. De acuerdo con los resultados, se obtuvo para la comunidad fitoplanctónica, la mayor presencia por parte de la clase Chlorophyceae con un porcentaje de 31,61% y 55 individuos, destacando para esta clase el género Oocystis; en la comunidad zooplanctónica la clase Monogonta obtuvo un porcentaje de 26,32% con la presencia de 33 individuos, sobresaliendo el género Lecane; para los macroinvertebrados la clase que obtuvo mayor porcentaje fue la clase Insecta con un valor de 42,06% y la presencia de 45 individuos, destacándose la familia Chironomidae en su estadio larval (Morfo 71). Con respecto a la caracterización fisicoquímica encontramos que los parámetros de Oxígeno disuelto, Coliformes Totales, Temperatura, y DBO5 se hallan en límites de calidad mala a muy mala, con valores promedio 4,6 mg/L O<sub>2</sub> para oxígeno disuelto, 35691,7 NMP/100mL para coliformes totales, 18,6 °C para temperatura y 11,3 mg/L O<sub>2</sub> para DBO5 siendo estos los parámetros responsables de que el índice de calidad de agua no alcance valores de excelente. Se considera que el Humedal Santa María del Lago se encuentra en un estado de mesotrofia a eutrofia, así mismo se concluye que la calidad del agua es mala en relación con lo obtenido en los ICA.

Pulido (2015) realizó una investigación titulada “el fitoplancton en la determinación del estado trófico del humedal el salitre (Bogotá D.C., Colombia) en épocas climáticas contrastantes” para optar por el título de maestría en ciencias ambientales de la Universidad Jorge Tadeo Lozano con el fin de conocer el estado trófico del ecosistema objeto de estudio por medio de fitoplancton. La primera fase metodológica consistió en establecer los puntos de muestreo, luego, en una segunda fase se realizó la recolección de agua (época de verano e invierno) para medir los parámetros fisicoquímicos (Ph, temperatura, SST, oxígeno disuelto, conductividad, temperatura, acidez, alcalinidad, DQO, DBO, dureza, nitratos,



nitritos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total y ortofosfatos), la concentración de clorofilas a, b y c y realizar los análisis cualitativos, cuantitativos y morfológicos del fitoplancton, en cada uno de los puntos de muestreo, la tercera etapa propiamente dicha consistió en el análisis del agua para determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y la concentración de la clorofila a, b y c. Se identificaron 114 morfoespecies de algas en el fitoplancton, siendo las clases predominantes Conjugatophyceae y Chlorophyceae y los géneros más representativos Heimansia, Staurastrum, Monoraphidium, Staurodesmus y Cosmarium. La clase Conjugatophyceae alcanzó las mayores abundancias promedio con 2757 ind ml<sup>-1</sup> (43%) en la época seca y 11209 ind ml<sup>-1</sup> (78%) en la época de lluvias. De las once especies dominantes del fitoplancton, ocho se clasificaron en el grupo morfofuncional IV, dos en el V y una en el VI. A partir de la concentración de nutrientes en el agua y de la composición del fitoplancton, se determinó que el humedal El Salitre presentó una condición de oligotrofia a mesotrofia en los dos periodos climáticos estudiados.

## **4.2 MARCO TEÓRICO**

### **4.2.1 Humedales**

De acuerdo con la definición de Ramsar, los humedales "...son aquellas extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros" (Scott y Carbonell, 1986).

### **4.2.3 Fitoplancton**

El fitoplancton en su mayoría son organismos microscópicos que representan el primer eslabón en la cadena alimenticia en los ecosistemas acuáticos (Ramírez y Roldán, 2008). Comprende los organismos fotosintéticos que flotan y que se ubican principalmente en la columna de agua, esencialmente en la zona fótica, de donde utilizan la radiación solar como fuente de energía para sintetizar la materia orgánica, por lo que son denominados

fotoautotróficos, por su tamaño el fitoplancton puede clasificarse en: picoplancton, ultraplancton, nanoplancton y microplancton (Gómez, 2007).

La función principal ecológica del fitoplancton consiste en ser la entrada de energía al sistema a través de la producción primaria. El fitoplancton está ligado a las condiciones ambientales reinantes en los diferentes tipos de lagos por lo que se considera un tipo de bioindicador de la calidad y la inmediata reacción ante los cambios ambientales (Roldán, 2008).

Los grupos de algas predominantes en aguas dulces tropicales pertenecen a los siguientes grupos taxonómicos:

**Bacillariophyta:** Usualmente denominadas diatomeas, presentan variedad de formas y tamaños, pero tienen la característica común de constituir conchas silíceas cuyos patrones de ornamentación son importantes en su taxonomía (Pinilla y Duarte, 2006), esta clase comprende formas unicelulares y coloniales, desprovistas de flagelos. (Ramírez y Roldán, 2008)

**Cyanophyta:** Se las conoce como algas verde-azules, azul verdosas o como cianobacterias, varían de formas unicelulares hasta coloniales. Algunas especies tienen la capacidad de fijar nitrógeno de la atmósfera (*Anabaena* spp, *Nostoc* spp), por lo que se las asocia con aguas deficitarias en nitrógeno o ricas en fósforo. Son propias de condiciones ambientales estables (Pinilla y Duarte, 2006). Son los organismos procariontes de fitoplancton, se desarrollan tanto en agua dulce como en agua marina; abundan en los meses más calientes del año y en aguas de pH neutro o ligeramente básico y su nivel de organización es unicelular, colonial y filamentoso (Ramírez y Roldán, 2008)

**Dinophyta:** Comúnmente conocidas como dinoflagelados, las especies de este grupo están cubiertas por placas de celulosa con ornamentaciones características y están provistas de dos flagelos. Son poco apetecidas por el zooplancton (Pinilla y Duarte, 2006). Se encuentran ampliamente distribuidas en aguas dulces, marinas y estuarinas. En general son unicelulares y autotróficas, en Colombia son ampliamente conocidos los géneros *Peridinium* y *Ceratium* (Ramírez y Roldán, 2008)

**Euglenophyta:** Aunque son fotosintetizadoras, muchas de ellas pueden ser saprófagas (consumidoras de materia orgánica en descomposición), por lo que se las



considera indicadoras de aguas ricas en materia orgánica (Pinilla y Duarte, 2006). Son organismos flagelados, pueden variar de uno a tres, siendo generalmente dos, uno mayor y más visible que el otro. Predominan generalmente en agua dulce, los Euglenophyta son abundantes en charcas y lagunas temporales con alta concentración de materia orgánica (Ramírez y Roldán, 2008)

**Chlorophyta:** Se las conoce como algas verdes, por el color brillante de sus cloroplastos. Incluyen desde formas unicelulares, filamentosos hasta coloniales y de libre movimiento o adheridas a un sustrato. En general las asocian con aguas ricas en nutrientes y con una alta relación nitrógeno-fosforo (Pinilla y Duarte, 2006). Es el grupo más diversificado en las aguas dulces, pero también con abundantes números de representantes tanto en estuarios como en el mar (Ramírez y Roldán, 2008)

**Xanthophyta:** Se caracteriza por su color verde amarillento, son algas unicelulares, coloniales, filamentosas o cenocíticas. Las especies móviles generalmente presentan dos flagelos desiguales. En Colombia han sido reportados los géneros *Tribonema* spp, *Centritractus* spp y *Pseudostaurastrum* spp (Ramírez y Roldán, 2008)

**Cryptophyta:** Son organismos unicelulares con un par de flagelos desiguales. La célula presenta cloroplastos de colores variados, desde verdes hasta pardos, rojos y verdeazules. No crean colonias; En Colombia se registran los géneros *Cryptomonas* sp, *Rhodomonas* sp y *Chilomonas* sp (Ramírez y Roldán, 2008).

#### **4.2.3 Estado trófico**

El estado trófico de humedales, lagos significa la relación entre nutrientes y el crecimiento de la materia orgánica en el mismo, se le atribuye también la condición del metabolismo del ecosistema. Un lago, puede presentar diferentes estados tróficos, como oligotrófico donde las aguas de un ecosistema acuático tienen bajo contenido de nutrientes, con esto generalmente tienen mayor presencia de plantas y animales, una buena calidad del agua y bajos niveles de productividad primaria y biomasa, con una diversidad alta de especies microalgales; mesotrófico: aguas con nutrientes en cantidades moderadas que contribuyen al desarrollo de organismos acuáticos y eutrófico donde se presenta un enriquecimiento de sustancias nutritivas –nitrógeno y fósforo principalmente que generan



mayor productividad y biomasa pero con aguas pobres en oxígeno y un crecimiento de plantas acuáticas, baja diversidad de especies y mucha abundancia de organismos resistentes a estas condiciones (Vásquez y Pinilla, 2006).

La eutrofización se produce de forma natural pero también está asociada a fuentes antropogénicas, el enriquecimiento de nutrientes deteriora la calidad de los ecosistemas y limita el oxígeno de los ecosistemas acuáticos (Moreno, Quintero y López, 2010) Aunque el nitrógeno y el fósforo contribuyen a la eutrofización, es el nutriente limitante el que se relaciona al estado trófico, en la mayoría de los casos suele ser el fósforo, que en estos ambientes proviene de procesos antropogénicos y de los fosfolípidos (Ongley, S.f).

**4.2.3.1 Índice del estado trófico:** El índice de Carlson se estableció en 1977 y se propuso para lagos y embalses de regiones templadas, los valores del índice varían entre 0 y 100 de oligotrófico a hipertrófico. Este índice puede determinarse a partir de varios parámetros como la concentración de clorofila, fosforo total y la transparencia. Para conocer el nivel trófico del humedal María Camila sur se desarrolla la siguiente ecuación donde se tomarán los valores de fosforo total.

$$TSI_{pt} = 14,42 \ln(Pt) + 4,45$$

Dónde: Pt: Fosforo total (mg/m<sup>3</sup>)

Con los valores obtenidos en la anterior ecuación se puede saber el estado trófico como se ve en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

Criterio para clasificar el estado trófico del ecosistema

Estado trófico	TSI (índice de Carlson)
	0
<b>Oligotrófico (TSI&gt;30)</b>	10
	20
	30
	40
<b>Mesotrófico (30&lt;TSI&lt;60)</b>	50



	60
	70
<b>Eutrófico (60&lt;TSI)</b>	80
	90
<b>Hipertrófico (90&lt;TSI&lt;100)</b>	100

Fuente: Cotrino, 2021.

### 4.3 MARCO CONCEPTUAL

**Autoridad ambiental:** Es la encargada de la vigilancia, recuperación, conservación, protección, ordenamiento, uso, manejo, aprovechamiento y control de los residuos renovables y del medio ambiente (Gutierrez y Blanchar, 2017).

**Bioindicadores:** son organismos que pueden ser empleados para conocer las cualidades de los ecosistemas, debido a que están muy relacionados con determinadas condiciones ambientales, la presencia de estos organismos informa sobre la integridad de los ecosistemas y su estado de conservación. Hernández y luna (2016).

**Contaminante:** son sustancias tóxicas que se encuentran en un medio al cual no pertenecen o que lo hace a niveles que pueden causar efectos adversos para la salud o el medio ambiente Estos provienen de: vertidos y residuos industriales, plaguicidas, residuos de fármacos y hormonas en alimentos. Hernández y luna (2016).

**Convención RAMSAR:** Es La Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, conocida en forma abreviada como Convenio de Ramsar, fue firmada en la ciudad de Ramsar (Irán) el 18 de enero de 1971 y entró en vigor el 21 de diciembre de 1975 (Gutierrez y Blanchar, 2017).

**Eutrofización:** se refiere al enriquecimiento de las aguas con nutrientes a un ritmo tal que no puede ser compensado por eliminación o mineralización total, lo que puede provocar el deterioro del medio acuático, alterando la biota y la diversidad biológica. Este deterioro conlleva a niveles superiores dentro de la clasificación trófica (Franco et al.,2010).

**Fauna:** Es el conjunto de animales de una región geográfica. Las especies propias de un periodo geológico o de un ecosistema determinado forman este grupo, cuya

supervivencia y desarrollo depende de factores bióticos y abióticos. (Gutierrez y Blanchar, 2017).

**Flora:** Se trata de todas las especies vegetales que se hallan en una determinada región. (Gutierrez y Blanchar, 2017).

**Impacto ambiental:** Es la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una proyecto, obra o actividad, pueden tener efectos positivos o negativos y tienen características de duración, frecuencia e importancia. (Arengas y Ramírez, 2018).

**Indicador:** Cualquier entidad biológica o proceso, o comunidad cuyas características muestren la presencia de las condiciones ambientales específicas o contaminación. (Arengas y Ramírez, 2018).

**Oxígeno disuelto:** es la cantidad de oxígeno gaseoso (O<sub>2</sub>) disuelto en el agua. En condiciones aeróbicas se favorece la diversidad de las especies ya que los organismos acuáticos necesitan de oxígeno para sobrevivir y crecer. (Cotrino, 2020).

**Ph:** Es una medida que indica la acidez o alcalinidad en el agua, está determinada por el número de iones libres de hidrogeno en una sustancia. (Cotrino, 2020).

**Turbiedad:** es la reducción de la transparencia de un líquido causado por la presencia de partículas sin disolver. (Cotrino, 2020).

**Sistemas lenticos:** Los sistemas lénticos están representados por lagos, lagunas, ciénegas, planos inundables, estuarios y embalses. La característica fundamental que la diferencia de los sistemas lóticos es el almacenamiento de un volumen importante de agua que carece de un flujo unidireccional permanente (Ramírez y Viña, 1998).

#### 4.4 MARCO CONTEXTUAL

Valledupar es la capital del departamento del Cesar, Colombia. Está ubicada al nororiente de la Costa Caribe colombiana, a orillas del río Guatapurí, en el valle del río Cesar formado por la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Perijá. (Observar figura 1).

##### Figura 1

Ubicación de Valledupar.



Fuente: Google maps, 2021

La ciudad es un importante centro para la producción agrícola, agroindustrial y ganadera en la región comprendida entre el norte del departamento del Cesar y el sur del departamento de La Guajira. También es uno de los principales epicentros musicales, culturales y folclóricos de Colombia por ser la cuna del vallenato, género musical de mayor popularidad en el país y actualmente símbolo de la música colombiana. Anualmente atrae a miles de visitantes de Colombia y del exterior durante el Festival de la Leyenda Vallenata, máximo evento del vallenato.

Valledupar está ubicada al norte del Valle del Cesar, entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá, al margen de los ríos Cesar y Guatapurí, en la Costa Caribe colombiana.



**Extensión total:** 4.493 Km<sup>2</sup>

**Extensión área urbana:** El casco urbano tiene una longitud norte-sur de 8.3 km y este-oeste de 6.2 km

**Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar):** la ciudad se encuentra a una altitud que oscila entre los 220 m. al norte y 150 m. a sur, siendo la altitud media de 168 m.

**Temperatura media:** la temperatura Media Anual es de 28,4 °C, con máximas y mínimas de 22°C y 34°C respectivamente, la temperatura máxima histórica registrada es de 41.5°C y la mínima de 16°C. El mes más caluroso es abril con un promedio de 30°C y el más fresco octubre.

**Vegetación:** El valle del río Cesar pertenece a la clasificación climática Bosque Seco Tropical, estando cubierto por un bosque claro muy intervenido donde se alternan árboles dispersos y pastos artificiales para el sostenimiento de la importante cabaña bovina existente en sus campos. Las especies más representativas de la región, que corresponde a bosque seco tropical, están representadas por los géneros Cassia, Tabebuia, Crescentia e Inga entre otras con nombres comunes como acacias, cañaguates, guanábanos, cedros, ceibas y una importante variedad de especies foráneas muy adaptadas ya al medio local como los mangos, eucaliptos y cítricos.

También es importante la presencia de árboles frutales en zonas públicas como parques, andenes y separadores de avenidas, en este caso por iniciativa de la municipalidad. El árbol más común es el mango seguido de cañahuate, ceibas, robles, totumos, acacias, mamones, cotoprix, uvitos, cardamomos y un importante corredor vial de cauchos.

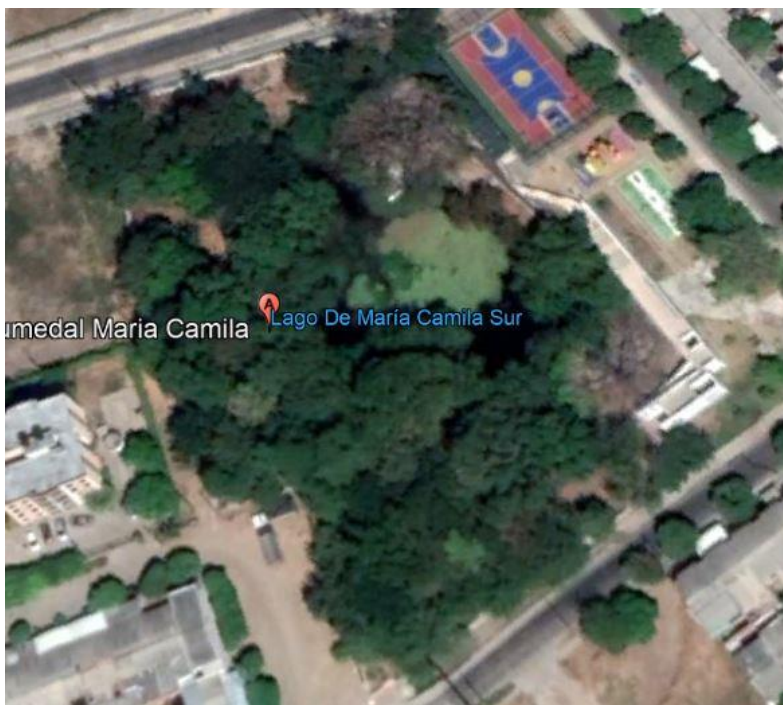
**Fauna:** La fauna silvestre en la actualidad se encuentra muy afectada, los felinos y mamíferos como el tigrillo y los venados son actualmente una rareza sobresaliendo casi exclusivamente los reptiles representados por las iguanas, lagartijas y algunas serpientes como boas, falsas corales, y mapaná. En cuanto a las aves sobresalen algunas rapaces como la lechuza y los gavilanes y otras como palomas, tierrelitas.

#### **4.4.1 ÁREA DE ESTUDIO**

Según Corpocesar (2015) El Humedal María Camila se encuentra ubicado en el barrio María Camila Sur, que se encuentra en la comuna 4 del municipio de Valledupar – Cesar, cubierto por vegetación y localizado alrededor de las coordenadas Y = 1088432: X = 1647342. Su área aproximada es de 1.750 m. Observar figura 1.

**Figura 2**

Ubicación del humedal María Camila sur.



Fuente: tomada y adaptada de Google maps, 2020.

**4.5 MARCO LEGAL**

**Tabla 2.**

Marco legal aplicable

Normatividad	Artículos	Aplicabilidad
Constitución política de Colombia	Artículo 8. Contempla que es obligación del estado y	Es deber el estado proteger la integridad del ambiente, conservar las áreas de



---

las personas proteger las especial importancia  
riquezas culturales y ecológica y fomentar la  
naturales de la nación. educación para lograr los  
Artículo 79. Todas las logros proyectados  
personas tienen el derecho  
de gozar de un ambiente  
sano. La ley garantiza la  
participación de la  
comunidad en las  
decisiones que puedan  
afectarlo.

**Ley 99 de 1993**

---

Art.1: Dentro de los  
principios generales  
ambientales dispone en el  
numeral 2 que la  
biodiversidad del país, por  
ser patrimonio nacional y de  
interés de la humanidad,  
deberá ser protegida  
prioritariamente y

aprovechada en forma  
sostenible.

Art.116: lit. g, autoriza al  
Presidente de la República  
para establecer un régimen  
de incentivos económicos,  
para el adecuado uso y

Se toma como referencia  
por ser la ley de medio  
ambiente la cual se encarga  
de proteger y conservar el  
medio ambiente y la salud  
humano por consiguiente



---

aprovechamiento del medio ambiente y de los recursos renovables y para la recuperación y conservación de ecosistemas por parte de propietarios privados

---

**Ley 357 del 21 de enero 1997. Por medio del cual se incorporó a la legislación nacional la convención RAMSAR. Esta ley fue declarada exequible mediante sentencia de la corte constitucional 582 de 1997. La adhesión Colombiana a la convención se ratificó en Junio de 1998, durante la reunión panamericana de la convención, celebrada en Costa Rica**

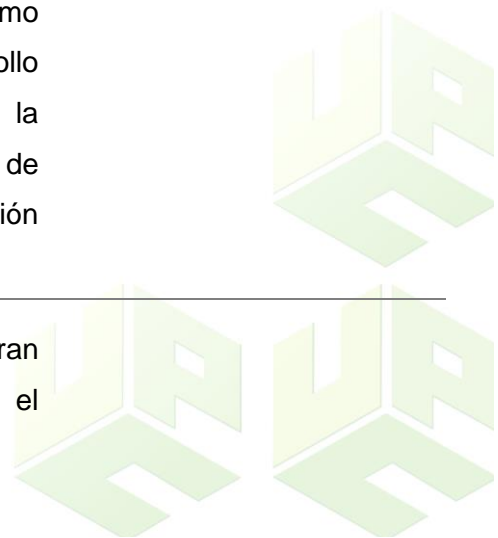
Artículo 3. Cada Parte Contratante tomará las medidas necesarias para informarse lo antes posible acerca de las modificaciones de las condiciones ecológicas de los humedales situados en su territorio e incluidos en la Lista, y que se hayan producido o puedan producirse como consecuencia del desarrollo tecnológico de la contaminación o de cualquier otra intervención del hombre.

Se toma como referencia porque específicamente esta ley se encarga de proteger ecosistema como los humedales que son objeto de estudio en este proceso investigativo.

---

**Decreto ley 2811 de enero de 1974. Por el cual se dicta el código nacional de recursos naturales renovables y de**

Art. 8: Se consideran factores que deterioran el ambiente:





---

**protección del medio  
ambiente.**

a. La contaminación del aire, de las aguas, del suelo y de los demás recursos naturales renovables.

d. Las alteraciones nocivas del flujo natural de las aguas

e. La sedimentación en los cursos y depósitos de agua.

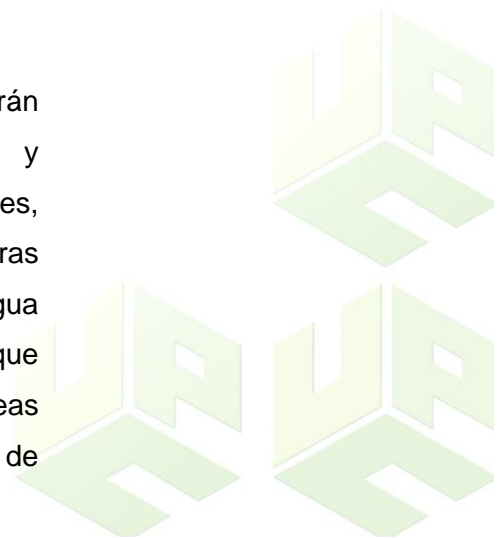
l. La acumulación o disposición inadecuada de residuos, basuras, desechos y desperdicios.

Art. 9: Se refiere al uso de elementos ambientales y de recursos

naturales renovables.

Art. 137: Señala que serán objeto de protección y control especial las fuentes, cascadas, lagos y otras corrientes de agua naturales o artificiales, que se encuentren en áreas declaradas dignas de protección.

Se toma como referencia ya que tiene como finalidad la protección de todos los ecosistemas, dentro de los cual se encuentra los humedales por su riqueza en flora y fauna.





---

Art. 329: Precisa que el sistema de parques nacionales tiene como uno de sus componentes las reservas naturales. Las reservas naturales son aquellas en las cuales existen condiciones de diversidad biológica destinada a la conservación. Investigación y estudio de sus riquezas naturales.

---

**Decreto 1076 2015**

Oxígeno disuelto: 4,0 mg/l

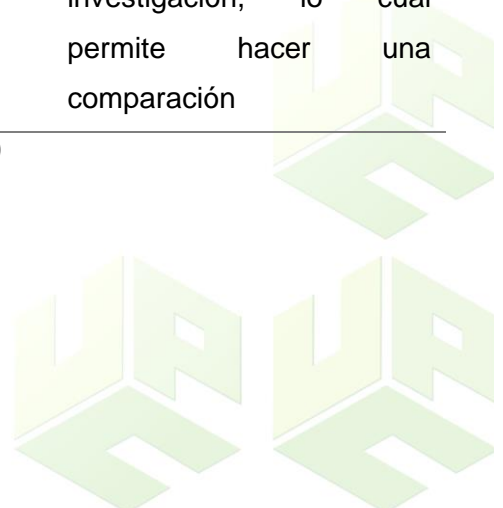
Ph: 4.5 – 9,0

Turbiedad: 10 Unidades

Se toma como referencia porque estos parámetros se analizarán en esta investigación, lo cual permite hacer una comparación

---

Fuente: autores, 2020



## **5. MARCO METODOLÓGICO**

### **5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

La línea de investigación de la facultad corresponde a sostenibilidad y gestión ambiental y la sublínea de investigación bioindicadores de la calidad del agua.

### **5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Este estudio fue de un tipo de investigación explicativo. La investigación explicativa se encargó de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos (Arias, 2006).

### **5.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

El nivel de esta investigación fue no experimental, este nivel de investigación se basó en categorías, conceptos, sucesos que se dan sin la intervención directa del investigador, es decir, sin alterar el objeto de estudio, estudiándose el fenómeno tal cual y como es en el contexto (Arias, 2006).

### **5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO**

La población correspondió al humedal de María Camila sur ubicado en la ciudad de Valledupar, Cesar.

### **5.5. MUESTRA POBLACIONAL**

Hizo referencia a las muestras de agua que se tomaron en el humedal para determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y la presencia de la comunidad Fito plantónica.

### **5.6. DESARROLLO METODOLOGICO**

A continuación, se presentan las fases metodológicas que permitieron el cumplimiento de los objetivos trazados, para lo cual se establecieron actividades que se describen a detalles:

**5.6.1 Fase 1. Caracterizar fisicoquímicamente el agua del humedal de María Camila sur.**



### **Actividad 1.1. puntos de muestreo**

**Descripción:** de acuerdo con la metodología de (Jaume Cabra 2005) se definieron tres puntos de muestreo a la largo y ancho del humedal, buscando que los puntos abarquen toda la zona de estudio con el fin de tener datos representativos del ecosistema.

Para la selección de los puntos, se tomaron como referencia los criterios del muestreo estratificado, la cual consiste en dividir el cauce en estratos, obteniendo tres zonas y de estas, se selecciona un punto de muestreo para cada zona.

#### **5.5.1 Selección De Los Puntos De Muestreo**

Según Ramírez, et. Al. (2019), para la selección de los puntos de muestreo se deben tener en cuenta diversos factores, entre estos:

- **Accesibilidad:** es el factor más importante, pues los puntos deben seleccionarse en zonas donde sea relativamente fácil tomar las muestras.
- **Puntos estratégicos:** son los puntos en donde probablemente se pueden encontrar concentraciones anormales debido a la dinámica de contaminación.

Debido a lo anterior, se establecieron tres puntos de muestreo. La figura a continuación permite evidenciar los puntos de muestreo establecidos en el humedal, los cuales se representan con los círculos rojos.

### **Figura 3**

Puntos de monitoreo





Fuente: Autores, 2022

El Humedal María Camila se encuentra ubicado en el sur occidente de la ciudad de Valledupar, cubierto por vegetación y diversidad de fauna, localizado alrededor de las coordenadas  $Y = 1088432$ :  $X = 1647342$ , con un área aproximada de 1.750 m<sup>2</sup> (Corpocesar, 2018).

La cuenca hidrográfica urbana del humedal de María Camila tiene un área total de 116 hectáreas de los cuales el 97,43% está ocupado por infraestructura de ciudad como lo son vías, casas, colegios, iglesias, parques, canchas deportivas entre otras, y un 2,57% de espejo de agua del humedal de María Camila, el canal de salida del humedal y la ronda hidráulica del ecosistema acuático.

**Figura 4**

Levantamiento topográfico del humedal María Camila.



Fuente: Gutiérrez, 2018.

### Actividad 1.2. Toma de muestras

**Descripción:** Como se evidenció en los puntos de muestreo, en cada uno de estos se tomó una muestra puntual, para un total de tres muestras puntuales, que conformaron una muestra combinada. Esto se realizó en los meses de febrero a junio por lo que se obtuvo una muestra combinada para cada mes. Sin embargo, como dos de los parámetros fisicoquímicos a caracterizar no se podían realizar en la UPC, se recolectaron dos botellas de 150 ml para cada mes, con la finalidad de garantizar la cantidad de agua suficiente para caracterizar en la Universidad y hacer el envío de las muestras al Laboratorio. Para el muestreo, se tomó como base metodología la guía de muestreo propuesta por el IDEAM, 2015.

**La finalidad de la toma de muestras realizada fue para:**

1. Determinar la concentración de los parámetros Ph, fosforo total, oxígeno disuelto, Nitrógeno total y turbiedad.

2. Conocer la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica presente en el humedal. Para realizar este procedimiento, se construyó una red cónica simple con tamaño de poro de 20  $\mu\text{m}$ , esta red se introdujo por un periodo de 5 minutos en cada punto y luego las muestras se envasaron en frascos previamente rotulados, que posteriormente se trasladaron a la Universidad Popular del Cesar.

### **Actividad 1.3. Análisis de parámetros fisicoquímicos**

**Descripción:** a continuación, se presentan los parámetros fisicoquímicos que fueron analizados en cada una de las épocas de muestreo:

**Tabla 3**

Parámetros de estudio.

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>
Ph	U de pH	SM 4500-H• B /Electrométrico
Fosforo total	mg/pL	método 4500-PB
Oxígeno disuelto	mg/l	Electrodo de membrana
Turbiedad	UNT	SM2130B/Nefelométrico
Nitrógeno total	Mg/L	Método Kjeldahl

Fuente: autores, 2021.

### **5.6.2 Fase 2. Identificar la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica del área objeto de estudio.**

#### **Actividad 2.1. Identificación y cuantificación de los microorganismos**

**Descripción:** Basado en el protocolo de concentración, recuento celular y tasa de crecimiento (Voltolina, 2015) se realizó el conteo de las microalgas existentes, la cual consistió en el uso del microscopio del laboratorio de microbiología de la Universidad Popular del Cesar. Por medio de una pipeta se depositó una gota de muestra en el portaobjeto, y se ajustó el cubreobjeto. Se usó un objetivo de 40X debido a que este se



encontraba funcionando en el microscopio del laboratorio. Por ultimo se anotaron los resultados obtenidos en la identificación, clasificándolos en clase, grupo y género.

**5.6.1 Fase 3. Determinar el estado trófico del humedal teniendo en cuenta las condiciones fisicoquímicas y la comunidad de fitoplancton presente.**

### Actividad 3.1. Cálculo del índice de estado trófico

**Descripción:** teniendo en cuenta el resultado del parámetro fosforo total se procederá a calcular el índice de estado trófico con el fin de conocer el nivel trófico del humedal de María Camila sur se desarrollará la siguiente ecuación donde se tomarán los valores de fosforo total.

$$TSI_{pt} = 14,42 \ln(Pt) + 4,45$$

Dónde: Pt: Fosforo total (mg/m<sup>3</sup>)

Con los valores obtenidos en la anterior ecuación se puede saber el estado trófico como se ve en la Tabla 4.

**Tabla 4.**

Cálculo del estado trófico

Estado trófico	TSI (índice de Carlson)
<b>Oligotrófico (TSI&gt;30)</b>	0
	10
	20
	30
<b>Mesotrófico (30&lt;TSI&lt;60)</b>	40
	50
	60
<b>Eutrófico (60&lt;TSI)</b>	70
	80
	90
<b>Hipertrófico (90&lt;TSI&lt;100)</b>	100

Fuente: Cotrino, 2021

## 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 6.1 Caracterización fisicoquímica del agua del humedal de María Camila sur.

#### 6.1.1. Puntos de muestreo y toma de muestras

Se definieron los tres puntos de muestreo de acuerdo con la metodología de (Jaume Cabra 2005) y el muestreo estratificado, abarcando toda la zona del humedal María Camila sur. Se tuvieron en cuenta factores como accesibilidad, y puntos estratégicos conforme Ramírez, et. Al. (2019). De esta manera, los puntos de muestreo quedaron definidos en las siguientes coordenadas:

Punto de muestreo 1: Coordenadas Y= 1088723: X = 1647382

Punto de muestreo 2: Coordenadas Y= 1087393: X = 1642198

Punto de muestreo 3: Coordenadas Y= 1085312: X = 1639872

Para la identificación rápida de los puntos de muestreo se establecieron estacas que permitieron encontrarlos con facilidad. La imagen siguiente evidencia lo anterior.

#### Figura 5

Establecimiento de estacas para identificación



Fuente: Autores, 2022

#### 6.1.1.1 Toma de muestras de agua del humedal

La toma de muestras de agua inició con la recolección de estas desde el mes de febrero de 2022, hasta el mes de junio del mismo año, tomando un total de 5 muestras. Para el muestreo, se tomó como base metodología la guía de muestreo propuesta por el IDEAM, 2015. El procedimiento se describe a continuación:

Debido a que las muestras de agua tomadas fueron combinadas, se tomaron tres muestras puntuales correspondientes a los puntos de muestreo definidos con anterioridad, los cuales conformaron el muestreo combinado para cada muestra tomada.

Se mantuvieron 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, y posteriormente realizar la homogenización de las muestras.

Antes de llenar el envase con la muestra, se lavó 2 veces el recipiente con el agua que fue recolectada.

Se realizó la toma con cuidado para garantizar que los resultados analíticos representaran la composición real.

Se llevó un registro con la información suficiente, que debía contener: nombre de quién toma la muestra, fecha, hora, localización, temperatura del agua, condiciones meteorológicas, nivel del agua.

Se recolectaron dos botellas plásticas de 150ml, para garantizar la cantidad suficiente de agua. Se refrigeró la muestra una vez recolectada.

## **Figura 6**

Toma de muestras





Fuente: Autores, 2022

### 6.1.2. Resultados y análisis de parámetros fisicoquímicos

Una vez obtenidas la totalidad de las muestras de agua se trasladaron al Laboratorio de la Universidad Popular del Cesar, en el mes correspondiente a la toma de cada una de estas; donde se caracterizaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: pH, turbidez, oxígeno disuelto y adicionalmente decidimos realizar sólidos suspendidos totales en acompañamiento con la ing. Melisa Martínez. Para el caso del fósforo total y nitrógeno total, la UPC, no cuenta con los implementos ni herramientas necesarias para realizarlos, por ende, estos dos parámetros se caracterizaron en el laboratorio Cristal Violeta de la ciudad de Valledupar.

Cabe resaltar que las caracterizaciones se realizaron en dos fechas distintas, la cual correspondía al mes de toma de la muestra de agua. A continuación se describe el procedimiento de las caracterizaciones y se plasman los resultados de ambas muestras.

- **Determinación de pH:** Para la determinación del pH se realizó con el método del pHmetro. Se introdujo el pHmetro en el líquido a medir, en cada muestra. Se esperó 2 minutos hasta asegurar que la lectura se estabilizara. Los resultados son los siguientes:

**Muestra febrero:** 8,10

**Muestra marzo:** 7,9

**Muestra abril:** 6,5

**Muestra mayo :** 6,8

**Muestra junio:** 6,1

### **Figura 7**

Determinación del pH



Fuente: Autores, 2022

*Nota: Debido a que no se realizó de manera IN SITU, los resultados de las muestras de agua para la caracterización del pH pueden variar como consecuencia de la mezcla y preservación de las muestras.*

*Este procedimiento se realizó de esta manera, ya que, la Universidad Popular del Cesar, no admite el préstamo de equipos de este tipo para las caracterizaciones del agua, a pesar de que, se le solicitó a la ing. Melissa, quien negó la solicitud por parte del jefe de departamento, por lo que nos vimos en la necesidad de realizarlos con el transporte y preservación de las muestras, consientes que, los valores podrán estar sujetos a variaciones debido a lo anterior.*

- **Determinación de turbidez:** La determinación de este parámetro se realizó con ayuda del instrumento turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua. Los resultados se muestran a continuación:

**Muestra Febrero:** 1,63 NTU



**Muestra marzo:** 1,94 NTU

**Muestra abril:** 35,87 NTU

**Muestra mayo:** 36,30 NTU

**Muestra junio:** 38,76 NTU



Fuente: Autores, 2022

- **Determinación de oxígeno disuelto:** La determinación del Oxígeno disuelto se realizó gracias a un detector de oxígeno disuelto digital PCE-PHD 1. Para esto, se introdujo el medidor en las muestras de agua. Se esperó 2 minutos hasta asegurar que la lectura se estabilizara. Los resultados se muestran a continuación:

**Muestra Febrero** 6,7 mg/L

**Muestra Marzo:** 6,1 mg/L

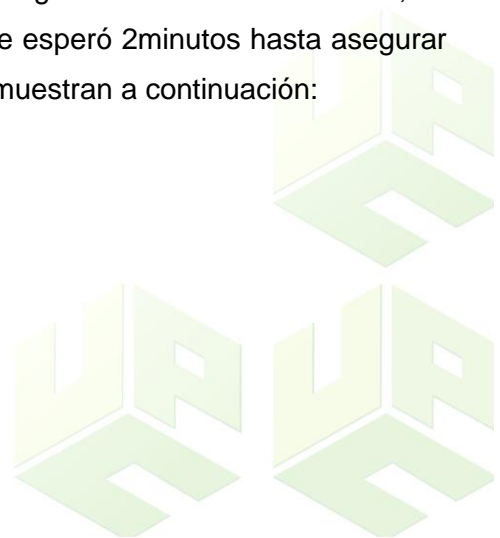
**Muestra abril:** 7,3 mg/L

**Muestra mayo:** 7,1 mg/L

**Muestra junio:** 7,2 mg/L

**Figura 8**

Determinación de oxígeno disuelto





Fuente: Autores, 2022

*Nota: Debido a que la caracterización de este parámetro no se realizó de manera IN SITU, los resultados de las muestras de agua para el oxígeno disuelto pueden variar como consecuencia de la mezcla y preservación de las muestras.*

*Este procedimiento se realizó de esta manera, ya que, la Universidad Popular del Cesar, no admite el préstamo de equipos de este tipo para las caracterizaciones del agua, a pesar de que, se le solicitó a la ing. Melissa, quien negó la solicitud por parte del jefe de departamento, por lo que nos vimos en la necesidad de realizarlos con el transporte y preservación de las muestras, consientes que, los valores podrán estar sujetos a variaciones debido a lo anterior.*

- **Determinación de SST:** Para la determinación de este parámetro se realizó por el método gravimétrico que se basa en la retención de las partículas sólidas en un filtro de fibra de vidrio a través del cual se hace pasar una muestra homogénea; el residuo que queda retenido se seca a 103-105°C. El incremento en el peso del filtro representa la cantidad de sólidos suspendidos totales. Sin embargo, se utilizó filtro papel debido a la escasez del primero.

Para la determinación de los SST se realizó el pesaje de los filtros con las diferentes muestras. El procedimiento específico, se detalla a continuación:

**Paso 1:** Se hizo pasar agua destilada a través del papel filtro con ayuda de una máquina de vacío, posteriormente se secó el papel filtro en el horno por 30 minutos y por último se determinó su peso.

**Paso 2:** Se hizo pasar el agua de las muestras por medio del papel filtro con ayuda de una máquina de vacío, luego se dejó secar el papel filtro en el horno y de esta manera determinar su peso.

**Paso 3:** Como paso final se realizó la diferencia de los pesos de los filtros para cuantificar los SST presentes.

Como sugerencia de la ingeniera Melisa, y para garantizar unos resultados confiables y mitigar el error en los pesos, el procedimiento se realizó dos veces. La tabla a continuación resume los pesos obtenidos.

**Tabla 5**

Pesos obtenidos de la determinación de SST

Filtros y muestras	Peso inicial	Peso final	SST retenido	Promedio SST retenido
Filtro 1 muestra febrero	0.1213 g	0.1221 g	0.0008 mg/L	0.001 mg/L
Filtro 2 muestra febrero	0.1281 g	0.1293 g	0.0012 mg/L	
Filtro 1 muestra marzo	0.1264 g	0.1271 g	0.0007 mg/L	0.001 mg/L
Filtro 2 muestra marzo	0.1218 g	0.1231 g	0.0013 mg/L	
Filtro 1 muestra abril	0.1303 g	0.1327 g	0.0024 mg/L	0.00275 mg/L



<b>Filtro 2 muestra abril</b>	0.1321 g	0.1352 g	0.0031 mg/L
<b>Filtro 1 muestra mayo</b>	0.1318 g	0.1360 g	0.0042 mg/L
<b>Filtro 2 muestra mayo</b>	0.1320 g	0.1359 g	0.0039 mg/L
<b>Filtro 1 muestra junio</b>	0.1319 g	0.1356 g	0.0037 mg/L
<b>Filtro 2 muestra junio</b>	0.1321 g	0.1362 g	0.0041 mg/L

Fuente: Autores, 2022

La tabla anterior evidencia que para las muestras se obtuvo un promedio de SST retenido de:

**Muestra febrero:** 0.001 mg/L

**Muestra marzo:** 0.001 mg/L

**Muestra abril:** 0.00275 mg/L

**Muestra mayo:** 0.0041 mg/L

**Muestra junio:** 0.0039 mg/L

### Figura 9

Determinación de SST





Fuente: Autores, 2022

- **Determinación de Fósforo total y Nitrógeno total**

Como se mencionó anteriormente, la UPC, no cuenta con los implementos ni herramientas necesarias para determinar el fósforo total, ni el nitrógeno total, por ende, estos parámetros se caracterizaron en el laboratorio Cristal Violeta de la ciudad de Valledupar. En el anexo 1, se soporta la evidencia del análisis por parte del laboratorio. Los resultados se muestran a continuación:

**Tabla 6**

Resultados de Fósforo total y Nitrógeno total

Parámetro	Muestra	Unidad	Técnica o método usado	Resultado obtenido
<b>Nitrógeno total</b>	Agosto N. 1	mg N /L		<3,00



<b>Nitrógeno total</b>	Agosto N. 2	SM 4500-Norg C, SM 4500 NH <sub>3</sub> B, C - Semi-micro Kjeldah	<3,00
<b>Fósforo total</b>	Agosto N. 1	SM 4500-P E (Ed 23, 2017) - Digestión - Método de Ácido ascórbico	0,32
<b>Fósforo total</b>	Agosto N. 2	mg P /L	0,73

Fuente: Laboratorio Cristal Violeta, 2022

### 6.1.2.1 Análisis de los resultados de parámetros fisicoquímicos

La tabla a continuación resume los datos obtenidos en la caracterización fisicoquímica, y posteriormente se realiza el análisis de estos. Adicionalmente se compara con la resolución 2115 de 2007, Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

**Tabla 7**

Resumen de caracterización fisicoquímica

Parámetro/ muestra	pH	Turbidez (UNT)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Nitrógeno total (mg N /L)	Fosforo total (mg P /L)
<b>Febrero</b>	8,10	1,63	6,7	0,001		0,73
<b>Marzo</b>	7,9	1,94	6,1	0,001		
<b>Abril</b>	6,5	35,87	7,3	0.0027	<3,00	
<b>Mayo</b>	6,8	36,30	7,1	0.0041		
<b>Junio</b>	6,0	38,76	7,2	0,0039		0,32

Fuente: Autores, 2022



Conforme a los resultados obtenidos, para el caso del pH, ninguna de las 5 muestras tomadas en los diferentes meses excede el límite permisible por la Resolución 2115 de 2007, la cual va entre 6,5- a 9,0. Sin embargo, la muestra tomada en febrero y marzo evidencian un valor de pH de 8,1 y 7,9 respectivamente, es decir, ligeramente alcalino, mientras que, las siguientes muestras para el mes abril, mayo y junio, mostraron un resultado ligeramente ácido. Según el IDEAM (2018), en su guía para la medición de pH, establece que, el pH es una medida que indica la acidez del agua. El rango varía de 0 a 14, siendo 7 el rango promedio (rango neutral). Un pH menor indica acidez, mientras que un pH mayor a 7, indica que el agua es básica. En realidad, el pH es una medición de la cantidad relativa de iones de hidrógeno e hidróxido en el agua. Si el agua contiene más iones de hidrógeno tiene una mayor acidez, mientras que agua que contiene más iones de hidróxido indica un rango básico. El pH se puede ver afectado por la sedimentación atmosférica (o lluvia ácida) provenientes de industrias y transporte, los vertidos de aguas residuales, para el caso del humedal María Camila. Por esta razón, las muestras correspondientes a los meses abril, mayo y junio, presentan resultados ligeramente ácidos, debido a las lluvias que se presentan para esa época del año, recordando que, la (UNGRD, 2022), mencionó que las temporadas de lluvia se extienden desde finales de marzo hasta principios de junio y desde finales de septiembre hasta principios de diciembre. Cabe resaltar que, la mayoría de las plantas y animales acuáticos prefieren vivir en un intervalo de pH entre 6 y 8, rango en el que se encuentran los resultados. Los animales y plantas se han adaptado a un pH específico, y si el pH del agua se sale de estos límites podrían morir, dejar de reproducirse o emigrar. Un pH bajo también puede hacer que los compuestos tóxicos sean más perjudiciales (IDEAM, 2018).

En el caso de la turbidez y SST, los cuales están relacionados, la muestra tomada en el mes de febrero, y el mes de marzo no exceden los límites permisibles por la Resolución 2115 de 2007, para ninguno de los dos parámetros, sin embargo, la muestra tomada en los tres meses posteriores (abril, mayo y junio), exceden la turbidez permitida (2 UNT), con un valor obtenido de 35,87 UNT; 36,30 UNT y 38,76 UNT respectivamente, esto se fundamenta en la investigación de Mendoza, (2019) quien afirma que a medida que aumenta el volumen de agua como consecuencia de las precipitaciones el afluente arrastra una mayor cantidad

de sedimentos haciendo que exista una mayor cantidad de partículas suspendidas y por consecuencia, aumente la turbiedad en el agua, como consecuencia se mostró una mayor concentración de SST para esta muestra; y como ya se había mencionado según la UNGRD (2022), estos últimos tres meses corresponden a meses de lluvia para el país.

Para el caso del oxígeno disuelto, según el IDEAM (2015), el oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno gaseoso que está disuelto en el agua, este es fundamental para la vida de los peces, plantas, algas, y otros organismos; por eso, desde siempre, se ha considerado como un indicador de la capacidad de un río para mantener la vida acuática. La concentración de este elemento es resultado del oxígeno que entra en el sistema y el que se consume por los organismos vivos (IDEAM, 2015). Para las muestras se evidencia menor oxígeno en los dos primeros meses, que en los tres últimos, sin embargo, los valores obtenidos no difieren en gran magnitud, lo que puede deberse a la cantidad de oxígeno tomado por la comunidad de microalgas del humedal en todos los meses. Como se observó en las imágenes, el humedal está cubierto de vegetación, lo que evidencia un oxígeno escaso en el humedal.

Por último, en cuanto al nitrógeno total y el fósforo total, estos dos parámetros son indicadores de la presencia de algas en los sistemas acuáticos. Según la EPA (2022), el nitrógeno y el fósforo ayudan al crecimiento de algas y plantas acuáticas, que brindan comida y un hábitat a peces, moluscos y organismos más pequeños que viven en el agua. Sin embargo, cuando demasiado nitrógeno y fósforo ingresan a un medio, generalmente provenientes de diversas actividades humanas, el aire y el agua pueden contaminarse. Los resultados obtenidos muestran que para el caso del nitrógeno total ambas muestras obtuvieron resultados menores a 3 mg N/ L, sin embargo, en cuanto al fósforo, la muestra número 2 presentó una mayor concentración que la otra, con un resultado de 0,73 mg P / L. El exceso de nitrógeno y fósforo en el agua hace que el alga crezca tan rápido que los ecosistemas no pueden lidiar con esa cantidad. Un aumento significativo en la cantidad de alga deteriora la calidad del agua, los alimentos y los hábitats, y reduce el oxígeno que los peces y otras especies acuáticas necesitan para vivir. Las proliferaciones de alga son llamadas florecimientos y pueden reducir en gran medida o eliminar el oxígeno presente en

el agua, lo que podría explicar porque, en la primera muestra el oxígeno es menor que en la primera, debido al consumo de las algas de este oxígeno.

Es de resaltar que las muestras tomadas en los dos primeros meses (febrero y marzo), para los diferentes parámetros, no difieren significativamente en los valores obtenidos, sin embargo, las muestras de los tres meses posteriores evidencian resultados similares entre sí, pero con diferencia entre los dos primeros meses del año, lo que podría deducirse que puede deberse al aumento de las precipitaciones a partir del mes de abril del 2022, y su alteración en las condiciones del humedal María Camila.

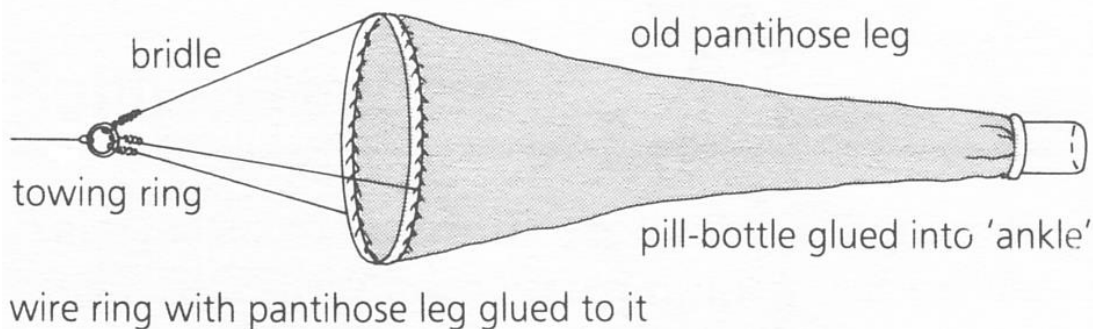
## **6.2 Identificación de la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica del área objeto de estudio.**

### **6.2.1 Recolección de microalgas existentes**

Para realizar este procedimiento, se construyó una red cónica simple con tamaño de poro de 20  $\mu\text{m}$ , esta red se introdujo por un periodo de 5 minutos en cada punto y luego las muestras se envasaron en frascos previamente rotulados, que posteriormente se trasladaron a la Universidad Popular del Cesar.

#### **Figura 10**

Esquema de red cónica



Fuente: Archivos Google, 2022

Para la construcción de la red cónica se compraron tres metros de la fibra de tela delgada que cumplía con los poros establecidos. El material se consiguió en un taller de fibras, así mismo, se consiguieron puntillas para realizar el ensamblaje de la red. Los materiales fueron llevados a un taller de modistería de Valledupar, donde realizaron la forma cónica de la red con ayuda de una maquina de coser. Posteriormente, se trasladada a una

chatarrería, donde se soldó la parte superior para que pudiese sostener la fibra de tela y ofrecer una manga poder tomar la red.

### **Figura 11**

Red cónica elaborada



Fuente: Autores, 2022

Una vez realizada la red conica, nos dirigimos nuevamente al humedal Maria Camila, para recopilar las microalgas. Para la recolección de microalgas se realizó para cada mes muestreado. El procedimiento realizado se describe a continuación:

1. Se identificaron los tres puntos de muestreo establecidos con anterioridad.
2. Se filtró 5 litros de agua de muestra combinada tomados siguiendo el procedimiento de la toma de muestras usado en el apartado de toma de muestras.
3. El agua filtrada se recolectó en frascos plásticos de 100ml debidamente rotulados y se trasladó al laboratorio de la Universidad Popular del Cesar.

#### **6.2.2. Identificación y cuantificación de los microorganismos**

El crecimiento de un cultivo de microalgas se expresa como el incremento de biomasa ya sea en forma de número de células (cél/ml), en peso seco (total y/o orgánico), cantidad de proteína, de pigmentos, medidos directamente o en unidades arbitrarias de fluorescencia, volumen de las células o carbono celular total, calculado para un período de



tiempo o una fase de crecimiento específica (Arredondo-Vega et al., 1997). Este incremento puede ser estimado por diferentes métodos, entre los cuales los más utilizados en los laboratorios son el recuento celular a través del microscopio o mediante contadores de partículas (aunque éstos son generalmente costosos, por lo cual su uso estará supeditado a la posibilidad de adquirirlos), la determinación de los cambios de densidad óptica del cultivo por espectrofotometría o finalmente la cuantificación de la biomasa en peso seco, total u orgánico, o de sus componentes bioquímicos que son de interés para los fines de un cultivo en particular (proteínas, pigmentos o ácidos grasos, entre otros). De estos métodos, el recuento celular es el más utilizado por ser un método sencillo y poco costoso, el cual permite además un mejor seguimiento del cultivo mediante su inspección visual. Es necesario remarcar que la correspondencia entre la concentración celular y la información proporcionada por los otros métodos (como la cantidad de pigmentos o de otros componentes celulares, que son más laboriosos y requieren de tiempo, material y equipamiento más costoso) no es constante, ya que éstos dependen del estado fisiológico de las células, de la fase de crecimiento y de las condiciones ambientales a las cuales está sometido el cultivo (Alfonso y Leal, 1998).

Así mismo, se usó el método empleado en el principal antecedente de la investigación Cotrino (2020) quien realizó un estudio titulado “análisis de la calidad del agua del humedal Jaboque mediante la identificación de la comunidad fitoplanctónica y las condiciones fisicoquímicas del agua.

Para la identificación taxonómica de los organismos se utilizaron los trabajos y las claves taxonómicas de Kofoid & Skossberg (1928), Cupp (1943), Davis (1964), Steidinger (1964), Wahlquist (1964), Avaria (1965), Dodge (1975), Taylor (1987), Vidal & Carbonell (1977), Pesantes (1978), Mora (1993) y Corchuelo & Moreno (1983), entre otros; el cual se basa en el protocolo de concentración, recuento celular y tasa de crecimiento (Voltolina, 2015). El método utilizado en las investigaciones anteriores se basó en el conteo de las microalgas existentes, la cual consistió en el uso del microscopio del laboratorio de microbiología de la Universidad Popular del Cesar. Por medio de una pipeta se depositó una gota de muestra en el portaobjeto, para esto, se hizo un barrido por toda la laminilla, se inició en un lugar al azar para hacer luego transectos a lo largo o ancho de manera vertical,

y se ajustó el cubreobjeto. Se esperó por tres minutos antes de proceder al contaje en el microscopio, para dejar que las unidades algales se asienten debidamente. Se usó un objetivo de 40X debido a que este se encontraba funcionando en el microscopio del laboratorio. Se contó con el acompañamiento del estudiante de microbiología de decimo semestre Miguel Palomino, como recomendación del encargado del laboratorio, quién guio el procedimiento y la identificación de fitoplancton.

*Nota: Debido a la falta de implementos en la Universidad Popular del Cesar, se decidió realiza este método, el cual fue propuesto y guiado por el encargado del laboratorio de microbiología.*

**Figura 12**

Montaje en el microscopio



Fuente: Autores, 2022

**6.2.2.1 Resultados de la identificación y cuantificación de fitoplancton**

Una vez realizado el procedimiento anterior, se identificaron las siguientes especies en la muestra de agua correspondiente a los meses muestreados:

**Tabla 8**

Morfotipos de algas identificadas en meses muestreados

Morfotipos/muestra	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Clase:	<i>Euglenophyceae</i>				



<b>Genero:</b>	<i>Euglena mutabilis</i>	10	9	8	8	9
	<i>Phacus (Euglenales)</i>	7	7	1	No observable	No observable
	<i>Euglena gracilis</i>	9	9	No observable	1	No observable
<b>Característica del agua donde predomina</b>	Este grupo ecológicamente se han considerado bioindicadores de aguas con moderado contenido de materia orgánica, que se relacionan con posibles inicios de aguas eutróficas. Es un grupo de protistas flagelados, comúnmente presentes en agua dulce (Licea Durán, 2019).					
<b>Clase:</b>	<i>Bacillariophyceae</i>					
<b>Género:</b>	<i>Nitzschia sp.</i>	8	8	No observable	1	No observable
	<i>Navicula sp</i>	3	5	7	9	9
<b>Clase</b>	<i>Cyanophyceae</i>					
<b>Género</b>	<i>Oscillatoria sp</i>	8	8	5	4	5
	<i>Microsystis sp</i>	4	3	1	No observable	No observable
<b>Característica del agua donde predomina</b>	Los géneros de <i>Navicula sp.</i> , <i>Oscillatoria sp.</i> y <i>Microsystis sp.</i> , son indicadores de aguas con contaminación orgánica moderada, propios de aguas estancadas (Licea Durán, 2019).					

Fuente: Autores, 2022

La tabla anterior permite evidenciar que, para el mes de febrero y marzo se identificaron tres grupos de fitoplancton, el cual corresponde a *Euglenophyceae*, *Bacillariophyceae* y *Cyanophyceae*. De los tres grupos el predominante es *Euglenophyceae*; los cuales se caracterizan por ser un grupo de protistas flagelados, comúnmente presentes en agua dulce, en especial cuando esta posee una concentración moderada en materia orgánica (Licea Durán, 2019), lo que los ha convertido en bioindicadores de la calidad del

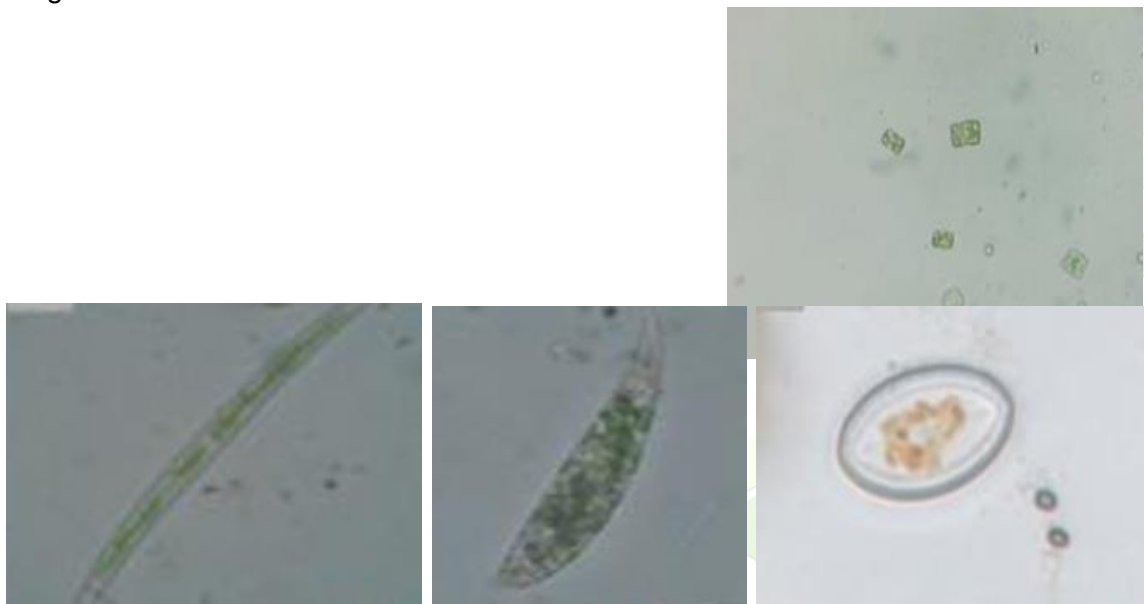
agua. Seguido de este *Cyanophyceae* fue el grupo con mayor identificación para estos dos meses; este tipo de microalgas se conocen por ser propias de aguas estancadas.

Sin embargo, para los meses abril, mayo y junio, se evidenciaron solo unos géneros de cada clase. Para la muestra del mes de abril y junio, no se logró observar microalgas del género *Euglena gracilis*, y en el mes de mayo de esta misma solo se evidenció una. Para las muestras de mayo y junio no se evidenció la microalga *Phacus (Euglenales)*, y en abril solo se observó una de estas mismas. En el caso de la clase *Bacillariophyceae*, el género *Nitzschia sp.* No se observó en las muestras de abril ni junio, y en mayo solo se evidenció una. Para el género *Navicula sp.*, esta fue observable en las tres muestras. Para la clase *Cyanophyceae*, no fue observable el género *Microcystis sp* en las muestras del mes de mayo y junio, y en abril solo se evidencio una de estas.

Es evidente que para los últimos tres meses, existió una variación en cuanto a ciertos géneros de microalgas identificados en la prueba, sin embargo, hay una relación entre estos, y es que, para las muestras que no fueron observadas de dos de los tres meses, el mes que si fue apreciable solo se encontraba de una sola unidad, esta tendencia se evidenció en las tres muestras de los meses correspondientes a invierno.

### Figura 13

Microalgas identificadas





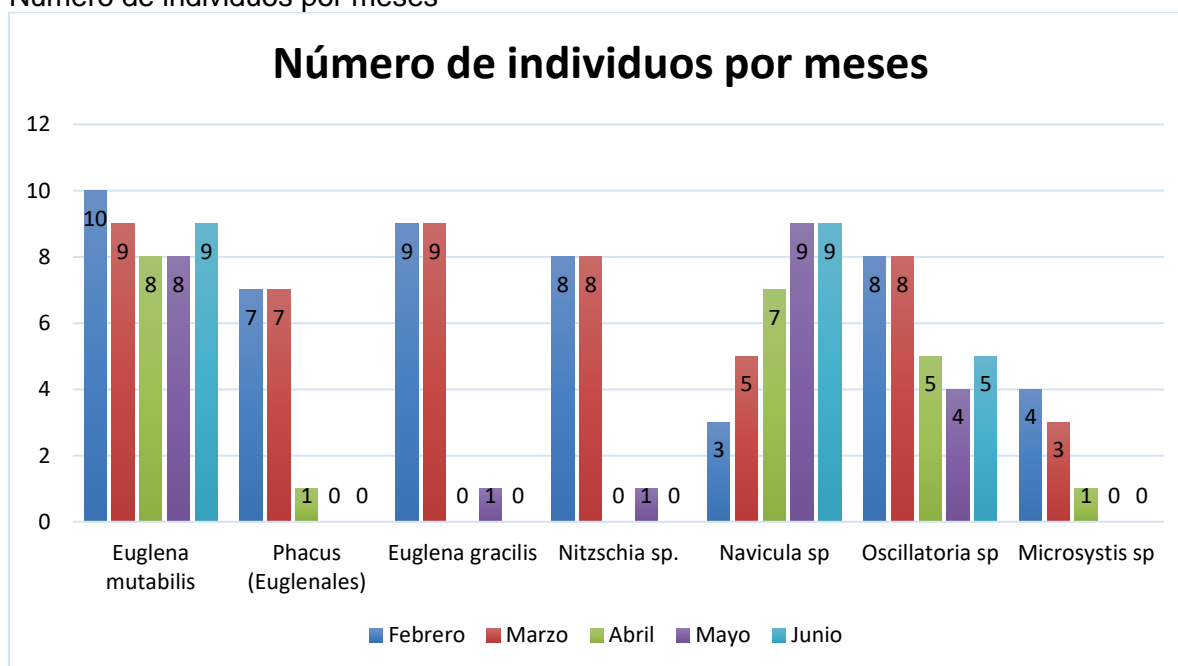
Fuente: Autores, 2022

Por ende, se observó que los dos primeros meses se presentó un mayor número de individuos identificados, lo cual tiene concordancia con los resultados obtenidos en

los parámetros fisicoquímicos, recordando que, la concentración de fósforos de Mg P/L fue mayor para estos, lo que indica mayor presencia de microalgas y especies acuáticas (EPA, 2020), así mismo, las proliferaciones de alga son llamadas florecimientos y pueden reducir en gran medida o eliminar el oxígeno presente en el agua, lo que podría explicar porque, en la primera muestra el oxígeno es menor que en la primera, debido al consumo de las algas de este oxígeno.

**Figura 14**

Número de individuos por meses



Fuente: Autores, 2022



Del total de meses, el género *Euglena mutabilis* fue el más observable con un total de 44 individuos, seguido por el *Navicula sp*, con un total de 38 individuos.

La diversidad del fitoplancton mostró valores muy bajos en el humedal, pues solo presentó tres grupos. Esto probablemente estaría vinculado a que el aumento de la evaporación conduciría a una reducción de la profundidad e incremento de concentraciones de sales que alterarían la disponibilidad de hábitats (Caziani & Derlindati 2000), el crecimiento de macrofitas y la composición del plancton (Bos et al. 1996; Drago & Quirós 1996; Santamaría et al. 1996). Estos cambios favorecerían el desarrollo de unas pocas especies, hecho también observado en humedales de climas cálidos (Caziani & Derlindati 2000).

Los resultados obtenidos referentes a que en los dos primeros meses se haya encontrado mayor cantidad de algas que en los siguientes, esto se fundamentan en la investigación del Instituto de Ciencias del Mar (ICM-CSIC), (2022), donde se menciona que el cambio climático afecta, además, a la disposición de los nutrientes en el agua de humedales, embalses y ríos. Estos van subiendo del fondo a la superficie cuando el agua se mueve y se revuelve por el efecto del viento o de la lluvia. Por eso se forman ciclos estacionales: las algas crecen más en primavera, después de que en invierno hayan ascendido los nutrientes, y en verano frenan su crecimiento cuando el agua está más calmada y caliente.

Por otra parte, la contaminación de los cuerpos de agua radica en la eutrofización, que es causada por la liberación de compuestos orgánicos e inorgánicos al medio (Lavoie & de la Noüe 1985, Rawat et al. 2011) con concentraciones de nitrógeno y fósforo que pueden alcanzar hasta 3 veces o más de lo normal (Park et al. 2011a, Rawat et al. 2011), permitiendo la proliferación de microalgas, lo que afecta la calidad de las aguas (McGriff & McKinney 1972, Olguín 2003, León & Chaves 2010).

Por otra parte, se decidió realizar la clasificación de las especies de acuerdo con las medidas morfológicas y grupos morfofuncionales del fitoplancton basada en grupos morfofuncionales propuesta por Kruk e al. (2010).

#### **Tabla 9**



Medidas morfológicas y grupos morfofuncionales del fitoplancton

Especie	MLD ( $\mu\text{m}$ )	A ( $\mu\text{m}^2$ )	V ( $\mu\text{m}^3$ )	A/V ( $\mu\text{m}^{-1}$ )	Grupo
<i>Euglena mutabilis</i>	17,5	359,68	2,44	1,47	V
<i>Phacus (Euglenales)</i>	17,5	468,42	2,56	1,91	V
<i>Euglena gracilis</i>	17,5	359,81	2,67	1,46	V
<i>Nitzschia sp.</i>	26,3	321,29	238,65	1,24	IV
<i>Navicula sp</i>	27,53	328,97	243,89	1,35	IV
<i>Oscillatoria sp</i>	19,2	230,33	170,42	0,93	II
<i>Microcystis sp</i>	27,4	328,71	243,21	1,34	II

Fuente: Autores, 2022

La clasificación de los organismos en los grupos funcionales basados en la morfología (GFBM) se realizó a partir de las dimensiones morfológicas medias y de la presencia de rasgos especializados de cada taxón, siguiendo la clave dicotómica de Kruk et al. (2010).

La clasificación morfofuncional empleada en el presente estudio es la propuesta por Kruk et al. (2010), la cual resume las características funcionales y la variabilidad morfológica de los organismos en siete grupos funcionales (GFBM I-VII) que reflejan las diferentes habilidades para absorber luz y nutrientes, destrezas en el crecimiento y mecanismos para prevenir la sedimentación y la depredación (Pacheco et al., 2010). Además, considera la interacción entre las características limnológicas del cuerpo de agua y el condicionamiento de las formas biológicas, definiendo tolerancias y vulnerabilidades en el ambiente, ya sea desde los rasgos numéricos basados en el tamaño, como la dimensión linear máxima (DLM), el volumen (V), la relación superficie volumen (S/V). Dicha agrupación resulta en que determinados grupos de especies pueden predominar en un momento particular, compartiendo rasgos morfológicos y garantizando un mejor ajuste a las condiciones ambientales del sistema. Constituyen así un soporte para el monitoreo de los ecosistemas acuáticos, por medio de la predicción de la composición de la comunidad y su relación con las condiciones ambientales (Kruk et al., 2011; Kruk & Segura, 2012).



Las comunidades de fitoplancton son muy diversas y difíciles de predecir en Kruk, et al.(2009); constituyen, además, una fuente importante de alimento y un excelente modelo para interpretar procesos ecológicos como la fotosíntesis, la productividad, el ciclo del oxígeno, el carbono y las relaciones asociadas con la transferencia de energía (Hutchinson,1967; Reynolds, 1984; Harris, 1986; Sommer, 1985; Sommer, 2012; Hilton, et al.,2006; Qu, et al., 2019; Ptacnik, et al., 2008; Rousseaux & Gregg, 2014), que se abordan principalmente a partir de la taxonomía, la diversidad del tamaño y la morfología (Huszar & Caraco, 1998; Bonilla, et al.,2005; Borics, et al.,2007; Rosati, et al.,2017).En particular la diversidad morfométrica puede estar relacionada con las adaptaciones fisiológicas y la disponibilidad de recursos y energía (Margalef, 1958; Devercelli, 2006; Menezes, 2010;Soares,2010). La conformación de grupos morfológicos funcionales asociados con base en diversas condiciones ambientales fue propuesta por Hutchinson (1961) y ampliada por Reynolds (1984, 1984a, 1988, 1995, 1997) y Reynolds, et al. (2002). Este enfoque se basa en aspectos de la vegetación terrestre que agrupan a las especies según su capacidad para captar la luz y adquirir y conservar los recursos minerales (Grime, 1979; Menezes, et al., 2010; Garnier & Navas, 2012; Kattge, et al.,2011; Violle, et al.,2014). Estos aspectos se han asociado con variaciones morfométricas (volumen, superficie, relación superficie-volumen y dimensión lineal máxima), características fisiológicas tales como las tasas metabólicas y de crecimiento, la cinética de incorporación de nutrientes y la captación de luz, con aspectos evolutivos relativos al tipo de estrategia selectiva utilizada (r-seleccionado y k-seleccionado), y con las características ambientales (patrón de mezcla, situación latitudinal y altitudinal, y estado trófico, entre otras).

De acuerdo con la clasificación morfofuncional (Kruk et al., 2010), la mayoría de las especies son del grupo V: organismos de tamaño medio sin rasgos especializados. Los grupos morfofuncionales del Humedal María Camila indican que este ecosistema fue relativamente estable (durante el periodo en que se realizó el estudio) y tuvo suficientes nutrientes para las algas. Los nutrientes fueron bajos en ambos periodos climáticos en comparación con otros humedales revisados en la bibliografía. Diversos autores han concluido que el empleo de la morfología funcional permite revelar cambios asociados a la ecología del fitoplancton en ecosistemas acuáticos con diferentes tensores y características



ambientales (Lins et al., 2017; Segura et al., 2018; Amorim et al., 2019; Kruk et al., 2017; Muñoz-López et al., 2017).

El GFBM II (pequeños flagelados con estructuras silíceas: Chrysophyceae) El GFBM III (grandes filamentos con aerótopos: Cyanobacteria) fue uno de los grupos más importantes en términos de biovolumen y de recurrencia durante el estudio; no obstante, sus mayores valores tuvieron lugar en la época seca (mS). Por su parte el GFBM IV (tamaño medio y ausencia de rasgos especializados) se observó en baja frecuencia y el GFBM V (flagelados unicelulares de tamaño medio a grande) estuvo presente con bajos biovolúmenes en las tres épocas; sin embargo, fue frecuente en todos los muestreos. El GFBM VI (organismos no flagelados y con exoesqueletos de sílice: diatomeas) fue otro de los más abundantes, GFBM VII (colonias mucilaginosas con lípidos y aerótopos) no se presentó en el estudio.

Los mayores valores de la relación S/V y DLM se observaron en el GFBM III, con valores promedio de 2.66  $\mu\text{m}$  y 263.3  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Dichos valores corresponden a formas pequeñas y filamentosas. En contraste, en el GFBM V se observaron valores promedio de la DLM correspondientes a 50.4  $\mu\text{m}$  y una relación S/V de 0.74  $\mu\text{m}$ ; medidas relativamente bajas, correspondientes a morfotipos grandes o deformados.

La clasificación basada en rasgos y grupos funcionales establecidos en la morfología del fitoplancton posibilitó una aproximación factible y objetiva en la evaluación de seis sistemas de diferente tipo, origen, morfología y condición limnológicos pertenecientes al humedal María Camila Sur.

### **6.3 Determinación del estado trófico del humedal teniendo en cuenta las condiciones fisicoquímicas y la comunidad de fitoplancton presente.**

#### **6.3.1 Cálculo del índice de estado trófico**

Teniendo en cuenta el resultado del parámetro fósforo total se procedió a calcular el índice de estado trófico con el fin de conocer el nivel trófico del humedal de María Camila Sur donde se tomarán los valores de fósforo total.

El fósforo total es empleado tradicionalmente como índice de la calidad del agua y del estado trófico, ya que se considera a este elemento como un nutriente limitante respecto a la productividad fitoplanctónica en cuerpos superficiales de agua.



**Tabla 10**

Índice Trófico

<b>Resultado fosforo</b>	<b>Resultado del índice de estado trófico (<i>TSI<sub>pt</sub></i>)</b>	<b>Estado trófico</b>	<b>TSI (índice de Carlson)</b>	<b>Calidad del agua</b>
Mes de febrero	0,73 Mg P/ L	Oligotrófico (TSI>30)	0,088	Buena
Mes de junio	0,32 Mg P/L	Oligotrófico (TSI>30)	11,9806	Buena

Fuente: Autores, 2022

El índice de estado trófico es un sistema de clasificación diseñado para valorar los cuerpos de agua en función de su productividad biológica (Segura et al., 2018).

Las cantidades de nitrógeno, fósforo, y otros nutrientes biológicamente productivos son los determinantes primarios del TSI de un cuerpo de agua. Los nutrientes como nitrógeno y fósforo tienden a ser factores limitantes en cuerpos de agua, por lo tanto, el aumento de las concentraciones tiende a producir un mayor crecimiento de las plantas, seguido de un aumento correlario en los niveles tróficos posteriores (Segura et al., 2018).

La tabla anterior permite evidenciar que para los dos meses muestreados, el índice de calidad del agua para el humedal María Camila según TSI (índice de Carlson), es buena, debido a que se encuentra dentro del rango de TSI 0-40, ubicándose en estado oligotrófico.

El estado trófico de humedales, lagos significa la relación entre nutrientes y el crecimiento de la materia orgánica en el mismo, se le atribuye también la condición del metabolismo del ecosistema. Un lago, puede presentar diferentes estados tróficos, como oligotrófico donde las aguas de un ecosistema acuático tienen bajo contenido de nutrientes, con esto generalmente tienen mayor presencia de plantas y animales, una buena calidad del agua y bajos niveles de productividad primaria y biomasa, con una diversidad alta de especies microalgales; mesotrófico: aguas con nutrientes en cantidades moderadas que contribuyen al desarrollo de organismos acuáticos y eutrófico donde se presenta un enriquecimiento de sustancias nutritivas –nitrógeno y fósforo principalmente- que generan mayor productividad y biomasa pero con aguas pobres en oxígeno y un crecimiento de



plantas acuáticas, baja diversidad de especies y mucha abundancia de organismos resistentes a estas condiciones (Segura et al., 2018).

El IET para las muestras indicó que no existe variación espacial, ni temporal para la cantidad de biomasa, lo que permite su clasificación en su estado trófico como oligotrófica, condición informada también para lagos y cuerpos lenticos, soportado por Quirós quien en estudios en lagos de los Andes Argentinos, afirma que esta situación se puede presentar en lagos donde hay deficiencia de nutrientes y además la actividad antrópica no ha logrado afectar los ecosistemas.

Adicionalmente se realizó otra comparación de los resultados con un nuevo índice: *el Índice de Smith*.

El índice de Smith determina la condición trófica en base a la concentración de nitrógeno y fósforo. Estos parámetros son utilizados para confirmar y explicar el estado observado, esto es debido a que están relacionados a los nutrientes inorgánicos principales, nitrógeno y fósforo, que limitan o determinan el crecimiento algal (Smith et al., 1999).

**Tabla 11**

Rango de valores de cada parámetro correspondiente a cada estado.

Condición trófica	Fosforo		Resultado obtenido de Fosforo total (Mg P/L) febrero	Resultado obtenido de Nitrógeno total (Mg P/L) febrero	Resultado obtenido de Fosforo total (Mg P/L) junio	Resultado obtenido de Nitrógeno total (Mg P/L) junio
	total (Mg P/L) según índice de Smith	Nitrógeno total (Mg P/L) según índice de Smith				
Oligotrofia	< 10	< 350	0,73	<3,00	0,72	<3,00

Fuente: Autores, 2022

Como se evidencia el índice de Smith concuerda con el calculado anteriormente, ubicando el humedal María Camila en estado oligotrófico.

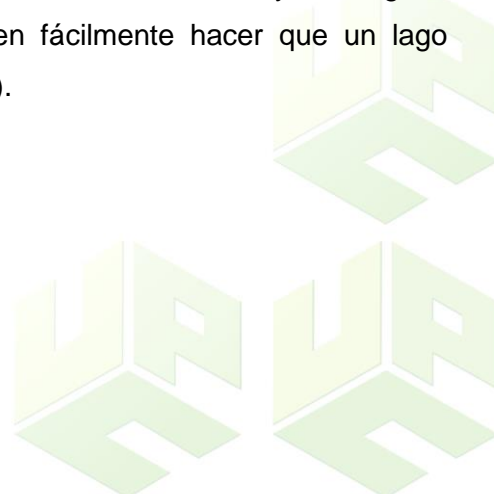


Según Smith (1999), el término oligotrófico para distinguir a lagos improductivos, caracterizados por deficiencias de nutrientes, de los lagos productivos, eutróficos, con suplemento de nutrientes amplio o excesivo.

Por otra parte, se evidenció que los resultados de las muestras concuerdan con los de otros estudios donde se aplicó el IET. Betancourt et al., en el embalse de Abreus en Cuba, y Calazans et al., en tres lagos del río Grande del Norte (Brasil), concluyeron que los cuerpos de agua tienden a la eutrofización cuando reciben descargas de aguas residuales, condición que aumenta la concentración de nutrientes en el agua y, por ende, aumenta la biomasa.

Según (Segura et al., 2018), se usa el término "oligotrófico" para describir lagos que tiene una baja productividad primaria con una concentración de nutrientes moderada. Debido a su moderada producción de algas, estos lagos tienen, en consecuencia, aguas relativamente claras con una calidad de agua buena. De esta manera, los lagos oligotróficos pueden tener oxígeno significativo. El contenido de oxígeno de estos lagos es función de su volumen hipolimnético mezclado estacionalmente.

Por último, se debe mencionar que, tanto los factores naturales como los antropogénicos pueden influir en el índice trófico de una masa de agua. Una masa de agua situada en una región rica en nutrientes con una alta productividad primaria neta puede ser naturalmente eutrófica. Los nutrientes transportados a los cuerpos de agua de fuentes no puntuales, como la escorrentía agrícola, los fertilizantes residenciales y las aguas residuales, aumentarán la biomasa de algas y pueden fácilmente hacer que un lago oligotrófico se vuelva hipereutrófico (Segura et al., 2018).





## 7. CONCLUSIONES

En cuanto al primer objetivo, se definieron los tres puntos de muestreo de acuerdo con la metodología de (Jaume Cabra 2005) y el muestreo estratificado, abarcando toda la zona del humedal María Camila sur. La toma de muestras de agua se realizó en los meses de febrero a junio de 2022. Una vez obtenidas las muestras de agua para los meses descritas, se trasladaron al Laboratorio de la Universidad Popular del Cesar, donde se caracterizaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: pH, turbidez, oxígeno disuelto y adicionalmente decidimos realizar sólidos suspendidos totales. Para el caso del fósforo total y nitrógeno total, estos dos parámetros se caracterizaron en el laboratorio Cristal Violeta de la ciudad de Valledupar. Conforme a los resultados obtenidos, para el caso del pH, las muestras no exceden el límite permisible por la Resolución 2115 de 2007, la cual va entre 6,5- a 9,0. En el caso de la turbidez y SST, la muestra tomada en los dos primeros meses no excede los límites, para ninguno de los dos parámetros, sin embargo, la muestra tomada en los siguientes meses excede la turbidez permitida (2 UNT). Los resultados obtenidos muestran que para el caso del nitrógeno total ambas muestras obtuvieron resultados menores a 3 mg N/ L, sin embargo, en cuanto al fósforo, la muestra dos presentó una mayor concentración que la otra, con un resultado de 0,73 mg P / L. El exceso de nitrógeno y fósforo en el agua hace que el alga crezca tan rápido que los ecosistemas no pueden lidiar con esa cantidad.

Para el segundo objetivo, se construyó una red cónica para recolectar el fitoplancton, para realizar este procedimiento, se construyó una red cónica simple con tamaño de poro de 20  $\mu\text{m}$ , esta red se introdujo por un periodo de 5 minutos en cada punto y luego las muestras se envasaron en frascos previamente rotulados, que posteriormente se trasladaron a la Universidad Popular del Cesar. Para la recolección de microalgas se realizó para cada mes desde febrero a junio. Para la identificación taxonómica se identificaron tres grupos de fitoplancton en los dos primeros meses, los cuales corresponden a *Euglenophyceae*, *Bacillariophyceae* y *Cyanophyceae*. De los tres grupos el predominante es *Euglenophyceae*; *Cyanophyceae* este tipo de microalgas se conocen por ser propias de aguas estancadas. Para los tres meses posteriores se identificaron menos especies de

microalgas que para los dos primeros meses; sin embargo, se presentan los tres mismos grupos de fitoplancton. De los tres grupos el predominante es *Bacillariophyceae*. De acuerdo con la clasificación morfofuncional (Kruk et al., 2010), la mayoría de las especies son del grupo V: organismos de tamaño medio sin rasgos especializados. Los grupos morfofuncionales del Humedal María Camila indican que este ecosistema fue relativamente estable (durante el periodo en que se realizó el estudio) y tuvo suficientes nutrientes para las algas.

Por último, teniendo en cuenta el resultado del parámetro fósforo total se procedió a calcular el índice de estado trófico con el fin de conocer el nivel trófico del humedal de María Camila sur. Para los meses indicados el índice de calidad del agua para el humedal María Camila según TSI (índice de Carlson), es buena, debido a que se encuentra dentro del rango de TSI 0-40. Las cantidades de nitrógeno, fósforo, y otros nutrientes biológicamente productivos son los determinantes primarios del TSI de un cuerpo de agua. Los nutrientes como nitrógeno y fósforo tienden a ser factores limitantes en cuerpos de agua, por lo tanto, el aumento de las concentraciones tiende a producir un mayor crecimiento de las plantas, seguido de un aumento correlario en los niveles tróficos posteriores.





**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



## **8. RECOMENDACIONES**

Se recomienda ampliar la investigación por medio de la evaluación de la calidad del agua con diversidad de índices, como lo es el ICA con respecto a los parámetros fisicoquímicos obtenidos; el índice WQI, Water Quality Index; ICOMI; ICOMO, etc. Lo que permita tener una base en resultados de análisis Multivariados de componentes principales de común utilización en monitoreo de calidad de agua en el país y además, se tengan en cuenta diversas reglamentaciones tanto nacionales como internacionales.

Se recomienda para futuros estudios realizar más muestreos y en un tiempo más prolongado que incluya al menos dos muestreos por periodo climático en lugares críticos y en los espejos de agua del tercio medio y bajo.

El humedal María Camila tiene relevancia para el municipio de Valledupar, por lo que se requiere intervención institucional y participación de la comunidad aledaña, para mitigar impactos ambientales negativos como la inadecuada disposición de residuos en este.





### **9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Arias, C., & Brix, H. (2003). artificiales para el tratamiento de aguas residuales Abstract, 17–24.

Bojorge García M. G. & E. A. Cantoral Uriza. 2016. La importancia ecológica de las algas en los ríos. Hidrobiológica 26: 1-8.

C. Vasquez y G. Pinilla Agudelo, «Descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano cundiboyacense,» Universitas Scientiarum, vol. 11, diciembre 2006.

Caballero, D y Jiménez, Y. (2006). Diagnostico socioeconómico de la vereda la Riviera cuenca hidrográfica del río Aracataca Magdalena. (Tesis de pregrado). Universidad del Magdalena.

Calizaya-Anco J., Avendaño M. & Delgado I. 2013. Evaluación de la calidad del agua fluvial con diatomeas (Bacillariophyceae), una experiencia en Tacna, Perú. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 30(1), 58-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1726>

Carvalho L., Dudley B., Dodkins I., Clarke R., Jones J., Thackeray S. & Maberly S. 2007. Phytoplankton Classification Tool (Phase 2). Final report. Edinburgh, SNIFFER (Scotland & Northern Ireland Forum for Environmental Research), 94pp. (CEH Project Number: C03236)

Cattaneo A., Couillard Y., Wunsam S. & Fortin C. 2011. Littoral diatoms as indicators of recent water and sediment contamination by metals in lakes. Journal of Environmental Monitoring. Mar; 13(3):572-582. <http://dx.doi.org/10.1039/c0em00328>.



- Celis S., Mancera E. & Leon J. 2008. Evaluación de la Rotirerofauna presente en el complejo de Pajarales durante la época lluviosa, departamento del Magdalena, Colombia. *Acta Biologica Colombiana*, 13(2),23-40
- Clarke K. & Goley R. 2001. Plymouth routines in multivariate ecological research v5. User manual/tutorial. PRIMER-E LTDA. 91pp.
- Clarke K.R & Warwick R.M. 1994. Change in Marine Communities. An approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory. Inglaterra.
- Coste M. & Ayphassorho H. 1991. Etude de la qualité des eaux du bassin Artois Picardie à l'aide des communautés de diatomées benthiques (Application des indices diatomiques). Raport Cemagref. Bordeaux–Agence de l' Eau Artois-Picardie, Douai, 277
- Cotrino, J (2020). Análisis de la calidad del agua del humedal jaboque mediante la identificación de la comunidad fitoplanctónica y las condiciones fisicoquímicas del agua. (Tesis de pregrado). Universidad Santo Tomás. Bogotá.
- Cox E.J. 1991. What is the basis for using diatoms as monitors of river quality. Use of algae for monitoring rivers. Institut für Botanik, Universität in Innsbruck, 33-40.
- D. P. Moreno Franco, J. Quintero Manzano y A. Lopez Cuevas, «Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de atrofia,» 2010.
- Decreto Supremo N°015-2015-MINAM. Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para el Agua.
- E. Ongley, Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos, Burlington: FAO.

- Fontúrbel F. & Castaño G. 2011. Relationships between Nutrient Enrichment and the Phytoplankton Community at an Andean Oligotrophic Lake: A multivariate Assessment. *Ecología Aplicada* 10(2): 75-81.
- Franco, D. P. M., Manzano, J. Q. y Cueva, A. L. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *Contactos*, 78, 25-33
- G. Pinilla y J. Duarte, «La importancia ecológica de las ciénagas del canal del dique y la determinación de su estado limnológico,» Bogotá, 2006.
- Granizo, F., (2011) El estado trófico de la Laguna de Limoncocha en el periodo (febrero 2010- enero 2011). Tesis de Ingeniería. Quito, Universidad Internacional SEK.
- Gutiérrez, B y Blanchar, M. (2017). Diagnostico hídrico, ambiental y social del cuerpo de agua lenticó (humedal María Camila), ubicado en el área urbana del municipio de Valledupar departamento del Cesar. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Hernández Puerta, N., & Luna Galvis, J. S. (2016). Prueba piloto para la evaluación de la eficiencia de las plantas fitorremediadoras del humedal Las Tinguas, en el tratamiento de aguas residuales domésticas.
- Hörnström E. 1981. Trophic characterization of lakes by means of qualitative phytoplankton analysis. *Limnologica* (Berlin) 13, 249-261.
- J. J. Ramirez Restrepo y G. Roldán Pérez, Fundamentos de limnología neotropical, 2a edición ed., Universidad de Antioquia, 2008.
- Jiménez, T y Silva, D (2018). Formulación de estrategias de manejo ambiental para la erradicación del buchón de agua (*eichhornia crassipes*) presente en el humedal



gualí-tres esquinas (Funza, Cundinamarca). (Tesis de pregrado). Universidad Libre.  
Bogotá, Colombia.

John D.M. 2011. Phylum Chlorophyta. Orders Chaetophorales, Microsporales, Ulotrichales.  
In: The freshwater algal flora of the British Isles. An identification guide to freshwater  
and terrestrial algae. Second edition. (John, D.M., Whitton, B.A. & Brook, A.J. Eds),  
pp. 524-554. Cambridge: Cambridge University Press.

John D.M., Whitton B.A. & Brook A.J. 2002. The freshwater algal flora of the British Isles:  
an identification guide to freshwater and terrestrial algae (Vol. 1). Cambridge  
University Press. doi: 10.5860/choice.40-3394. <http://dx.doi.org/10.5860/choice.40-3394>.

Komárek J. & Anagnostidis K. 1999. Cyanoprokaryota - 1. Teil: Chroococcales. En: Ettl,  
Hanusš , GÄRTNER, Georg, HEYNING, Hermann y MOLLENHAUER, Dieter.  
Süßwasserflora von Mitteleuropa. Jena: Gustav Fischer. Vol. 19, 1era parte, p. 1-  
548.

Komárek J. & Anagnostidis K. 2005. Cyanoprokaryota-2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. In:  
Büdel B., Krienitz L., Gärtner G. & Schagerl M. (eds.). Süßwasserflora von  
Mitteleuropa 19/2, Elsevier/Spektrum, Heidelberg, 759 pp.

Komárek J. 2013. Cyanoprokaryota - 3. Teil / 3rd Part: Heterocytous Genera. – In: Büdel B.,  
Gärtner G., Krienitz L. & Schagerl M. (eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa  
(Freshwater Flora of Central Europe), Springer Spektrum Berlin, Heidelberg,  
1130pp.



**Universidad  
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



- L. M. Gomez Luna, «Microalgas: Aspectos ecológicos y biotecnológicos,» Revista Cubana de Química, vol. XIX, p. 20, 2007.
- Lange-Bertalot H. 1979. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. Nova Hedwigia Beiheft. 64:285-304.
- Ramírez, A. y G. Viña, (1998) Limnología colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Bogotá, Panamericana.
- Roldán, G. y J. Ramírez. 2008. Fundamentos de Limnología Neotropical. Segunda Edición. Ed. Universidad de Antioquia, Medellín. 442 p.
- Santillán, A y Guerrero, A (2018) Macroinvertebrados y fitoplancton como bioindicadores de contaminación en la cuenca del río Chicama, Perú. Tecnología en Marcha. Vol. 31-4. Pág. 97-110.
- Seeligmann, C. T. 2000. Nuevas citas de Bacillariophyceae para el Noroeste Argentino. Bol. Soc. Argent. Bot. 34: 165-169.



**ANEXOS**

Anexo 1. Resultado de Nitrógeno y fosforo total mes de febrero

INFORME DE RESULTADO		No. CV 8822099				
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>						
Tipo de Cliente:	Persona Natural	Nombre y Apellido/ Razón Social: Mayra Toloza Florez				
Tipo de Identificación:	C.C.	Número de Documento: 1.066.000.490				
Teléfono/Celular:	3013714498	E-mail: <a href="mailto:malexandrotoloza@unicesar.edu.co">malexandrotoloza@unicesar.edu.co</a>				
Dirección:	Calle 28 # 5B - 10	Departamento y Municipio: Cesar - Valledupar				
<b>INFORMACIÓN DEL ÍTEM DE ENSAYO Y DEL MUESTREO</b>						
Identificación del ítem de ensayo: AG-020822003						
Matriz: Agua Superficial						
Descripción del ítem de ensayo: Agua superficial						
Solicitó servicio toma de muestra:	No	Responsable toma de muestra: Mayra Toloza Florez				
Lugar de toma de muestra:	Humedal María Camila Sur	Ubicación del muestreo: I.N.S				
Plan de Muestreo:	I.N.S	Método de muestreo: I.N.S				
Hora y Fecha de muestreo:	2022-02-07	Punto de toma: Humedal María Camila Sur				
Registro sanitario:		Clasificación de la muestra: N.A				
Fabricante:	N.A	Cantidad recibida: 4 Litros				
Tipo de muestra:	Simple	Número de lote: N.A				
Análisis solicitados:	<input checked="" type="checkbox"/> Microbiológico <input type="checkbox"/> Físicoquímico	Fecha de vencimiento: N.A				
Fecha ingreso del ítem de ensayo:	2022-02-07	Fecha emisión de resultados: 2022-02-07				
Ensayos realizados en el lugar de muestreo: <input type="checkbox"/> pH <input type="checkbox"/> Conductividad <input type="checkbox"/> Claro Libre Residual <input type="checkbox"/> Oxígeno Disuelto <input type="checkbox"/> Otro? Cuál? N.A						
<b>CRITERIOS FÍSICOQUÍMICOS</b>						
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis
Fósforo total	mg P /L	SM 4500-P E (Ed 23, 2017) - Digestión - Método de Ácido ascórbico	-	0,73	-	2022-08-16
Nitrógeno Total Kjeldahl (TA)	mg N /L	SM 4500-Norg C, SM 4500 NH <sub>4</sub> , B,C - Semi-micro Kjeldahl	3	<3,00	8,4	2022-08-10
<p>Conversiones: (N.R.): No Registra; (SM): Standard Methods for examination of water and wastewater-AWWA, APHA, WSP. (N.D.): No detectable por el método; (LCM): Límite de cuantificación del método. (TA): Ensayo tercerizado con laboratorio acreditado en el método; (TNA): Ensayo tercerizado con laboratorio no acreditado en el método. (NA): No Aplica. (I.N.S)» Información no suministrada por el cliente</p> <p><b>Notas:</b> 1. El Resultado obtenido solo es válido para el ítem de ensayo analizado.                  2. Cristal Violeta Aguas y Alimentos <b>NO</b> se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en el ingreso del ítem de ensayo y que en este informe de resultado se diferencia por estar en formato: negrita, cursiva y subrayado.                  3. Los resultados aplican para el ítem de ensayo y la información suministrada por el cliente.</p>						
<p><i>Judith Santos A.</i>                  Par técnico de Físicoquímica,                  Judith Santos A. No. Tarjeta Profesional 21020</p>			<p><i>Laideth Estrada B.</i>                  Coordinadora de Laboratorio                  Laideth Estrada B.                  Autoriza emisión del informe de resultado</p>			
<p>Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.</p>						
FIN DEL INFORME						





Resultado de Nitrógeno y fosforo total mes de junio

INFORME DE RESULTADO		No. CV 0822100				
<b>INFORMACION DEL CLIENTE</b>						
Tipo de Cliente:	Persona Natural	Nombre y Apellido/ Razón Social: Mayra Toloza Florez				
Tipo de Identificación:	C.C.	Número de Documento: 1.066.000.490				
Teléfono/Celular:	3013714408	E-mail: <a href="mailto:malexandratozoa@unicesar.edu.co">malexandratozoa@unicesar.edu.co</a>				
Dirección:	Calle 28 # 5B - 10	Departamento y Municipio: Cesar - Valledupar				
<b>INFORMACION DEL ÍTEM DE ENSAYO Y DEL MUESTREO</b>						
Identificación del ítem de ensayo: AG-020822004						
Matriz:	Agua Superficial					
Descripción del ítem de ensayo: <u>Agua superficial</u>						
Solicitó servicio toma de muestra:	No	Responsable toma de muestra: <u>Mayra Toloza Florez</u>				
Lugar de toma de muestra:	<u>Humedal Maria Camila Sur</u>	Ubicación del muestreo: I.N.S				
Plan de Muestreo:	I.N.S	Método de muestreo: I.N.S				
Hora y Fecha de muestreo:	<u>2022-01-06</u>	Punto de toma: <u>Humedal Maria Camila Sur</u>				
Registro sanitario:		Clasificación de la muestra: N.A				
Fabricante:	N.A	Cantidad recibida: 4 Litros				
Tipo de muestra:	<u>Simple</u>	Número de lote: N.A				
Análisis solicitados:	<input checked="" type="checkbox"/> Microbiológico <input type="checkbox"/> Físicoquímico	Fecha de vencimiento: N.A				
Fecha ingreso del ítem de ensayo:	<u>2022-02-05</u>	Fecha emisión de resultados: <u>2022-12-06</u>				
Ensayos realizados en el lugar de muestreo: <input type="checkbox"/> pH <input type="checkbox"/> Conductividad <input type="checkbox"/> Cloro Libre Residual <input type="checkbox"/> Oxígeno Disuelto <input type="checkbox"/> Otro? Cuál? N.A						
<b>CRITERIOS FÍSICOQUÍMICOS</b>						
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis
Fósforo total	mg P /L	SM 4500-P E (Ed 23, 2017) - Digestión - Método de Ácido ascórbico	-	0,32	-	2022-08-16
Nitrógeno Total Kjeldahl (TA)	mg N /L	SM 4500-Norg C, SM 4500 NH <sub>3</sub> B, C - Semi-micro Kjeldahl	3	<3,00	8,4	2022-08-10
<p><b>Conversiones:</b> (N.R.): No Registra; (SM): Standard Methods for examination of water and wastewater-AWWA, APHA, WEF; (ND): No detectable por el método; (LCM): Límite de cuantificación del método; (TA): Ensayo tercerizado con laboratorio acreditado en el método; (TNA): Ensayo tercerizado con laboratorio no acreditado en el método; (NA): No Aplica; (I.N.S)= Información no suministrada por el cliente</p> <p><b>Notas:</b> 1. El Resultado obtenido solo es válido para el ítem de ensayo analizado.                  2. Cristal Violeta Aguas y Alimentos <b>NO</b> se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en el ingreso del ítem de ensayo y que en este informe de resultado se diferencia por estar en formato: negrita, cursiva y subrayado.                  3. Los resultados aplican para el ítem de ensayo y la información suministrada por el cliente.</p>						
<p><u>Judith Santos A.</u>                  Director técnico de Físicoquímica.                  Judith Santo A.                  No. Tarjeta Profesional</p>			<p><u>Laideth Estrada B.</u>                  Coordinadora de Laboratorio Laideth Estrada B.                  Autoriza emisión del informe de resultado</p>			
<p>Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.</p>						
<b>FIN DEL INFORME</b>						