

EVALUACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO A TRAVÉS DE LA CUANTIFICACIÓN DE CLOROFILA “A” EN EL HUMEDAL MARÍA CAMILA, VALLEDUPAR

AUTORES

ANABEL CRISTINA COBO JACOME

LAUREN SOFÍA BATISTA CRESPO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR, CESAR**

2023

EVALUACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO A TRAVÉS DE LA CUANTIFICACIÓN DE CLOROFILA “A” EN EL HUMEDAL MARÍA CAMILA, VALLEDUPAR

AUTORES

ANABEL CRISTINA COBO JACOME

LAUREN SOFÍA BATISTA CRESPO

DIRECTOR

FERNANDO ANAYA PAYARES

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR, CESAR**

2023

Dedicatoria

Dedico este proyecto principalmente a Dios, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis papás Leónidas Batista Córdoba Y Esmeralda Cecilia Crespo Fernández quienes con todo su amor y esfuerzo me permitieron lograr una de mis grandes metas, gracias por enseñarme el ejemplo de perseverancia y valentía, de no tenerle miedo a las dificultades porque sé que Dios siempre está conmigo. Mis hermanos Kelly, Andrés Felipe y Valentina por su apoyo y cariño incondicional, durante todo este camino, por estar a mi lado en todo momento. A toda mi familia porque con sus consejos, oraciones y palabras me impulsaron a ser una mejor versión de mí mismo y de una forma u otra me acompañaron en todas mis metas y sueños.

Finalmente, quiero dedicar este proyecto a todos mis amigos, por apoyarme en los momentos difíciles, por brindar todo el amor siempre, cada día, de verdad gracias a todos.

LAUREN SOFIA BATISTA CRESPO

Dedico estas palabras primeramente a Dios, por guiarme y cuidarme como a la niña de sus ojos, por enseñarme que todo en su tiempo es perfecto, a mis padres NUBIA JACOME LOZANO y ALVARO COBO DE LA ROSA por su constante esfuerzo, por sus palabras sabias y su compañía en cada momento, a mis hermanos Josimar y Álvaro Junior por sus innumerables consejos, que me enseñaron a ser perseverante y dar lo mejor de mí; A todos los integrantes de mi familia, quienes confiaron en mis capacidades y siempre tuvieron fe en que lo lograría, en especial, a mi tía universal Kaky, quien siempre tuvo una palabra de aliento cuando quise desfallecer y a mi tía Eneyda, por sembrar en mí esa semilla de superación y resiliencia ante cualquier adversidad.

A todas esas personas que en algún momento fueron pieza fundamental de este camino, con sus palabras, con su apoyo, con su compañía; Y a mí, este triunfo también va dedicado a mí, por demostrarme una vez más que puedo con todo lo que me propongo, que soy más fuerte que cualquier circunstancia, y que mi fe en Dios lo hace todo posible.

ANABEL CRISTINA COBO JÁCOME

Agradecimientos

Nuestros agradecimientos van inicialmente a Dios, por no desampararnos a lo largo de nuestra carrera profesional, a nuestros padres por ser nuestras anclas en todo momento, a esas grandes amistades que cultivamos durante el proceso quienes fueron pieza clave para salir adelante, gracias a nosotras mismas, por ser compañía, apoyo, y abrazo en cada momento.

Y por último, pero no menos importante, a nuestros docentes, por entregarnos sus conocimientos, darnos lo mejor de ellos, y resaltarles que con su paciencia y dedicación nos llevaron a ser las grandes profesionales que somos hoy en día.

Con amor

LAUREN BATISTA & ANABEL COBO



Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen.....	10
Abstract	11
Introducción	12
1. Título.....	14
2. Planteamiento del Problema	15
2.1. Descripción del Problema	15
2.2. Formulación del Problema	16
3. Justificación	17
4. Objetivos	18
4.1. Objetivo General	18
4.2. Objetivos Específicos.....	18
5. Marco Referencial.....	19
5.1. Antecedentes Investigativos.....	19
5.2. Marco Teórico.....	21
5.2.1. Eutrofización.....	21
5.2.2. Estados tróficos	22
5.2.3. Índice de Carlson (TSI).....	23
5.2.4. Efecto de la eutrofización	25
5.2.5. Indicadores físicos de eutrofización.....	25
5.2.6. Indicadores químicos de eutrofización	26
5.3. Marco Conceptual	27
5.4. Marco Contextual.....	29
4.4.1. Área de Estudio.....	31
5.5. Marco Legal	31

6.	Marco Metodológico.....	36
6.1.	Línea y Sublínea de Investigación	36
6.2.	Tipo de Investigación.....	36
6.3.	Nivel de Investigación	36
6.4.	Población de Estudio.....	36
6.5.	Muestra Poblacional.....	36
6.6.	Desarrollo Metodológico	36
6.6.1.	Fase 1. Determinar la concentración de los parámetros, Ph, temperatura, conductividad, nitratos, fosfatos y clorofila “A”	36
6.6.2.	Fase 2. Calcular el índice de estado trófico (TSI) propuesto por Carlson, modificado por Aizaki (1981).....	38
6.6.3.	Fase 3. Establecer la Correlación entre los parámetros fisicoquímicos objeto de estudio	39
6.6.4.	Fase 4. Proponer estrategias de gestión ambiental que permitan mejorar las condiciones socioambientales del ecosistema en estudio.	40
7.	Resultados y Análisis.....	42
7.1.	Concentración de los parámetros, Ph, temperatura, conductividad, nitratos, fosfatos y clorofila “a”.....	42
7.1.1.	Identificación de los puntos de muestreo.....	42
7.1.2.	Recolección de las muestras para parámetros fisicoquímicos	43
7.1.3.	Determinación de la clorofila a y parámetros fisicoquímicos	46
7.2.	Índice de estado trófico (TSI) propuesto por Carlson, modificado por Aizaki (1981)	50
7.3.	Correlación entre los parámetros fisicoquímicos objeto de estudio	52
7.3.1.	Correlación entre parámetros.....	52
7.4.	Fase 4. Proponer estrategias de gestión ambiental que permitan mejorar las condiciones socioambientales del ecosistema en estudio.	66

8. Conclusiones	72
9. Recomendaciones	74
Referencias Bibliográficas	75



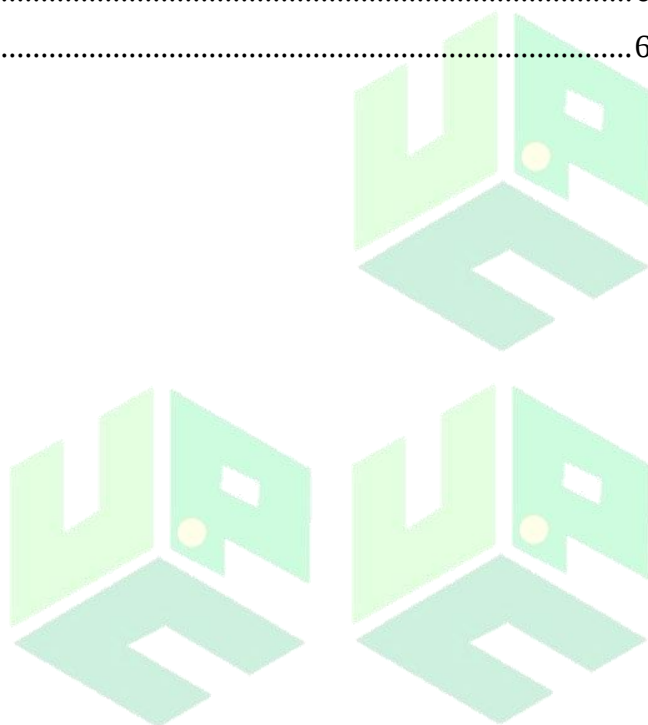
Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Índice de Carlson.	24
Tabla 2. Marco legal aplicable.	31
Tabla 3. Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua.	39
Tabla 4. Estrategias de gestión ambiental.	40
Tabla 5. Coordenadas de los puntos de muestreo.	43
Tabla 6. Profundidades medidas en el humedal.	44
Tabla 7. Resultados de los parámetros fisicoquímicos en el punto 1.	47
Tabla 8. Resultados de los parámetros fisicoquímicos en el punto 2.	48
Tabla 9. Resultados de los parámetros fisicoquímicos en el punto 3.	49
Tabla 10. Promedio de las concentraciones de los parámetros en los tres puntos de muestreo.	50
Tabla 11. Índice de estado trófico (TSI) en los puntos de muestreo.	51
Tabla 12. Coeficiente de correlación de Pearson entre parámetros.	52
Tabla 13. Estrategias de gestión ambiental.	66
Tabla 14. Estrategias de gestión ambiental.	67
Tabla 15. Estrategias de gestión ambiental.	67
Tabla 16. Estrategias de gestión ambiental.	68
Tabla 17. Estrategias de gestión ambiental.	69
Tabla 18. Estrategias de gestión ambiental.	70

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Estado oligotrófico	22
Figura 2. Estado mesotrófico.	23
Figura 3. estado eutrófico.	23
Figura 4. Ubicación de Valledupar.	29
Figura 5. Ubicación del humedal María Camila.	31

Figura 6. Espejo de agua del humedal de María Camila.	42
Figura 7. Toma de coordenadas.	43
Figura 8. Toma de muestra del agua del humedal.	44
Figura 10. Evidencia del recipiente utilizado para la toma de muestra a profundidad.	45
Figura 11. Evidencia del transporte de las muestras de agua.	45
Figura 12. Medición de turbidez por medio del disco Secchi.	46
Figura 13. Correlación clorofila a – conductividad.	53
Figura 14. Correlación Clorofila a - Nitrógeno.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 15. Correlación Clorofila a - pH.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 16. Correlación Clorofila a - Temperatura.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 17. Correlación Clorofila a - Turbiedad.	57
Figura 18. Correlación Conductividad - Nitrógeno.	58
Figura 19. Correlación Conductividad - Temperatura.	59
Figura 20. Correlación Conductividad - Turbiedad.	60
Figura 21. Correlación Nitrógeno - pH.	61
Figura 22. Correlación Nitrógeno - Temperatura.	62
Figura 23. Correlación Nitrógeno y Turbiedad.	63
Figura 24. Correlación pH - Temperatura.	64
Figura 25. Correlación pH y Turbiedad.	65



Resumen

El humedal María Camila es un ecosistema que actualmente presenta una degradación por causas de actividades antrópicas debidas principalmente al urbanismo en el cual se encuentra. Lo cual, ha llevado que a la vista se presente poca presencia de animales y un espejo de agua muy reducido. Por tal motivo, esta investigación tiene como objetivo evaluar el estado trófico a través de la cuantificación de clorofila “A” en el humedal María Camila, ubicado en el municipio de Valledupar. Esta investigación se llevó a cabo por medio de una metodología Correlacional, no experimental conformada por tres puntos en los cuales se tomaron muestras de agua para determinar la concentración de pH, clorofila a, turbiedad, temperatura, fosfatos y nitratos. Asimismo, se realizó la correlación entre parámetros por medio del coeficiente de Pearson y se plantearon estrategias de gestión ambiental que permitan mitigar el problema de estudio. Como resultados se obtuvo una concentración de Clorofila “A” promedio en los tres puntos de 29,9 mg/m³, conductividad de 96,2 us/cm, nitratos de 0,2 mg NO₃/L, pH con un valor de 6,4 unidades de (pH), en el caso de la temperatura 17,8 °C y turbiedad con 3378,7 NTU. El índice de estado trófico (TSI) en el punto uno y dos tuvo una interpretación como mesotrófico, puntos tres como eutrófico. Se evidenció correlación entre los parámetros de estudio y se plantearon seis estrategias de gestión ambiental. De acuerdo con los resultados obtenidos empleando el modelo Carlson El estado trófico del humedal María Camila, revelan índices de mesotrofía y eutrofía.

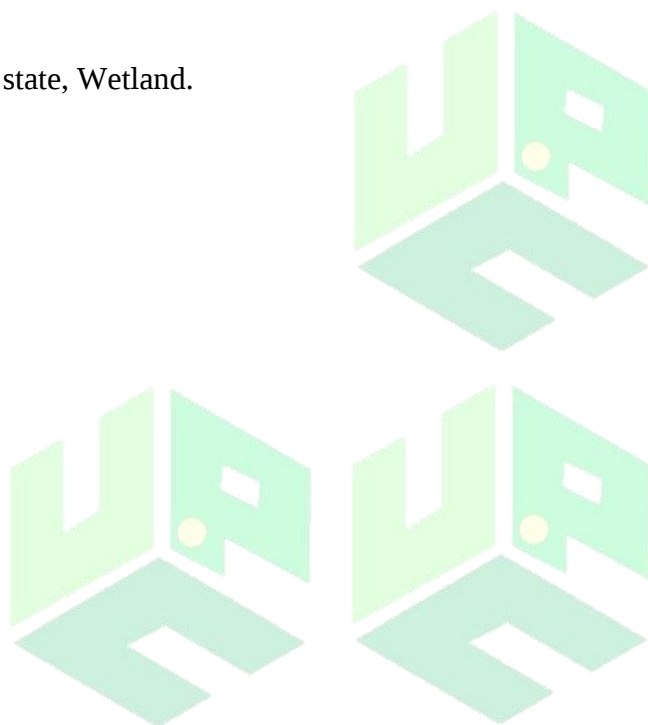
Palabras clave. Clorofila “A”, Estado trófico, Humedal.



Abstract

The María Camila wetland is an ecosystem that currently shows degradation due to anthropogenic activities, mainly due to the urban planning in which it is located. which has led to the sight of little presence of animals and a very small water mirror. For this reason, this research aims to evaluate the trophic status through the quantification of chlorophyll "A" in the María Camila wetland, located in the municipality of Valledupar. This research was carried out through a Correlational, non-experimental methodology made up of three points in which water samples were taken to determine the concentration of pH, chlorophyll a, turbidity, temperature, phosphates and nitrates. Likewise, the consequences between parameters were made through the Pearson coefficient and environmental management strategies were proposed that allowed reducing the study problem. As results, an average concentration of Chlorophyll "A" was obtained in the three points of 29.9 mg/m³, conductivity of 96.2 us/cm, nitrates of 0.2 mg NO₃/L, pH with a value of 6, 4 units of (pH), in the case of temperature 17.8 °C and turbidity with 3378.7 NTU. The trophic status index (TSI) at point one and two had an interpretation as mesotrophic, three points as eutrophic. Correlation between the study parameters was evidenced and six environmental management strategies were proposed. According to the results obtained using the Carlson model, the trophic status of the María Camila wetland reveals indices of mesotrophy and eutrophy.

Keywords. chlorophyll a, Trophic state, Wetland.



Introducción

La importancia de los humedales ha sido reconocida ampliamente y son considerados como los sistemas biológicos más productivos y diversos del planeta. Específicamente los humedales ubicados en zonas urbanas prestan una serie de servicios ecosistémicos, tales como el control de inundaciones, recarga de acuíferos, regulación de ciclos biogeoquímicos y soporte de una variedad de especies de flora y fauna, no sólo residentes, sino que también sirven de hábitat para especies migratorias terrestres y acuáticas. También son usados para el disfrute y la recreación y prestan servicios para la educación e investigación científica (Barrera, 2003).

La eutrofización es una problemática ambiental de mucha importancia, ésta radica en el enriquecimiento de factores limitantes del crecimiento de organismos fotosintéticos, por lo general esos factores suelen ser nutrientes principalmente nitrógeno y fósforo en el agua; esto se produce en forma natural, pero también está asociada a fuentes antropogénicas. (Ledesma y Bonancea, 2013).

El control de la eutrofización representa un obstáculo importante en la ecología y la limnología en particular. Además, es un problema ambiental de interés internacional debido al impacto ecológico, paisajístico y recreativo en los ecosistemas y por supuesto, debido a la biodiversidad de especies de peces, reptiles, anfibios, mamíferos, aves, etc., que alberga un humedal como el que fue sujeto de estudio (Granizo, 2011).

Esta investigación tiene como finalidad incentivar y motivar la creación de futuros trabajos de prevención y descontaminación en el área, ya que como consecuencia de la eutrofización se puede producir una disminución considerable del oxígeno disuelto y a una pérdida de biodiversidad. El aumento de la biomasa vegetal genera el crecimiento de plantas que enraízan y pueden convertir sectores del cuerpo de agua en tierra firme, limitando el espejo de agua y reduciendo así su capacidad de almacenamiento;

El objetivo del estudio fue evaluar el estado trófico a través de la cuantificación de clorofila “A” en el humedal María Camila, Valledupar. Para lo cual la metodología empleada fue la correlacional, no experimental con una muestra conformada por tres puntos en los cuales se tomaron muestras de agua para determinar la concentración de pH, clorofila a, turbiedad, temperatura, fosfatos y nitratos, asimismo se realizó la correlación entre parámetros por medio

del coeficiente de Pearson y se plantearon estrategias de gestión ambiental que permitan mitigar el problema de estudio. En relación con los resultados, se evidenció que el índice de estado trófico (TSI) en el punto uno y dos tuvo una interpretación como mesotrófico y en el punto tres su interpretación fue eutrófica, además, existen correlaciones entre los parámetros de estudio, los cuales fueron el punto de parte para establecer seis propuestas y estrategias de gestión ambiental.



1. Título

**EVALUACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO A TRAVÉS DE LA CUANTIFICACIÓN
DE CLOROFILA “A” EN EL HUMEDAL MARÍA CAMILA, VALLEDUPAR**



2. Planteamiento del Problema

2.1. Descripción del Problema

La contaminación ambiental ha aumentado exponencialmente en todo el mundo en los últimos años afectando principalmente a los recursos naturales. El agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía y la producción de alimentos, los ecosistemas saludables y para la supervivencia misma de los seres humanos. (ONU- DAES, 2014). Esta también forma parte crucial de la adaptación al cambio climático, y es el vínculo crucial entre la sociedad y el medioambiente.

Dentro de la contaminación del agua destaca una de las alteraciones más graves y notorias denominada eutrofización, la cual ataca a todas las fuentes hídricas. Estos cuerpos de agua que en muchos casos sirven para diferentes actividades deben cuidarse y mantenerse. (Ciriaco y Lanfranco, 2020).

La eutrofización representa uno de los principales problemas relacionado con la calidad de agua, que es el aumento de nutrientes y afecta sustancialmente su uso. Esto a su vez, disminuye la cantidad de agua disponible para el consumo humano, y la hace inservible para su uso como conservadora de ecosistemas (Aguilar y Navarro, 2017). La causa de la eutrofización es siempre una aportación de elementos nutritivos de diversa procedencia, de estos nutrientes, los más efectivos son aquellos para los que existe una limitación natural, principalmente, el nitrógeno y el fósforo. El primer elemento puede ser extraído de la atmósfera por determinados microorganismos quedando en último término el fósforo como principal elemento limitante del proceso eutrófico (Moreta, 2008).

Asimismo, al haber aumento en la concentración de nutrientes, estas sirven de alimento para múltiples organismos propios del cuerpo de agua, entre ellos el fitoplancton cuyas poblaciones realizan un crecimiento acelerado, induciendo a impactos ecológicos, sanitarios y económicos a escala regional y local (Moreira y Sabando, 2016). la eutrofización igualmente provoca un enturbiamiento que impide la penetración de la luz al fondo dificultando que los organismos fotótrofos no puedan realizar sus actividades metabólicas produciendo así su desaparición, por lo que la producción de oxígeno disminuye y los organismos

descomponedores como las bacterias anaerobias, consumen el oxígeno restante, creando un sistema anóxico.

Este estudio se lleva a cabo en el humedal de María Camila ubicado en la Ciudad de Valledupar, el cual en los últimos años se ha evidenciado un deterioro significativo que continúa creciendo hasta el día de hoy. Este ecosistema se encuentra amenazado por la inadecuada disposición de residuos sólidos orgánicos, inorgánicos y escombros de construcción. Por otro lado, el crecimiento urbanístico en el que se encuentra este humedal se ha observado deterioro del ambiente circundante, y fragmentaciones en las funciones ecosistémicas, afectando a las comunidades biológicas que antes eran avistadas, lo cual permite concluir que este ecosistema presenta un deterioro ambiental por el cual se hace necesario realizar un estudio en el humedal, que permita determinar su estado trófico, uno de los indicadores más importantes de su condición actual con el fin de garantizar la adecuada toma de decisiones para promover su conservación y restauración.

Por lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación:

2.2. Formulación del Problema

¿Cuál es el estado trófico a través de la cuantificación de clorofila “*a*” en el humedal María Camila, Valledupar?



3. Justificación

Los humedales proveen un amplio rango de servicios ecosistémicos importantes para el bienestar del ser humano incluyendo regulación de inundaciones, producción de peces, contribución a suministros de agua, protección costera, purificación de aguas, actividades recreacionales, recarga y descarga de acuíferos, retención de sedimentos, regulación micro climática, almacenamiento de carbono orgánico, contribución a la biodiversidad, entre muchos otros (Golden et al. 2014; Ministerio del Medio Ambiente 2002; Junk et al. 2014).

Dada las condiciones ambientales en la que se encuentra actualmente el humedal de María Camila, es crucial la realización de esta investigación, para así tener información científica y académica que permita la restauración del ecosistema en mención, y de esta manera beneficiar a la comunidad ubicada en el área de influencia del humedal y al medio ambiente. Adicionalmente cabe señalar que este humedal tiene un potencial para brindar diferentes servicios ecosistémicos, como la captura de dióxido de carbono, belleza paisajística, uso recreativo, entre otros; Por lo cual es de mucha importancia fomentar su preservación para que estos puedan mantenerse al pasar el tiempo.

A su vez, con la realización de este proceso investigativo se espera tener información como línea base para identificar, ejecutar programas y proyectos que ayuden a la preservación del humedal María Camila. De esa misma manera proponer alternativas y recomendaciones teniendo en cuenta los resultados de este proyecto para que las entidades territoriales y/o futuras investigaciones puedan establecer un plan de recuperación que permita la descontaminación del sitio por medio de estrategias y política logrando así la sostenibilidad ambiental; y sobre todo dándole resolución a los problemas ambientales que presentan en el humedal.

Finalmente, el interés principal de esta investigación es el aporte científico para la elaboración de herramientas de gestión ambiental las cuales se van a definir de manera clara, con indicadores de seguimiento, objetivos y tipo de medidas que permitan así recuperar las condiciones de calidad de agua y mitigar la intervención antropogénica; logrando así, una restauración en el ecosistema trayendo consigo beneficios ambientales y sociales para la comunidad.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Evaluar el estado trófico a través de la cuantificación de clorofila “A” en el humedal María Camila, Valledupar.

4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la concentración de los parámetros, Ph, temperatura, conductividad, nitratos, fosfatos y clorofila “a”.
- Calcular el índice de estado trófico (TSI) propuesto por Carlson, modificado por Aizaki (1981).
- Establecer la correlación entre los parámetros fisicoquímicos objeto de estudio.
- Proponer estrategias de gestión ambiental que permitan mejorar las condiciones socioambientales del ecosistema en estudio.



5. Marco Referencial

5.1. Antecedentes Investigativos

Aguilar (2020), realizó un estudio titulado determinación del estado trófico actual de la laguna Busa Cantón San Fernando mediante cuantificación de la clorofila “A” para optar por el título de ingeniería en biotecnología de recursos naturales de la Universidad Politécnica Salesiana con el fin de evaluar la calidad del agua de la laguna Busa mediante la cuantificación de la clorofila “a” para ello se empleó el índice de Carlson (1997) modificado por Aisaki et al., (1981), la metodología estuvo conformada por las siguientes etapas, en la etapa uno se definieron los puntos de muestreo, se recolectó la muestra y se midieron los parámetros fisicoquímicos; en la segunda etapa se realizó la medición de la clorofila a por medio del método espectrofotométrica; y, finalmente en la etapa tres se determinó el estado trófico y se correlacionaron los parámetros estudiados. En cuanto a los resultados, el pH se encuentra con un valor promedio de 7,67, asimismo, el valor promedio de DBO fue de 2,68 mg/l, en la conductividad el valor promedio fue de 139.02 uS/cm, y en la temperatura el valor promedio fue de 14.26°C. El valor obtenido de TSI fue de 68.972. Se pudo concluir que la laguna cumple con algunos parámetros como pH, conductividad, DBO5 y temperatura, sin embargo, el IET obtenido indica un estado trófico avanzado concretamente ubicándose en su estado eutrófico.

Ciriaco y Lanfranco (2020), realizó un estudio titulado determinación del estado trófico de la laguna San Nicolás a través de la cuantificación de clorofila a, nitratos, fosfatos y transparencia para optar por el título de ingeniero ambiental de la Universidad de la Universidad Privada del Norte. En cuanto a la metodología, en la primera fase establecieron tres actividades, definición de puntos de muestreo, toma de muestras y análisis y procesamiento de las muestras de agua; la segunda fase, consistió en determinar el Índice de Estado Trófico (TSI) propuesto por Carlson, modificado por Aizaki et al (1981) y el Índice de Eutrofización por Nutrientes (IE) de Karydis et al. Y una última etapa consistió en la determinación de correlaciones entre los parámetros estudiados. En cuanto a los resultados, se determinaron 6 estaciones de muestreo, de donde se obtuvieron muestras a 0 m, 1.5 m y 3 m de profundidad y analizamos parámetros “in situ”, también medimos la transparencia con un disco Secchi. Luego de analizar las muestras determinamos el Índice del Estado Trófico (TSI) de Carlson (1977), modificado por Aizaki et al. (1981), este dio como resultado un TSI = 64.72 (eutrófico)

de clorofila *a* y un TSI = 66.55 (eutrófico) de la claridad del agua; y el Índice de Eutrofización por Nutrientes (IE) de Karydis et al. (1983), que dio como resultado un IE = 1.67 (oligotrófico) para nitratos y un IE = 3.02 (mesotrófico) para fosfatos.

Orquera y Cabrera (2019) en su estudio titulado “Caracterización del estado trófico de la laguna de Yambo mediante análisis de fósforo” se plantearon determinar el estado trófico y la detección de los procesos de eutrofización en la laguna, para lo cual caracterizaron la calidad del agua. El muestreo se llevó a cabo en dos épocas del año (época seca y época húmeda) y se definieron 5 puntos, de cada uno se tomó una muestra compuesta, para lo que se tomaron 2 muestras a diferentes profundidades (una superficial y una a 2 m) y se mezclaron. Los parámetros analizados fueron oxígeno disuelto, conductividad, pH, temperatura y fosfatos. Para la evaluación del índice trófico se basaron en concentraciones de fósforo total y transparencia del agua según dos criterios, el modelo propuesto por Carlson y el de Aizaki, haciendo una comparación entre las fórmulas propuestas por cada autor. Los resultados de índices fueron: según el modelo de Carlson de $73,70 \pm 3,92$ (época seca) y $72,22 \pm 2,44$ (época húmeda); y según el modelo de Aizaki de $78,01 \pm 0,29$ (época seca) y $76,67 \pm 1,41$ (época húmeda). Finalmente concluyeron que laguna de Yambo se encontraba en un estado eutrófico.

Gómez (2018), realizó un estudio titulado “determinación del estado trófico actual de la laguna “cube” a través de la cuantificación de parámetros químicos (fosfatos, nitratos, clorofila “a”) y transparencia secchi” para optar por el título de ingeniero ambiental de la Universidad central de Ecuador. En cuanto a la metodología, en la primera fase establecieron tres actividades, definición de puntos de muestreo, toma de muestras y análisis y procesamiento de las muestras de agua; la segunda fase, consistió en determinar el Índice de Estado Trófico (TSI) propuesto por Carlson, modificado por Aizaki et al (1981) y el Índice de Eutrofización por Nutrientes (IE) de Karydis et al. Y una última etapa consistió en la determinación de correlaciones entre los parámetros estudiados. En cuanto a los resultados, se recolectaron ocho muestras (por campaña) en diferentes sitios de la laguna, se obtuvieron mediciones “in situ” de los siguientes parámetros (valores promedios): oxígeno disuelto (6,5 mg/L), conductividad eléctrica (94,1 μ S/cm), pH (6,8), temperatura (26,2 °C), profundidad Secchi (1,35 m); estos valores nos ayudan a verificar el índice de estado trófico de la laguna. Los valores del índice de eutrofización por nutriente obtenidos son los siguientes: nitratos IE = 0,08; fosfatos IE =

1,06 y los valores del índice de estado trófico para la clorofila “a” $TSIClorf a = 61$, $TSIDS = 60,5$. Estos valores nos permiten determinar que el estado trófico de la laguna corresponde a oligotrófico para nutrientes, eutrófico para clorofila “a” y transparencia Secchi, sin embargo, las condiciones son adecuadas para el desarrollo de la fauna y flora característica de la zona, a pesar de las actividades turísticas que se generan en ella.

Díaz y Sotomayor (2013) en su investigación titulada “Evaluación de la eutrofización de la laguna Conococha – Ancash” para optar por el título de ingeniero ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, con el fin de evaluar el estado de eutrofización en dos épocas, una de estiaje y otra de lluvia, para esto en la metodología se analizaron seis puntos de muestreo que permitieron conocer la concentración de los parámetros fósforo total, nitratos, transparencia y clorofila a. La metodología OECD (1982), dio como resultado un estado hipereutrófico según el fósforo total ($128,9 \mu\text{g/l}$ y $132,0 \mu\text{g/l}$ en época de lluvia y estiaje respectivamente), clorofila a (promedio anual de $46 \mu\text{g/l}$) y para transparencia ($0,69 \text{ m}$ y $0,62 \text{ m}$); y según nitratos un estado eutrófico ($201,7 \mu\text{g/l}$ y $230,0 \mu\text{g/l}$). Utilizando el Índice de Estado Trófico (TSI) de Carlson (1977), se obtuvo como resultado un nivel hipereutrófico según los valores de fósforo total ($TSI = 73,8$ en lluvia y $TSI = 74,3$ en estiaje) y uno eutrófico según la clorofila a ($TSI = 68,4$ en lluvia y $TSI = 67,9$ en estiaje) y la transparencia ($TSI = 66,1$ en lluvia y $TSI = 67,1$ en estiaje); y por último APHA (1981) dio como resultado un estado eutrófico según los nitratos ($201,7 \mu\text{g/l}$ en lluvia y $230,0 \mu\text{g/l}$ en estiaje). Con todos estos valores, se llegó a la conclusión de que la laguna Conococha se encontraba en un nivel eutrófico a hipereutrófico, principalmente originado por la ganadería, el vertimiento directo de las aguas residuales domésticas y la disposición de los residuos sólidos que iban a la laguna.

5.2. Marco Teórico

5.2.1. Eutrofización

Es el enriquecimiento de las aguas superficiales con nutrientes disponibles para las plantas. Si bien la eutrofización se produce en forma natural, normalmente está asociada a fuentes antropogénicas de nutrientes. (Moreno et al., 2010). Siendo el origen antropogénico este disminuye su calidad, incrementando nutrientes esenciales para el crecimiento de organismos, especialmente nitrógeno, fósforo y materia orgánica, de esta manera los sistemas

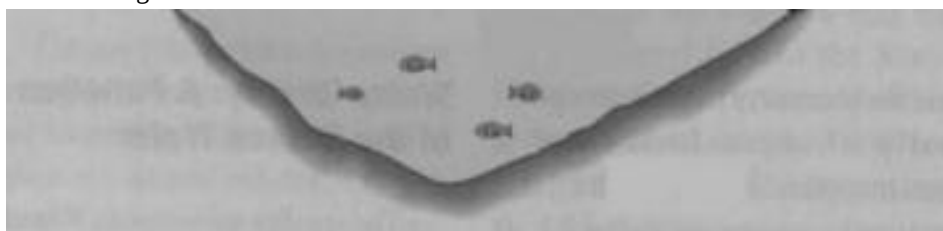
acuáticos crecen en nutrientes, pero de la misma forma va disminuyendo el oxígeno. (Moreno et al., 2010).

5.2.2. Estados tróficos

- **Oligotrófico**

Los cuerpos de agua como lagos y lagunas que pertenecen a este estado trófico, tienen una reducida relación superficie – volumen. Sus aguas son claras y cristalinas, generalmente de tonalidad azul claro, lo cual permite que la luz penetre hasta el fondo, donde las plantas acuáticas (flora béntica) realizan la fotosíntesis. Contiene bajo contenido de nutrientes en el agua, en ciertos casos, aunque la cantidad de nitrógeno se alto, la disponibilidad del fósforo es muy limitada. Esto se debe a un aporte mínimo desde los ecosistemas terrestres y otras fuentes externas. (Smith, 2001).

Figura 1. Estado oligotrófico



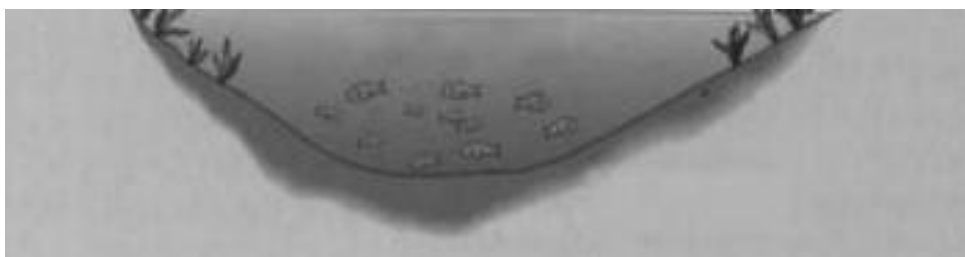
Fuente: Moreno etl al., (2010).

Debido a la escasez de nutrientes, el crecimiento de fitoplancton es limitado lo que favorece al desarrollo de la flora béntica, la cual mantiene en equilibrio al ecosistema acuático al suministrar alimento, hábitat y principalmente oxígeno disuelto (Wright, 1999). Posee una baja productividad primaria, en este estado trófico la producción primaria anual fijada y convertida en moléculas orgánicas por las plantas por metro cuadrado de superficie de lago es de 7 a 25 gramos. (Cole, 1988).

- **Mesotrófico**

Este estado corresponde a los lagos y lagunas que se encuentran entre los dos extremos de contenido de nutrientes, riqueza de nutrientes (eutrófico) y pobreza de nutrientes (oligotrófico). Posee entre 25 a 75 gramos de producción primaria anual fijada y convertida en moléculas orgánicas por las plantas. (Cole, 1988; Miller, 1994).

Figura 2. Estado mesotrófico.

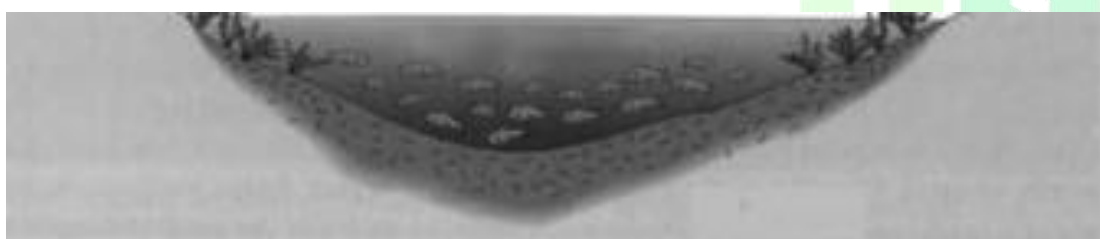


Fuente: Moreno et al., (2010)

- **Eutrófico**

En este estado trófico, los lagos y lagunas presentan una alta relación superficie – volumen, ya que el área es más grande en comparación con su profundidad. El agua es turbia de color verde oscuro. Contiene gran abundancia de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, lo que estimula el crecimiento del fitoplancton, especialmente de algas. Debido al excesivo crecimiento de algas la luz no puede penetrar, impidiendo que la flora béntica realice la fotosíntesis. Los restos de las algas muertas se depositan en el fondo de la masa de agua junto con los aportes de sedimentos y desechos orgánicos. Las bacterias descomponen a toda esta materia orgánica consumiendo el oxígeno y agotándolo. Con esto la vida acuática en esta zona se reduce. (Smith, 2001). La producción primaria anual se encuentra en un - 22 - rango de 75 a 250 gramos de carbono por metro cuadrado de superficie del cuerpo de agua. (Cole, 1988).

Figura 3. estado eutrófico.



Fuente: Moreno et al., (2010).

5.2.3. Índice de Carlson (TSI)

El índice de Carlson (TSI) es uno de los más utilizados (Franco et al., 2010; Gómez et al., 2012). Este se obtiene mediante una transformación logarítmica de los valores obtenidos del disco Secchi (Ds), concentración de clorofila “a” (clorof a) y el fósforo total (Pt). Esto bajo

el supuesto de que el material particulado suspendido controla la profundidad Secchi y que la concentración algal en el agua es la principal fuente de este material (Carlson, 1977).

Posteriormente, Aizaki propuso una modificación a este índice introduciendo coeficientes específicos para cada elemento que complementa la composición del estado trófico (López y Madroño, 2015).

Tabla 1. Índice de Carlson.

Estados de eutrofia	TSI	Descripción
	0	
Oligotrófico	10	Agua transparente, muy buena oxigenación en el hipolimnion
(TSI < 30)	20	
	30	
Mesotrófico	40	Disminución de la transparencia, algas aumentan, oxigenación en hipolimnion puede disminuir durante el verano.
(30 < TSI < 60)	50	
	60	
Eutrófico	70	Eutrofia Algas azules dominan, muchas macrófitas. (60- 70) Eutrofia Algas abundantes, problemas con oxigenación en el hipolimnion
(60 < TSI < 90)	80	
	90	
Hipereutrófico	100	Productividad limitada por la disponibilidad de luz, abundantes macrófitas, anoxia en hipolimnion
(90 < TSI < 100)		

Fuente: Modificado de Carlson ,1977; 1980, citado en Moreno et al., 2010.

5.2.4. Efecto de la eutrofización

Uno de los principales efectos de la contaminación del agua y afectación a su calidad, es la eutrofización cultural o artificial provocada por acción del ser humano. Entre los efectos más importantes que se producen están:

- Afectación a la industria de pesca comercial y deportiva a causa del cambio en las especies de peces presentes en el lago debido a los bajos niveles de oxígeno dentro del cuerpo de agua. (Heinke, 1999).
- Pérdida de la biodiversidad existente dentro del lago o laguna y reducción de su vida útil debido al aumento de sedimentos. (Jiménez, 2001).
- Abundante crecimiento del fitoplancton (algas y cianobacterias) que producen un sabor y olor desagradable en el agua, impidiendo el consumo de agua de fuentes de abastecimiento que se encuentran afectadas por la eutrofización, además la gran cantidad de algas obstruyen canales y drenes de riego, filtros de las plantas de tratamiento y tomas de plantas hidroeléctricas. (Heinke, 1999; Jiménez, 2001).
- Restricción al turismo y la recreación por el excesivo crecimiento de algas que impiden nadar en lagos y lagunas o realizar paseos en lanchas o botes. (Heinke, 1999; Jiménez, 2001).

5.2.5. Indicadores físicos de eutrofización

Temperatura

Es uno de los factores ambientales más importantes que influyen en la proliferación y supervivencia de los microorganismos, tiene gran influencia sobre los organismos acuáticos, modificando sus hábitos alimenticios, reproductivos y sus tasas metabólicas (Díaz y Sotomayor, 2013). Se ha determinado que 17 °C es el valor umbral de temperatura por encima del cual se dispara el crecimiento de fitoplancton (Somma, 2014).

Oxígeno disuelto

Está relacionado directamente con la densidad y diversidad del fitoplancton, si los niveles de oxígeno disuelto son demasiados bajos, esta especie junto con otros organismos no

pueden sobrevivir (Peña, 2007). Para mantener una óptima calidad de agua para el desarrollo del fitoplancton requiere una concentración de oxígeno disuelto no menor de 4 a 8 mg/L.

Turbidez

El fitoplancton posee características eco fisiológicas que ayuda a su supervivencia de acuerdo al ambiente en el que habita, algunas especies tienen la capacidad de crecer en un amplio gradiente de intensidad lumínica (baja turbidez) o tolerar intensidades de luz muy bajas (alta turbidez). Las masas de agua con cantidades grandes de vida planctónica tienen un nivel de turbidez entre 10 a 30 UNT (Somma, 2014).

pH

Su valor determina la supervivencia de algunas especies de fitoplancton, existen especies que habitan aguas muy ácidas con valores entre el rango de 2.0 a 4.0, como *Nitzschia* sp. y *Cymbella* sp., a su vez existen también especies que sobreviven en aguas alcalinas con valores de hasta 8.3 tales como *Staurstrum* sp., *Pediastrum* sp. y *Gomphonema acuminatum*. Por lo que el pH no es un parámetro que inhiba el crecimiento y desarrollo del fitoplancton (Baylon et al., 2018).

Conductividad

Su valor está altamente relacionado con la comunidad fitoplanctónicas; se ha demostrado que valores de conductividad eléctrica por encima de los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ afectan la composición y abundancia de fitoplancton (Baylon et al., 2018).

5.2.6. Indicadores químicos de eutrofización

Clorofila-a

Los pigmentos fotosintéticos son las sustancias capaces de captar energía lumínica y de transformarla en energía química mediante la fotosíntesis. La captación de energía para la función fotosintética no es la única función de los pigmentos fotosintéticos en las plantas. La gran variedad de sustancias que responden al concepto de pigmentos se diferencia en su biogénesis, en su composición y estructura molecular, diferencias que son la causa de sus distintas propiedades. (Manrique, 2003).

La clorofila-a es el principal pigmento fotosintético y está presente en todas las algas y cianobacterias. El contenido de clorofila-a es un buen descriptor para la bioproducción y puede relacionarse linealmente con la biomasa como una función de la composición de especies, la adaptación de la luz, la edad de una comunidad de algas y el suministro de nutrientes de las células. (Gregor y Marsálek, 2005).

Fosfatos

El fósforo es esencial para el crecimiento de los organismos, su falta puede implicar la inhibición de algunas especies acuáticas entre ellas el fitoplancton. Los vertidos contaminados, o con alto contenido en fosfatos, pueden dar lugar al desarrollo de organismos fotosintéticos acuáticos en concentraciones problemáticas (Guamán y Gonzales, 2016). Se ha determinado que valores por encima de los 0.8 mg/L indican que el cuerpo de agua está atravesando un proceso de eutrofización (Jiménez, Jahuir y Ibáñez, 2006).

Nitratos

El incremento de concentración en las aguas de este compuesto se produce eminentemente en zonas de producción agrícola, también por vertidos de aguas residuales y excrementos animales en zonas de ganadería; este compuesto ayuda al crecimiento acelerado de la comunidad fitoplanctónicas. Se ha determinado que valores por encima de los 2.0 mg/L indican que el cuerpo de agua está atravesando un proceso de eutrofización (Jiménez, Jahuir y Ibáñez, 2006)

5.3.Marco Conceptual

Aguas lenticas: Son aquellas aguas que no presentan corriente continua, son las llamadas aguas quietas. Pertenecen a este grupo los lagos, lagunas y estanques. (Granizo, 2011).

Clorofila a: Pigmento verde que poseen las plantas y las algas y que es fundamental en el proceso de la fotosíntesis. (Granizo, 2011).

Conductividad: Es la capacidad, que posee una solución, de transmitir corriente eléctrica. (Granizo, 2011).

Distancia Secchi: Es la distancia a la cual el disco Secchi aparece a la vista del observador, luego de ser sumergido. (Granizo, 2011).

Fitoplancton: Se denomina al conjunto de organismos microscópicos que se encuentran flotando en el agua. Comprende a las algas y a las cianobacterias. (Granizo, 2011).

Flora béntica: Está compuesta de plantas acuáticas enraizadas en el fondo del cuerpo de agua. Comprende dos grupos, vegetación acuática sumergida y vegetación emergente. (Granizo, 2011).

Fósforo total: Comprende a los diferentes compuestos de fósforo como son ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos. (Granizo, 2011).

Limnología: Ciencia que estudia las características físicas, químicas y biológicas de lagos, lagunas, ríos, embalses y estuarios. (Granizo, 2011).

Potencial Hidrógeno (pH): Es un parámetro que indica la concentración de iones hidrógeno de una solución acuosa determinando el grado de acidez o basicidad que posee. (Granizo, 2011).



5.4.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 4).

Figura 4. Ubicación de Valledupar.



Fuente: Alcaldía Municipal de Valledupar, 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: 4.978 Km²

Extensión área urbana: El casco urbano tiene una longitud de 149 Km²

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): altitud media de 180 msnm.

Temperatura media: la temperatura Media Anual es de 40,4 °C, con máximas y mínimas de 23°C y 42°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 5.

Figura 5. Ubicación del humedal María Camila.



Fuente: tomada y adaptada de google maps, 2020.

5.5.Marco Legal

Tabla 2. Marco legal aplicable.

Normatividad	Artículos	Aplicabilidad
Constitución política de Colombia	Artículo 8. Contempla que es obligación del estado y las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la nación. Artículo 79. Todas las personas tienen el derecho de gozar de un ambiente sano. La ley garantiza la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.	Es deber el estado proteger la integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para lograr los logros proyectados
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	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

Normatividad	Artículos	Aplicabilidad
	República para establecer un régimen de incentivos económicos, para el adecuado uso y 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.

Normatividad	Artículos	Aplicabilidad
Decreto ley 2811 de enero de 1974. Por el cual se dicta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección del medio ambiente.	Art. 8: Se consideran factores que deterioran el 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	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.
	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	

Normatividad	Artículos	Aplicabilidad
	o artificiales, que se encuentren en áreas declaradas dignas de protección. 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, 2022.

6. Marco Metodológico

6.1. Línea y Sublínea de Investigación

El resultado de la investigación, precisa un aporte a la línea de investigación en Sostenibilidad y Gestión Ambiental, cuya sublínea de investigación es Gestión integral del recurso hídrico. De igual forma su eje temático y objetivo es analizar y/o evaluar los bioindicadores de la calidad del agua.

6.2. Tipo de Investigación

Los estudios correlacionales describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado (Hernández et al., 2014).

6.3. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es no experimental, de acuerdo con Hernández et al., (2014) esta se puede definir como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente las variables; solo se observa el fenómeno tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos.

6.4. Población de Estudio

La población corresponde al humedal de María Camila ubicado en la ciudad de Valledupar.

6.5. Muestra Poblacional

Se encuentra conformado por las tres (3) muestras que se tomaron para determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y la clorofila “A”.

6.6. Desarrollo Metodológico

6.6.1. Fase 1. Determinar la concentración de los parámetros, Ph, temperatura, conductividad, nitratos, fosfatos y clorofila “A”

Actividad 1.1. Identificación de los puntos de muestreo

Descripción: Se tomaron tres (3) puntos de muestreo de manera que estos abarcaran la totalidad del humedal, estos se georreferenciaron los puntos de muestreo por medio de la aplicación MAPAS de sistema operativa IOS.

Actividad 1.2. Recolección de las muestras para parámetros fisicoquímicos

Descripción: Para la toma de muestras en los puntos escogidos fue necesario tomar una muestra simple; utilizando recipientes plásticos, siguiendo los protocolos y técnicas recomendadas por Granizo (2011). Estos recipientes se cubrieron con papel aluminio y cinta adhesiva con el fin de evitar que la muestra le penetren rayos de luz y se altere la misma.

Luego con un recipiente previamente rotulado, lavado con agua destilada se tomó en cada punto de muestreo una muestra simple la cual fue de 300 mililitros (ml). Una vez tomadas las muestras fueron almacenadas a una cava con hielo seco, esto con el fin de mantener las condiciones del agua hasta su ingreso al laboratorio para sus análisis.

La toma de muestras a diferentes profundidades se llevó a cabo considerando los pasos propuestos por Granizo (2011), de la siguiente manera:

- Se marcó en una cuerda la altura de donde se tomaron las muestras de agua.
- Los recipientes previamente preparados se lavaron dos veces con el agua de la misma estación.
- Se introdujo el recipiente hasta la profundidad deseada y se esperó un minuto aproximadamente para que el agua se estabilizara, luego se le coloca a el recipiente un tapón de seguridad para no alterar la muestra y se subió a la superficie.
- Se colocaron en la cava para su preservación y llevada al laboratorio cristal violeta.

Actividad 1.3. Determinación de la clorofila A y parámetros fisicoquímicos

Los estudios fisicoquímicos y determinación de la clorofila A fueron realizados por el Laboratorio Cristal Violeta de la ciudad de Valledupar. A continuación, se relacionan los parámetros con sus métodos los cuales fueron objeto de estudio:

Tabla 3. Parámetros de estudios y sus métodos.

Parámetro	Unidad	Método
pH	U de pH	SM 4500-H• B /Electro métrico
Temperatura	°C	SM2550 B/Electrométrico
Nitratos	Mg/L	APHA-AWWA-WEF (2005). Método 2540 D
Fosfatos	Mg/L	APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500-P A, C y E
Clorofila	mg/m3	APHA-AWWA-WEF (2005). Método espectrofotométrico 10200 H

Fuente: autores, 2022.

6.6.2. Fase 2. Calcular el índice de estado trófico (TSI) propuesto por Carlson, modificado por Aizaki (1981)

Teniendo en cuenta el resultado del parámetro clorofila a, se procede entonces con el cálculo del estado trófico para lo cual se empleó la ecuación propuesta por Carlson (1977), modificadas por Aizaki et al. (1981), descritas por Moreno et al. (2010).

Ecuación para calcular el TSI de clorofila a (Clorf a) (mg/m³).

$$TSI_{Clorf\ a} = 10 * (2.46 + \frac{Ln (Clorfa)}{Ln\ 2.5})$$

Los resultados obtenidos se interpretaron en la siguiente escala de valores:

Tabla 3. Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua

Estados de eutrofia	TSI	Clorf a (mg/m3)
	0	0.04
Oligotrófico	10	0.12
(TSI < 30)	20	0.34
	30	0.94
Mesotrófico	40	2.6
(30 < TSI < 60)	50	6.4
	60	20
Eutrófico	70	56
(60 < TSI < 90)	80	154
	90	427
Hipertrofico	100	11.83
(90 < TSI < 100)		

Fuente: Modificado de Carlson ,1977; 1980, citado en Moreno et al., 2010.

6.6.3. Fase 3. Establecer la Correlación entre los parámetros fisicoquímicos objeto de estudio

Actividad 3.1. Correlación entre los parámetros estudiados

Descripción: se determinaron y analizaron las correlaciones entre los parámetros por medio del método de correlación de Pearson, utilizando el software Excel. Según Ratner (2009), las pautas aceptadas para interpretar el coeficiente de correlación son las siguientes:

- 0 indica que no hay relación lineal.

- +1 indica una relación lineal positiva perfecta, esto quiere decir que a medida que una variable aumenta o disminuye en sus valores, la otra variable hará lo mismo a través de una regla lineal exacta.
- -1 indica una relación lineal negativa perfecta, esto quiere decir que a medida que una variable aumenta en sus valores, la otra variable disminuye a través de una regla lineal exacta.
- Los valores entre 0 y 0.3 (0 y -0.3) indican una relación lineal positiva (negativa) débil a través de una regla lineal inestable.
- Los valores entre 0.3 y 0.7 (-0.3 y -0.7) indican una relación lineal positiva (negativa) moderada a través de una regla lineal firme difusa.
- Los valores entre 0.7 y 1.0 (-0.7 y -1.0) indican una fuerte relación lineal positiva (negativa) a través de una regla lineal firme.

6.6.4. Fase 4. Proponer estrategias de gestión ambiental que permitan mejorar las condiciones socioambientales del ecosistema en estudio.

Tabla 4. Estrategias de gestión ambiental.

Nombre de la estrategia				
Objetivo:				
Meta				
Tipo de medida	Prevención	Mitigación	Compensación	Control
Descripción de la medida				
Acciones				
Recursos				

Responsable

Indicadores

Fuente: autores, 2022.



7. Resultados y Análisis

7.1. Concentración de los parámetros, pH, temperatura, conductividad, nitratos, fosfatos y clorofila “a”.

7.1.1. Identificación de los puntos de muestreo

En primer lugar, cabe mencionar que, aunque inicialmente se plasmó el compromiso de realizar el muestreo en seis puntos del humedal, esto tuvo que ser modificado lo cual resultó ser una limitante en el estudio dado que al llegar al sitio el espejo de agua se encontraba reducido de manera considerable por lo cual no fue posible tomar seis puntos, sino tres puntos cumpliendo con el criterio de que estos abarcaran la totalidad del humedal. El Humedal presentaba poca agua, incluso se observa algunas partes totalmente secas como se muestra en las siguientes imágenes.

Figura 6. Espejo de agua del humedal de María Camila.



Fuente: autores, 2022.

A continuación, se presentan los puntos de referencias tomados a partir del GPS del celular iPhone y la aplicación “mapas”:

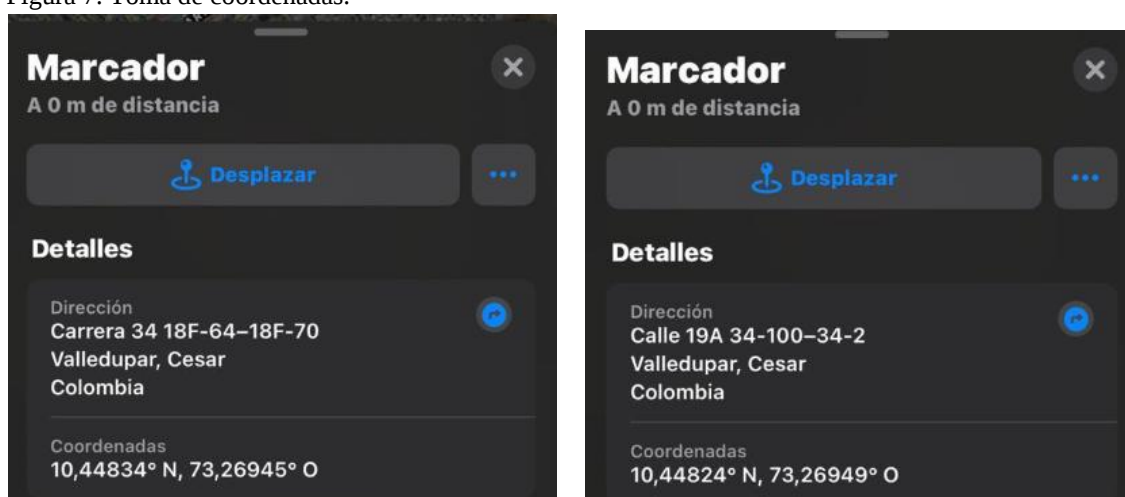
Tabla 5. Coordenadas de los puntos de muestreo.

Ubicación	Coordenadas
Punto 1	10,46899 °N, 73, 23440 °O
Punto 2	10, 44824 °N, 73, 26949 °O
Punto 3	10, 44834 °N, 73,26945 °O

Fuente: autores, 2022.

Los puntos de muestreo se determinaron el día seis de abril del 2022, las evidencias de este procedimiento se encuentran a continuación:

Figura 7. Toma de coordenadas.



Fuente: autores, 2022.

7.1.2. *Recolección de las muestras para parámetros fisicoquímicos*

Se utilizó un muestreo simple para la toma de muestra en cada uno de los puntos escogidos y referenciados en el ítem anterior, siendo así a continuación se presenta las evidencias del proceso de toma de muestra el cual se cumplió en su totalidad como lo exigía la metodología de este estudio.

Figura 8. Toma de muestra del agua del humedal.



Fuente: autores, 2022.

Las muestras de agua se tomaron a las siguientes profundidades:

Tabla 6. Profundidades medidas en el humedal.

Ubicación	Profundidad (cm)
Punto 1	16
Punto 2	23
Punto 3	15

Fuente: autores, 2022.

Con el fin de garantizar la representatividad de cada muestra tomada a la profundidad deseada y que dicha muestra al momento de subir hasta la superficie no tuviera un intercambio de agua con los niveles superiores se tomaron las muestras con unos recipientes que contaban con un tapón, suministrados por el laboratorio (observar siguiente figura), que no permitía que entrara agua de niveles superior una vez el recipiente fuera subiendo. De esta manera el recipiente se bajó hasta la profundidad deseada, se esperó durante un minuto que se estabilizará el mismo, luego se procede a abrir el tapón del recipiente, llenar el mismo, tapar el recipiente y luego subir.

Figura 9. Evidencia del recipiente utilizado para la toma de muestra a profundidad.



Fuente: autores, 2022.

Luego, estas muestras de agua se transportaron hasta el laboratorio Cristal Violeta ubicado en la ciudad de Valledupar, para este fin se utilizó una cava con hielo con el fin no alterar las condiciones o características del agua como se muestra en las siguientes imágenes.

Figura 10. Evidencia del transporte de las muestras de agua.



Fuente: autores, 2022.

Como complemento de las actividades mencionadas, y aunque esta no se encontraba contemplada en la metodología, se procedió a determinar la transparencia del agua por medio del disco Secchi suministrado o prestado por el laboratorio. Este es un instrumento de medición de la penetración luminosa, y por ello de la turbidez, en masas de agua como ríos, lagos y mares. Luego de la medición se encontró que a 10 cm de profundidad no se observa el disco, de manera que la problemática de turbidez del agua es bastante alta lo cual favorece también la eutrofización por la falta de oxígeno que llega hasta el fondo del humedal.

Figura 11. Medición de turbidez por medio del disco Secchi.



Fuente: autores, 2022.

7.1.3. Determinación de la clorofila a y parámetros fisicoquímicos

Una vez llevadas las muestras hasta el laboratorio se procedió con su análisis, el día 27 de abril del 2022 se entregaron los resultados de las muestras de agua para los parámetros clorofila a, conductividad, fosfatos, nitrógeno, pH, temperatura y turbiedad, a continuación, se referencian los resultados obtenidos.

Tabla 7. Resultados de los parámetros fisicoquímicos en el punto 1.

Parámetro	Resultado	Normatividad Decreto 1076 2015
Clorofila a	5,20 mg/m ³	N.E.
Conductividad	92,4 us/cm	N.E.
Fosfatos	< 0,01 mg PO ₄ /L	N.E.
Nitrógeno	0,16 mg NO ₃ /L	N.E.
pH	6,72 unidades de (pH)	4.5 – 9.0
Temperatura	18,4 °C	N.E.
Turbiedad	7120 NTU	10 unidades

Fuente: autores, 2022.

Notas: N.E. No Especifica.

En primer lugar, cabe señalar que se indaga sobre alguna normatividad que permitirá comparar la concentración de los parámetros en estudio, sin embargo, no se encontró ninguna para los parámetros clorofila, nitrógeno, fosforo y conductividad. No obstante, estos parámetros se pueden evaluar indirectamente por medio de la etapa dos, es decir del estado trófico que tiene en cuenta la concentración de estos parámetros.

Por otro lado, se encontró que el pH se ubica dentro del rango establecido en la normatividad Decreto 1076 2015 y el decreto 1594 de 1984, este se encuentra con valores neutros, ubicado dentro de los rangos aceptables para mantener la vida acuática; de acuerdo con Roldan (2003) el intervalo de la concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecha y crítico, la mayoría de los animales acuáticos prefieren un rango de pH de 6.5 a 8.0, fuera de este rango se reduce a la diversidad por estrés fisiológico y la reproducción.

Por otro lado, para el caso de la temperatura, Gualdrón (2016) plantea que temperaturas menos a 35°C son óptimas para el establecimiento de la biota acuática, además, el mismo autor

señala que esta variable es de suma importancia debido a que un ecosistema en condiciones de alta temperatura disminuye el oxígeno disuelto; lo cual aumenta la actividad bacteriana y la sensibilidad de la biota acuática a ciertos componentes tóxicos. En este caso la temperatura estaría cumpliendo con el criterio dado por el autor citado.

De acuerdo con los resultados, según Bueno et al., (1997) la turbidez es un fenómeno óptico producido por las partículas insolubles que se encuentran en suspensión en un agua y consiste esencialmente en una absorción de la luz combinado con una difusión; además, el aumento en materia suspendida en los vertidos causa, directa e inmediatamente, un aumento en la turbidez de la columna de agua que afecta en la penetrabilidad de la luz en la misma y altera, en consecuencia, la productividad plantónica y bentónica del ecosistema (BARG, 1992). Es importante lo anterior dado que en este caso de estudio la turbiedad se encuentra por fuera de la normatividad.

A continuación, se referencias los resultados de los parámetros fisicoquímicos en el punto número dos.

Tabla 8. Resultados de los parámetros fisicoquímicos en el punto 2.

Parámetro	Resultado	Normatividad
		Decreto 1076 2015
Clorofila a	11,9 mg/m ³	N.E.
Conductividad	98,9 us/cm	N.E.
Fosfatos	< 0,01 mg PO ₄ /L	N.E.
Nitrógeno	0,25 mg NO ₃ /L	N.E.
pH	6,07 unidades de (pH)	4.5 – 9.0
Temperatura	16,7 °C	N.E.
Turbiedad	2288 NTU	10 unidades

Fuente: autores, 2022.

De igual manera a lo sucedido en el punto uno, en el punto dos el pH y la temperatura se encuentra dentro de los valores permitido, sin embargo, en el caso de la turbiedad esta se encuentra sobrepasando el valor de 10 Unidades estipulado en la norma.

A continuación, se referencias los resultados de los parámetros fisicoquímicos en el punto número tres.

Tabla 9. Resultados de los parámetros fisicoquímicos en el punto 3.

Parámetro	Resultado	Normatividad Decreto 1076 2015
Clorofila a	72,7 mg/m ³	N.E.
Conductividad	97,4 us/cm	N.E.
Fosfatos	0,01 mg PO ₄ /L	N.E.
Nitrógeno	0,06 mg NO ₃ /L	N.E.
pH	6,43 unidades de (pH)	4.5 – 9.0
Temperatura	18,3°C	N.E.
Turbiedad	728 NTU	10 unidades

Fuente: autores, 2022.

Por último, en el punto tres el pH se encuentra dentro de la norma, aunque con un leve ascenso con relación al punto dos, este mismo comportamiento se observó en la temperatura que en también se elevó con respecto al punto dos; en el caso de la turbiedad se sigue manteniendo por encima de la norma Decreto 1076 2015.

Se procedió a promediar la concentración de los tres puntos de muestreo con el fin de realizar un análisis que abarque todo el sistema ecosistema del humedal de María Camila, el cual se muestra a continuación:

Tabla 10. Promedio de las concentraciones de los parámetros en los tres puntos de muestreo.

Parámetro	Resultado	Normatividad Decreto 1076 2015
Clorofila a	29,9 mg/m ³	N.E.
Conductividad	96,2 us/cm	N.E.
Fosfatos	0,01 mg PO ₄ /L	N.E.
Nitrógeno	0,2 mg NO ₃ /L	N.E.
pH	6,4 unidades de (pH)	4.5 – 9.0
Temperatura	17,8°C	N.E.
Turbiedad	3378,7 NTU	10 unidades

Fuente: autores, 2022.

7.2. Índice de estado trófico (TSI) propuesto por Carlson, modificado por Aizaki (1981)

Teniendo en cuenta el resultado del parámetro clorofila a, se procede entonces con el cálculo del estado trófico para lo cual se empleó la ecuación propuesta por Carlson (1977), modificadas por Aizaki et al. (1981), descritas por Moreno et al. (2010).

Ecuación para calcular el TSI de clorofila a (Clorf a) (mg/m³).

$$TSI_{Clorf\ a} = 10 * (2.46 + \frac{\ln (Clorf\ a)}{\ln 2.5})$$

Tabla 11. Índice de estado trófico (TSI) en los puntos de muestreo.

Punto	Resultado por puntos	TSI Clorof a	Estado trófico
Punto 1	5,20 mg/m ³	43	Mesotrófico (30 < TSI < 60)
Punto 2	11,9 mg/m ³	47	Mesotrófico (30 < TSI < 60)
Punto 3	72,7 mg/m ³	64	Eutrófico (60 < TSI < 90)

Fuente: autores, 2022.

De acuerdo con los resultados de la determinación del estado trófico del humedal María Camila empleando el método de Carlson; este indica que, el humedal presenta estados entre mesotróficos y eutróficos. No obstante; se encontró una diferencia entre los puntos, en el que el punto 1 y 2 presentan un comportamiento similar, a excepción del punto 3, donde se midieron los valores más altos de clorofila “a”, lo que trae como consecuencia un mayor crecimiento del fitoplancton y una mayor concentración de clorofila “a”.

- **Punto 1 y 2**

Los dos puntos de esta investigación, mostraron un comportamiento similar; según los valores fisicoquímicos del agua, el humedal se encuentra en estado mesotrófico, muy cercano a ser eutrófico. Esto puede ser un indicio de que la cantidad de materia orgánica en el agua es elevada, muy posiblemente por el crecimiento masivo de la vegetación acuática.

El humedal como un sistema que tiende a la eutrofia y con base en variables cualitativas, se afirma que presenta un olor vegetal fuerte, el agua presenta un color pardusco y el fondo es fangoso negruzco.

- **Punto 3**

El valor obtenido del TSI fue de 64, indicando una importante presencia de la clorofila “a” y determinando concretamente su estado eutrófico. Estos indicadores son el resultado de la acumulación de nutrientes derivados de las actividades antropogénicas en los alrededores, lo que trae como consecuencia el probable crecimiento acelerado de biomasa y pérdida de biodiversidad del humedal.

Cuando un cuerpo de agua pasa de un estado trófico a otro como resultado del enriquecimiento de nutrientes; a un ritmo que es demasiado rápido para la eliminación natural, se produce una reducción en los niveles de oxígeno en las aguas profundas debido a la descomposición de la materia orgánica.

7.3. Correlación entre los parámetros fisicoquímicos objeto de estudio

7.3.1. Correlación entre parámetros

Se determinaron y analizaron las correlaciones entre los parámetros por medio del método de correlación de Pearson, utilizando el software Excel. Según Ratner (2009), los resultados de encuentran a continuación:

Tabla 12. Coeficiente de correlación de Pearson entre parámetros.

Parámetros correlacionados	Clorofila a	Conductividad	Nitrógeno	pH	Temperatura	Turbiedad
Clorofila a	1	0,381	- 0,81	-0,03	0,37	-0,75
Conductividad	0,81	1	0,19	-0,93	-0,71	-0,90
Nitrógeno	- 0,83	0,19	1	-0,53	-0,82	0,26
pH	-0,028	-0,93	-0,52	1	0,92	0,68

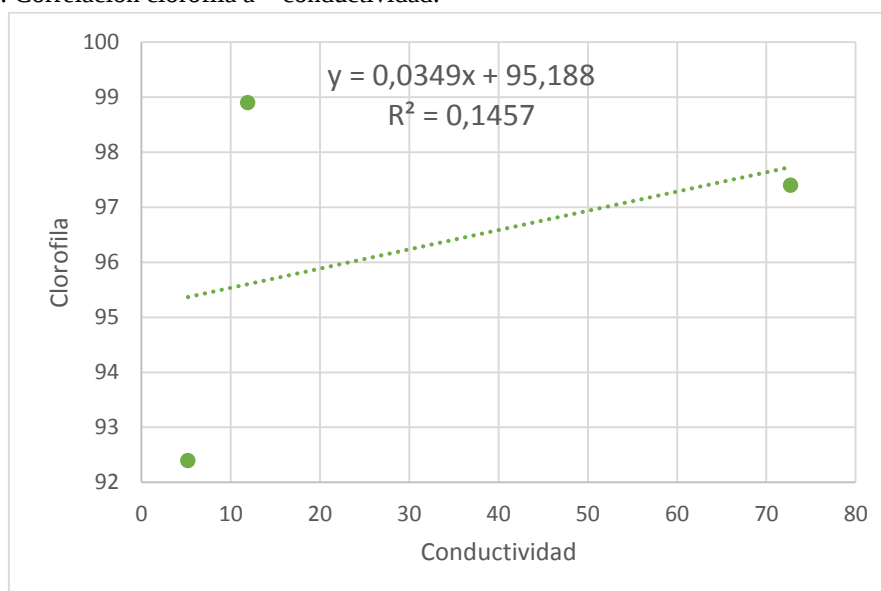
Temperatura	0,37	-0,72	-0,82	0,91	1	0,33
Turbiedad	-0,75	-0,90	0,26	0,68	0,33	1

Fuente: autores, 2021.

Estos resultados indican entonces que hay correlaciones entre los parámetros, en algunos casos son negativas y otras positivas, a continuación, se analizan cada una de las correlaciones con su respectiva gráfica.

- **Clorofila a – Conductividad.**

Figura 12. Correlación clorofila a – conductividad.



Fuente: autores, 2022.

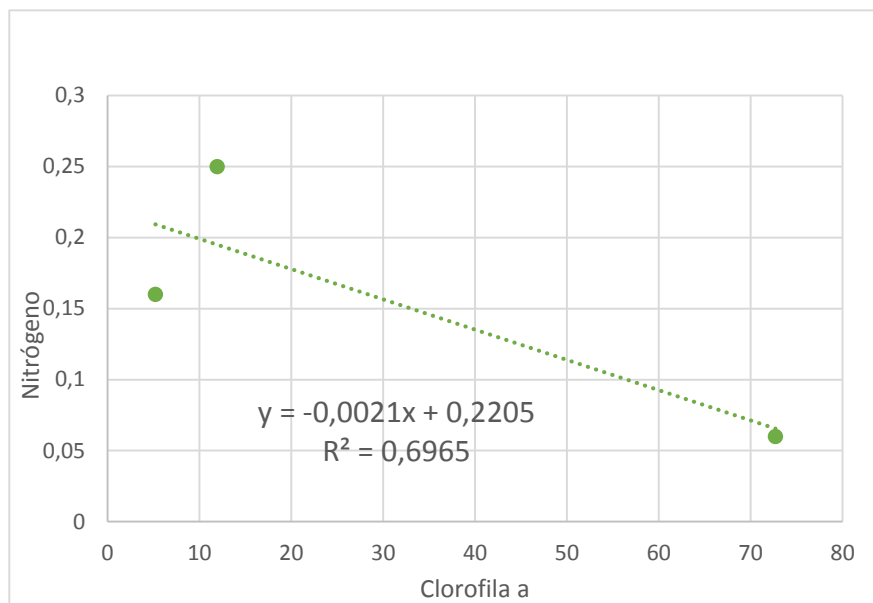
De acuerdo con la figura anterior el coeficiente de determinación es $r^2 = 0,1457$, por lo tanto, el coeficiente de correlación de Pearson es de 0,381, dicho valor representa una relación línea positiva moderada a través de una regla lineal firme difusa.

El parámetro conductividad frente a la concentración promedio de clorofila “a” muestra coeficientes de 0,381 lo que significa que no se tiene una correlación importante debido a que en humedal no existe la presencia de una alta cantidad de iones disueltos. La oxigenación del sistema puede deberse en buena parte al proceso de fotosíntesis que realizan las algas

fitoplanctónicas. El mantener estos altos niveles de oxígeno en el agua favorece notablemente el desarrollo de las comunidades acuáticas.

- **Clorofila a – Nitrógeno**

Figura 13. Correlación Clorofila a - Nitrógeno



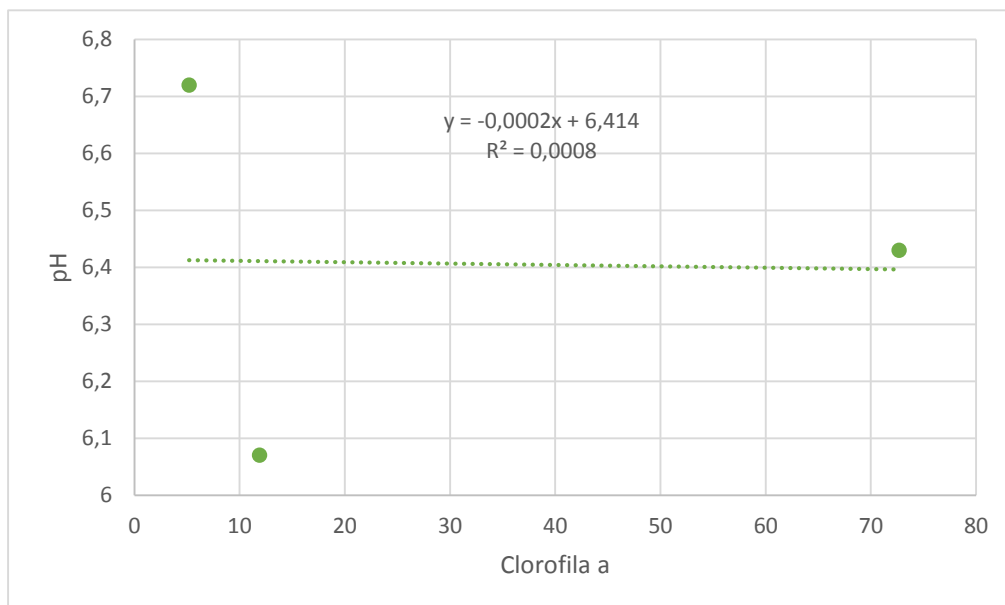
Fuente: autores, 2022.

De acuerdo con la figura anterior el coeficiente de determinación es $r^2 = 0,6965$, por lo tanto, el coeficiente de correlación de Pearson es de - 0,381, dicho valor representa una relación línea negativa moderada a través de una regla lineal firme difusa.

No se aprecia una relación importante entre nitrógeno y clorofila “a” lo que significa que no se tiene una correlación importante debido a que no presentan alta variabilidad de nitrógeno. El nitrógeno es considerado una de las sustancias necesarias para el crecimiento de los organismos, se encuentra en el agua en cantidades suficientes en forma natural, por lo cual no se registran niveles altos que puedan favorecer el incremento de clorofila “a”.

- **Clorofila a – Ph**

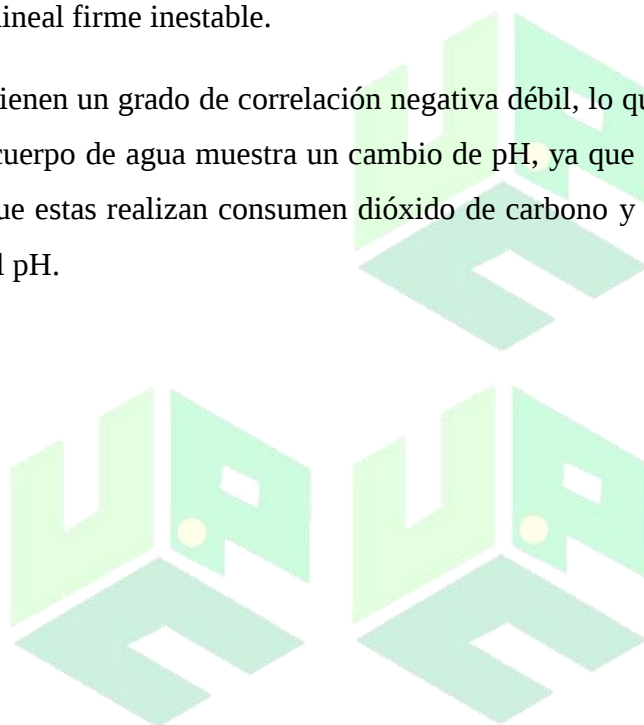
Figura 14. Correlación Clorofila a - pH.



Fuente: autores, 2022.

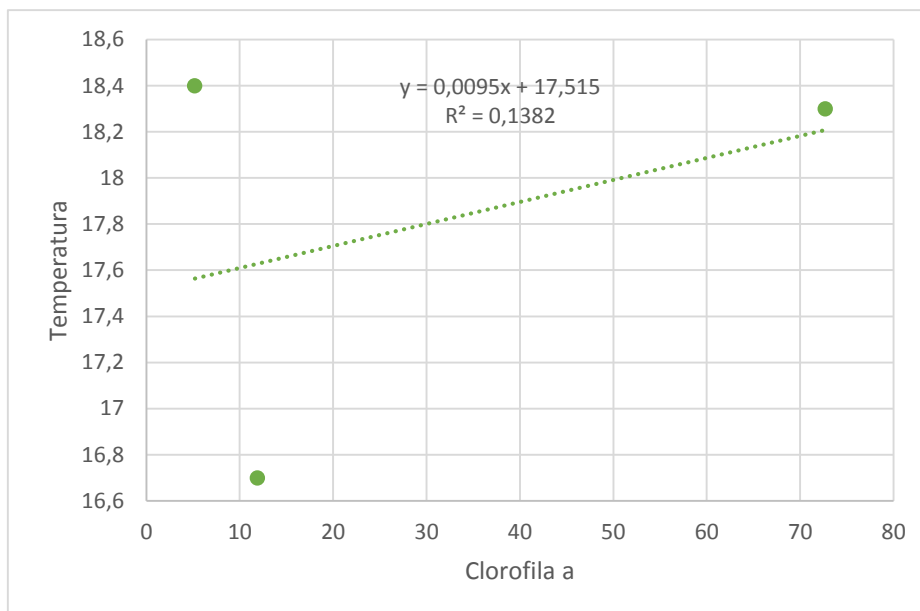
De acuerdo con la figura anterior el coeficiente de determinación es $r^2 = 0,0008$, por lo tanto, el coeficiente de correlación de Pearson es de - 0,03, dicho valor representa una relación línea negativa débil a través de una regla lineal firme inestable.

Las variables clorofilas “a” y pH tienen un grado de correlación negativa débil, lo que indica que el crecimiento de algas en el cuerpo de agua muestra un cambio de pH, ya que el proceso de crecimiento y reproducción que estas realizan consumen dióxido de carbono y la reducción de este gas hace que aumente el pH.



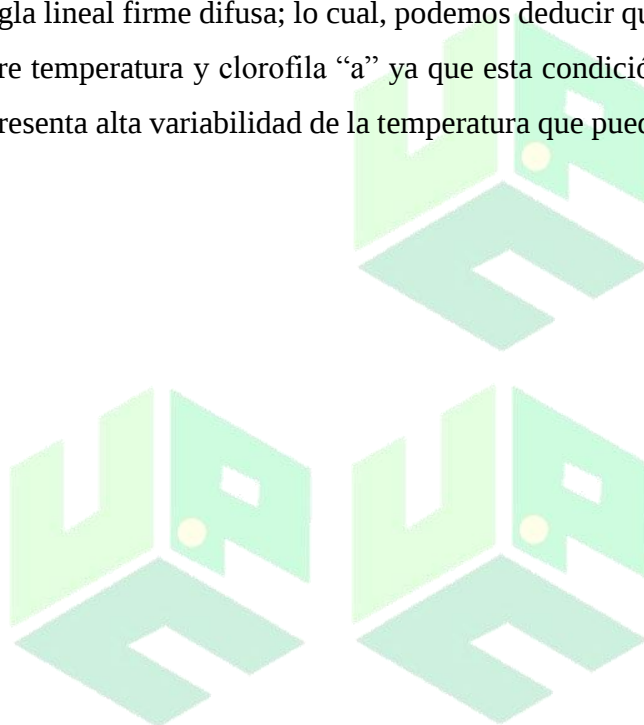
- **Clorofila a – Temperatura**

Figura 15. Correlación Clorofila a – Temperatura



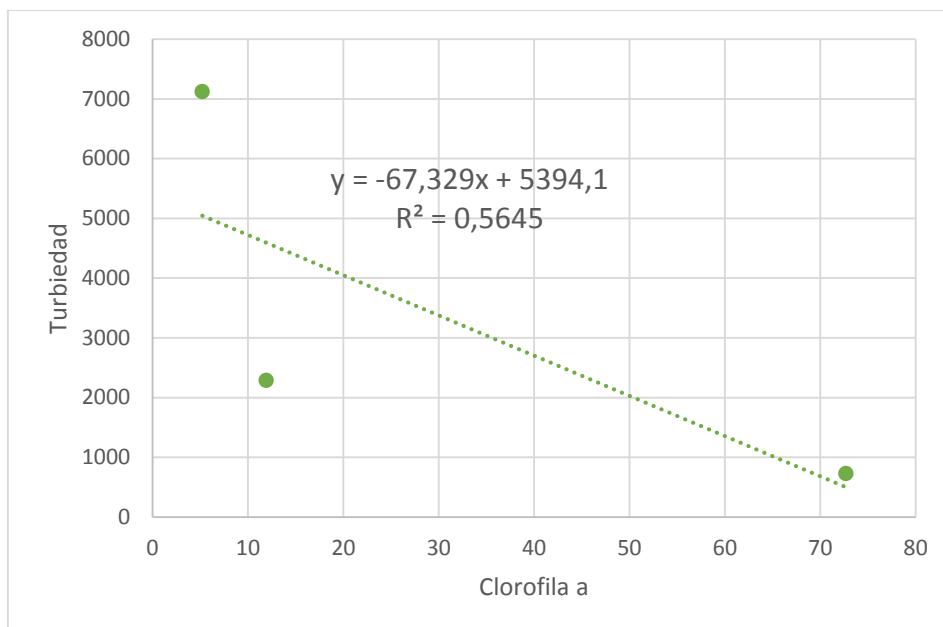
Fuente: autores, 2022.

De acuerdo con la figura anterior el coeficiente de determinación es $r^2 = 0,1382$, por lo tanto, el coeficiente de correlación de Pearson es de 0,37, dicho valor representa una relación línea positiva moderada a través de una regla lineal firme difusa; lo cual, podemos deducir que no se aprecia una relación importante entre temperatura y clorofila “a” ya que esta condición se debe a que humedal María Camila no presenta alta variabilidad de la temperatura que pueda favorecer el incremento de clorofila “a”.



- **Clorofila a – Turbiedad**

Figura 16. Correlación Clorofila a - Turbiedad.

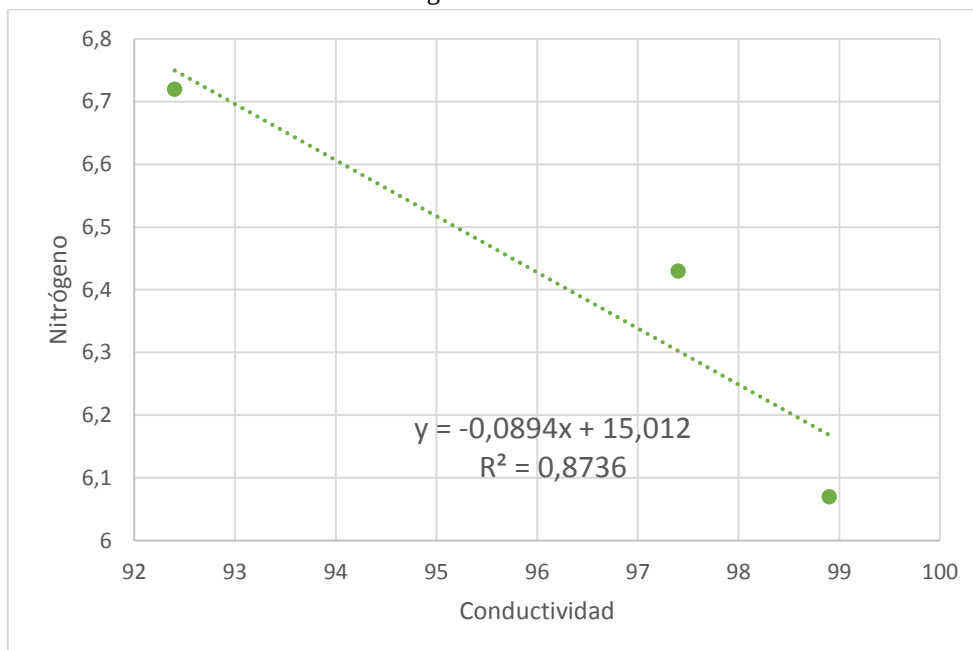


Fuente: autores, 2022.

De acuerdo con la figura anterior el coeficiente de determinación es $r^2 = 0,5645$, por lo tanto, el coeficiente de correlación de Pearson es de $-0,75$, dicho valor indica una fuerte relación lineal negativa a través de una regla lineal firme; por lo tanto, al aumentar los niveles de turbiedad, la clorofila “a” no hace lo mismo con respecto a ella, sino que tiende a descender, generando cambios considerables, pues, el fitoplancton posee características ecofisiológicas que ayuda a su supervivencia de acuerdo al ambiente en el que habita, algunas especies tienen la capacidad de crecer baja turbidez o alta turbidez. (Somma, 2014).

- **Conductividad – Nitrógeno**

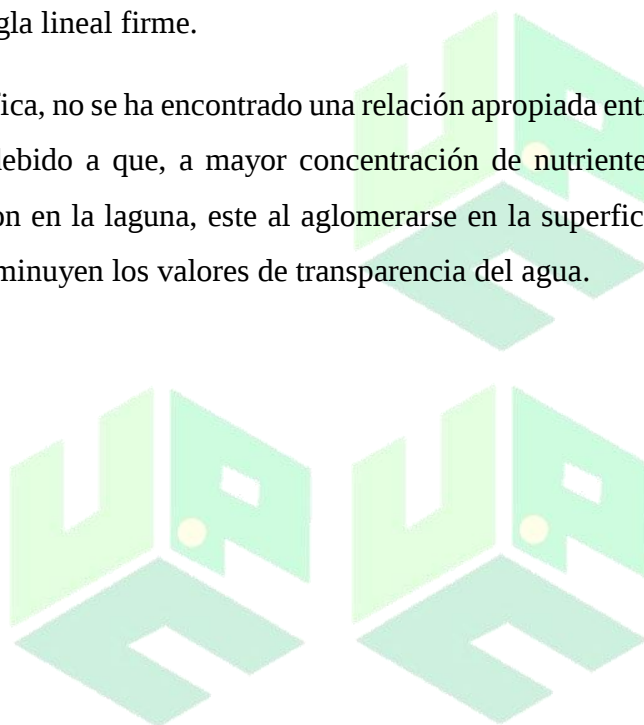
Figura 17. Correlación Conductividad - Nitrógeno.



Fuente: autores, 2022.

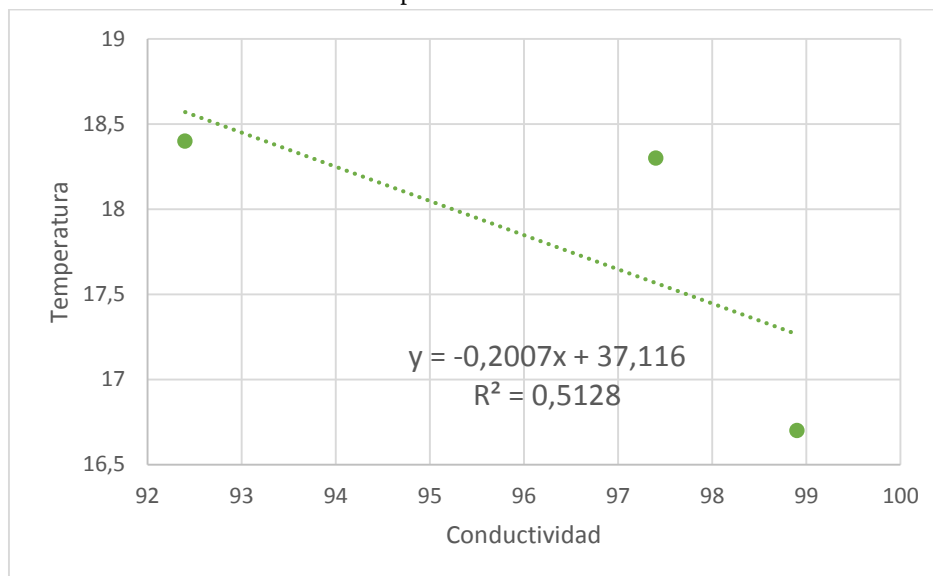
De acuerdo con la figura anterior el coeficiente de determinación es $r^2 = 0,8736$, por lo tanto, el coeficiente de correlación de Pearson es de $-0,93$, dicho valor indica una fuerte relación lineal negativa a través de una regla lineal firme.

De acuerdo a lo reflejado en la gráfica, no se ha encontrado una relación apropiada entre la conductividad eléctrica y nitrógeno; debido a que, a mayor concentración de nutrientes, mayor será la proliferación de fitoplancton en la laguna, este al aglomerarse en la superficie impide el paso de la luz y por lo tanto disminuyen los valores de transparencia del agua.



- **Conductividad – Temperatura**

Figura 18. Correlación Conductividad - Temperatura.



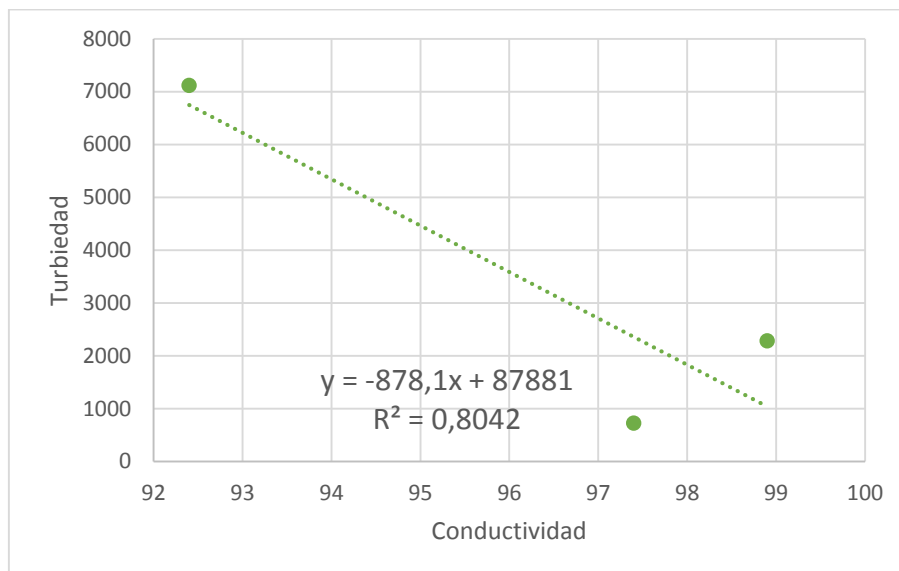
Fuente: autores, 2022.

De acuerdo con la figura anterior el coeficiente de determinación es $r^2 = 0,5128$ por lo tanto, el coeficiente de correlación de Pearson es de - 0,71, dicho valor indica una fuerte relación lineal negativa a través de una regla lineal firme.

Existe una relación importante entre conductividad y temperatura, por lo que esta condición se debe a que la conductividad del agua está relacionada con la concentración de las sales en disolución, cuya disociación genera iones capaces de transportar la corriente eléctrica. La solubilidad de las sales en el agua depende de la temperatura, por lo que la conductividad varía en conformidad con la temperatura del agua. (Solís, Zúñiga y Mora, 2018).

- **Conductividad – Turbiedad**

Figura 19. Correlación Conductividad - Turbiedad.



Fuente: autores, 2022.

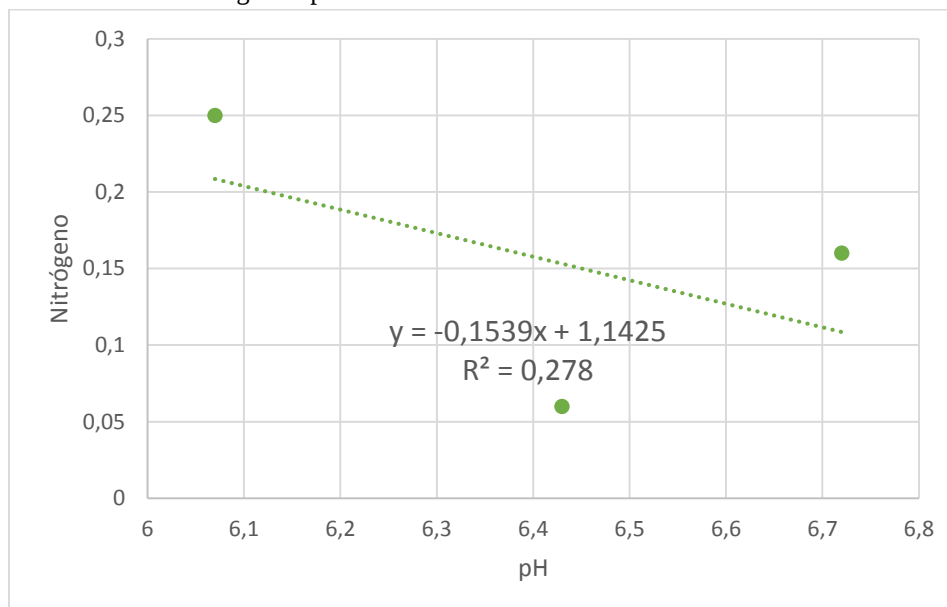
De acuerdo con la figura anterior el coeficiente de determinación es $r^2 = 0,8042$, por lo tanto, el coeficiente de correlación de Pearson es de - 0,90, dicho valor indica una fuerte relación lineal negativa a través de una regla lineal firme.

La turbiedad y la conductividad tienen un grado de correlación negativa fuerte, lo que indica que si existe un aumento de turbiedad en el cuerpo de agua no necesariamente implica mayor presencia de conductividad. (Roldán y Ramírez, 2008).

las soluciones con mayor concentración iónica presentan mayores conductividades y por consiguiente menor resistencia. Cuando se incrementa la turbidez está relacionada con el grado de transparencia y limpieza del agua que a su vez depende de la cantidad de sólidos en suspensión del agua que pueden ser resultado de una posible actividad biológica o simplemente una presencia de componentes no deseables, no influye en mayor conductividad.

- **Nitrógeno – pH**

Figura 20. Correlación Nitrógeno - pH



Fuente: autores, 2022.

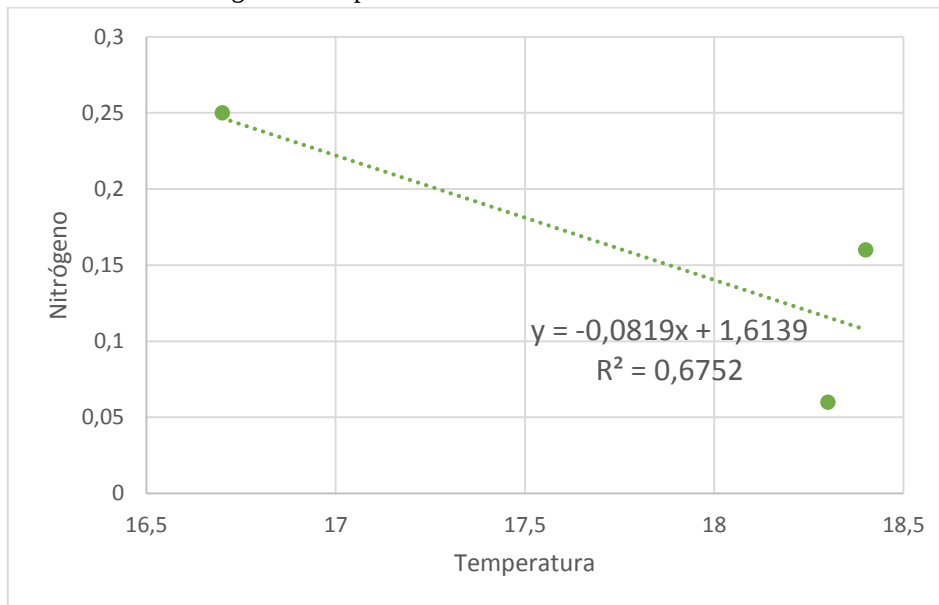
De acuerdo con la figura anterior el coeficiente de determinación es $r^2 = 0,278$, por lo tanto, el coeficiente de correlación de Pearson es de - 0,53, dicho valor indica una relación lineal (negativa) moderada a través de una regla lineal firme difusa. Esta condición se debe a que el nitrógeno hace parte fundamental de las proteínas, las plantas y las algas lo toman como nitratos durante la síntesis de proteína y lo incorporan en su tejido.

Cuando mueren los organismos, las proteínas se descomponen primero en amonio, luego en nitritos y por último nitratos, y se puede encontrar en los cuerpos de agua la mayoría de nitrógenos como nitratos (Roldan,2003).

Según Gómez (2009) el crecimiento de algas en los cuerpos de agua muestra un cambio de pH, ya que el proceso de crecimiento y reproducción que estas realizan consumen dióxido de carbono y la reducción de este gas hace que aumente el pH, por lo que el agua tiende a ser básica.

- **Nitrógeno – Temperatura**

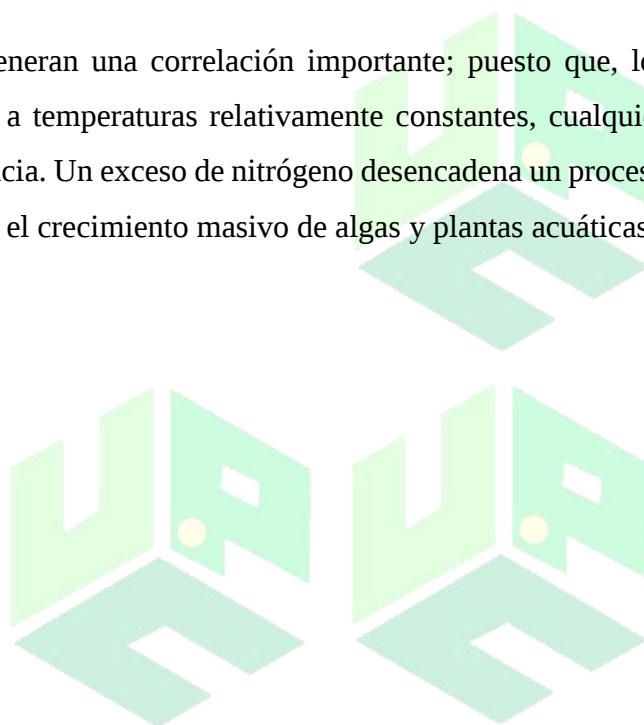
Figura 21. Correlación Nitrógeno - Temperatura.



Fuente: autores, 2022.

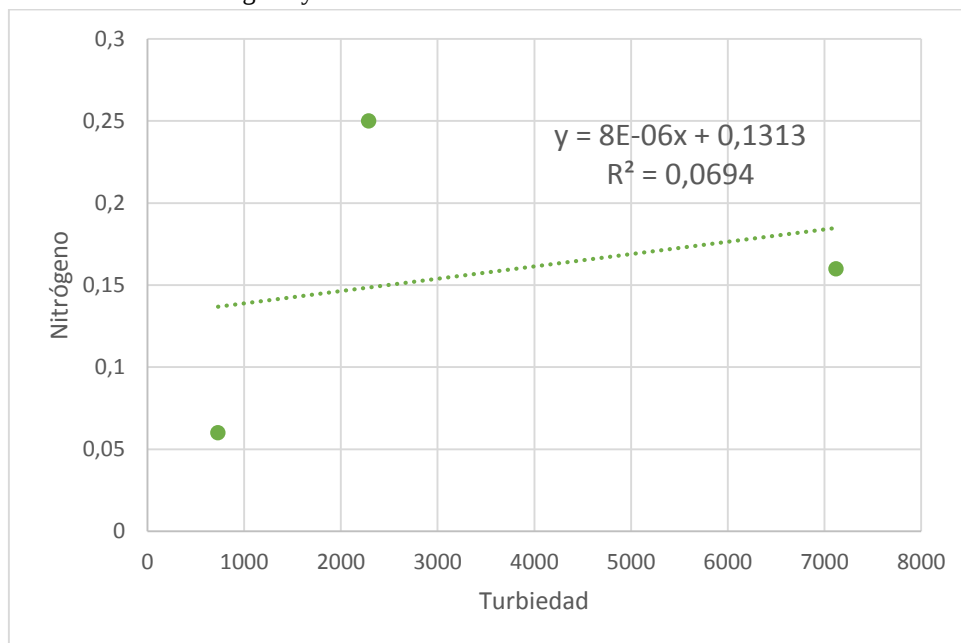
De acuerdo con la figura anterior el coeficiente de determinación es $r^2 = 0,6752$, por lo tanto, el coeficiente de correlación de Pearson es de - 0,82, dicho valor indica una fuerte relación lineal negativa a través de una regla lineal firme.

EL nitrógeno y la temperatura generan una correlación importante; puesto que, los organismos tropicales al estar adaptados a temperaturas relativamente constantes, cualquier cambio puede ser fatal para así supervivencia. Un exceso de nitrógeno desencadena un proceso de eutrofización, el cual se manifiesta por el crecimiento masivo de algas y plantas acuáticas.



- **Nitrógeno – Turbiedad**

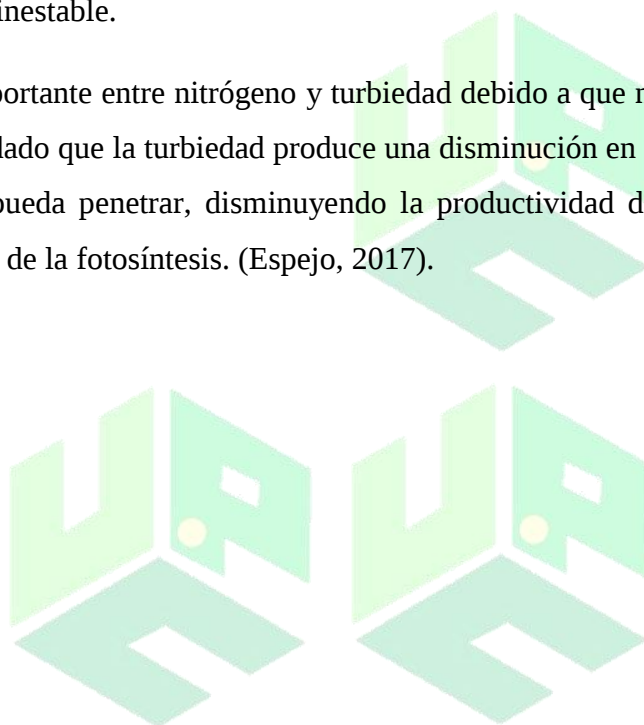
Figura 22. Correlación Nitrógeno y Turbiedad.



Fuente: autores, 2022.

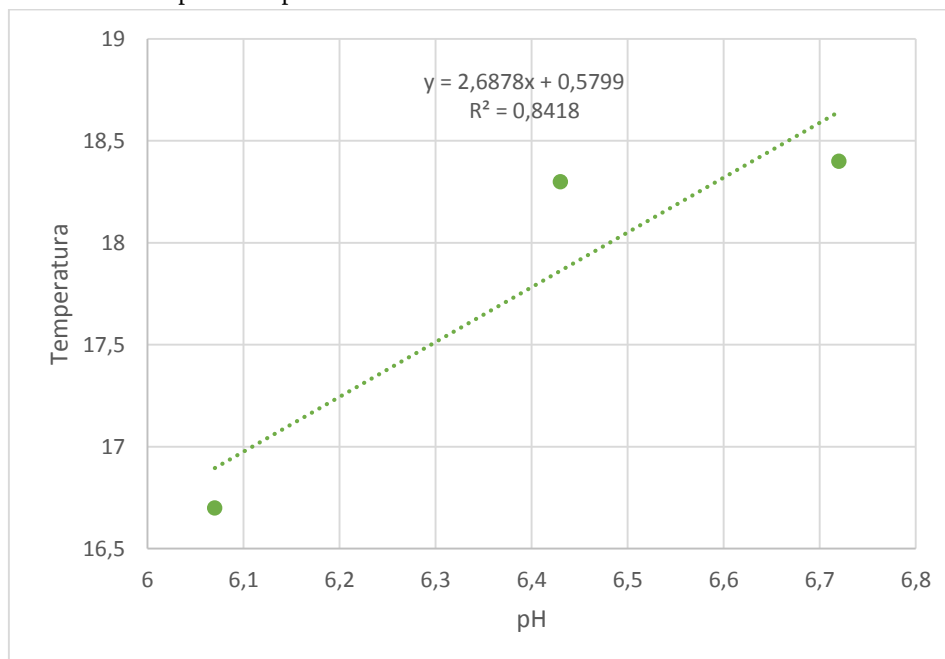
De acuerdo con la figura anterior el coeficiente de determinación es $r^2 = 0,0694$, por lo tanto, el coeficiente de correlación de Pearson es de 0,26, dicho valor indica una relación lineal positiva débil a través de una regla lineal inestable.

No se aprecia una correlación importante entre nitrógeno y turbiedad debido a que no presentan alta variabilidad de nitrógeno, dado que la turbiedad produce una disminución en la transparencia generando que la luz no pueda penetrar, disminuyendo la productividad del sistema y los niveles de oxígeno producto de la fotosíntesis. (Espejo, 2017).



- **pH – Temperatura**

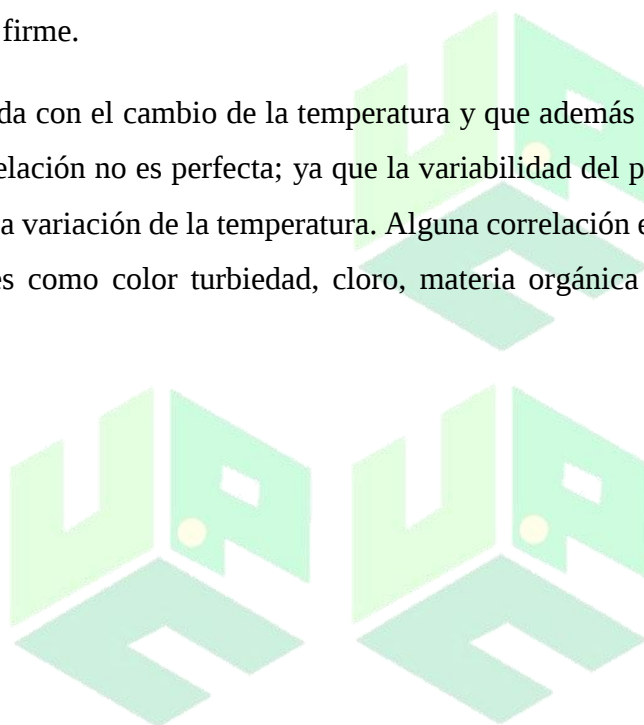
Figura 23. Correlación pH - Temperatura.



Fuente: autores, 2022.

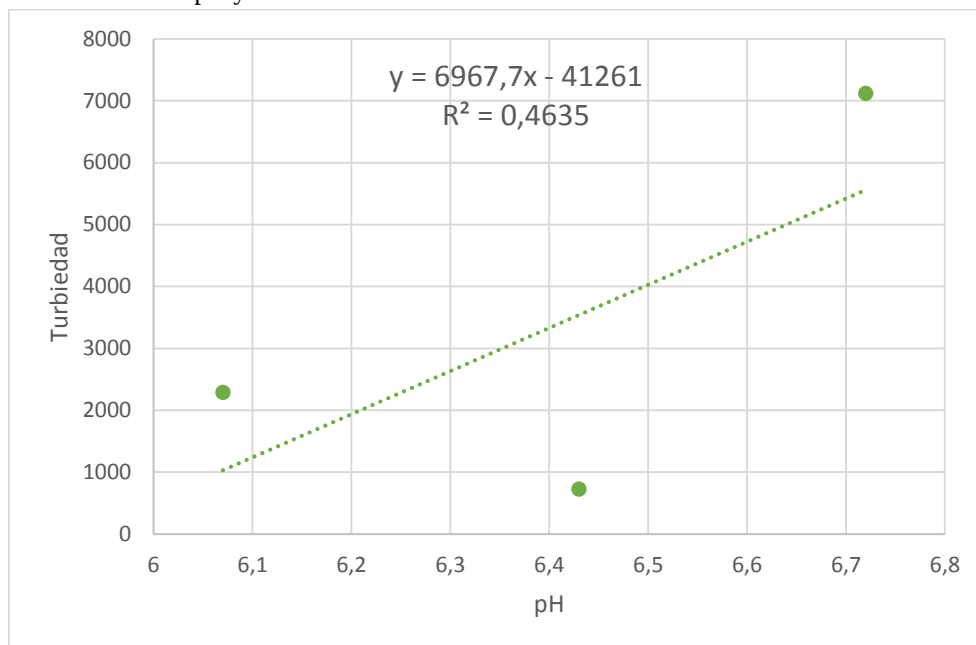
De acuerdo con la figura anterior el coeficiente de determinación es $r^2 = 0,8418$, por lo tanto, el coeficiente de correlación de Pearson es de 0,92, dicho valor indica una fuerte relación lineal positiva a través de una regla lineal firme.

La variación en el pH está asociada con el cambio de la temperatura y que además la relación es positiva. Sin embargo, la correlación no es perfecta; ya que la variabilidad del pH no puede ser determinado totalmente por la variación de la temperatura. Alguna correlación en el pH está asociada a otros factores tales como color turbiedad, cloro, materia orgánica y coloidal y agentes oxidantes y reductores.



- **pH – Turbiedad**

Figura 24. Correlación pH y Turbiedad.



Fuente: autores, 2022.

De acuerdo con la figura anterior el coeficiente de determinación es $r^2 = 0,4635$, por lo tanto, el coeficiente de correlación de Pearson es de 0,68, dicho valor indica una relación lineal positiva moderada a través de una regla lineal firme difusa.

El pH y turbiedad presenta un grado de correlación positiva (directamente proporcional); aunque, el valor del potencial de hidrogeno determina la supervivencia de algunas especies de fitoplancton, existen especies que habitan en aguas muy ácidas y a su vez existen también especies que sobreviven en aguas alcalinas. (Baylon et al., 2018). Lo que indica que, si los niveles de PH suben o bajan, encontraremos valores de turbiedad que también harán lo mismo en relación a ella, debido a que directa e inmediatamente diversidades de especies tienen la capacidad de crecer baja turbidez o alta turbidez. (Somma, 2014). Por lo que el pH no es un parámetro que inhiba el crecimiento y desarrollo del fitoplancton.

7.4. Fase 4. Proponer estrategias de gestión ambiental que permitan mejorar las condiciones socioambientales del ecosistema en estudio.

Teniendo en cuenta los resultados de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos evaluados, el estado trófico del ecosistema y las correlaciones realizadas se procede con el diseño de estrategias de gestión ambiental que permitan mejorar las condiciones ambientales de la zona de estudio, siendo así a continuación se presentan a través de la siguiente matriz:

Tabla 13. Estrategias de gestión ambiental.

Sensibilización de las comunidades que se encuentran asentadas alrededor del humedal sobre la importancia ambiental del humedal y medidas para cuidarlo.					
Objetivo:	Sensibilizar a las comunidades sobre la importancia ambiental del humedal y medidas para cuidarlo.				
Meta	Comunidad consciente sobre la importancia ambiental del humedal.				
Tipo de medida	Prevención	X	Mitigación	Compensación	Control
Descripción de la medida					
Acciones	Realizar talleres				
	Realizar capacitaciones				
	Entrega de folletos con información relevante y acorde al objetivo				
Recursos	Recursos físicos, papeles, fotocopias, medio audiovisuales				
Responsable	Ingeniero ambiental y sanitario				
Indicadores	# de charlas/capitaciones/talleres brindados				

Fuente: autores, 2022.

Tabla 14. Estrategias de gestión ambiental.

Inyectar aire en el humedal					
Objetivo:	Mejorar los niveles de oxígeno en el humedal de María Camila				
Meta	Alcanzar niveles de oxígeno disuelto que permitan la recuperación de fauna y flora				
Tipo de medida	Prevención	Mitigación	X	Compensación	Control
Descripción de la medida					
Acciones	Consiste en la inyección de aire en el fondo del pantano o lago con el fin de crear una columna de agua/aire que posibilita que el agua del fondo, con bajo contenido en oxígeno, se mezcle con el agua de la superficie de alto contenido en oxígeno.				
Recursos	Equipo de monitoreo, sistema de aireación.				
Responsable	Ingeniero ambiental y sanitario				
Indicadores	Mediciones de oxígeno disuelto				

Fuente: autores, 2022.

Tabla 15. Estrategias de gestión ambiental.

Caracterizar la fuente hídrica que nutre el espejo de agua	
Objetivo:	Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos principalmente nitratos y fosfatos de la fuente hídrica que nutre el humedal.

Meta	Caracterizar el agua de la fuente hídrica que nutre el humedal.
------	---

Tipo de medida	Prevención	Mitigación	Compensación	Control	X
----------------	------------	------------	--------------	---------	---

Descripción de la medida

Acciones	Tomar muestra de agua compuestas en el sistema de ecosistémico con el fin de determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
----------	--

Recursos	Reactivos, laboratorio, recipientes, equipos para mediciones in situ, marcadores, hojas, cintas plásticas, hielo seco, cavas.
----------	---

Responsable	Ingeniero ambiental y sanitario
-------------	---------------------------------

Indicadores	Concentración de los parámetros estudiados.
-------------	---

Fuente: autores, 2022.

Tabla 16. Estrategias de gestión ambiental.

Mejoramiento de la calidad de las aguas superficiales mediante la aplicación de sistemas de tratamiento naturales, no invasivos y de fácil manejo en la fuente de agua que nutre el humedal

Objetivo:	Mejorar la calidad del agua del humedal de María Camila.
-----------	--

Meta	Tratar de manera natural el agua del humedal por medio de plantas
------	---

Tipo de medida	Prevención	Mitigación	X	Compensación	Control
----------------	------------	------------	---	--------------	---------

Acciones	Descripción de la medida
----------	--------------------------

Implementar la siembra de especies que ayuden a mejorar la calidad del agua del humedal como lenteja de agua, junco, entre otros.

Recursos

Plantas acuáticas

Responsable

Ingeniero ambiental y sanitario

Indicadores

Concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Fuente: autores, 2022.

Tabla 17. Estrategias de gestión ambiental.

Minimizar la sequía del humedal María Camila dándole agua de una manera continua sin interrupciones.

Objetivo:

Suministrar mayor cantidad de agua al humedal y de manera continua

Meta

Mantener con agua el humedal

Tipo de medida

Prevención

Mitigación

X

Compensación

Control

Descripción de la medida

Acciones

La canalización amortiguaría la escases de agua en épocas de sequía, en donde estas se podrían conectar por el tramo que pasa cerca de la sede del hospital Eduardo Arredondo daza que se ubica entre los barrios 450 años y Populandia y este no requería de alguna turbina o elemento de propulsión para llevar el agua hacia el humedal.

Recursos	Materiales para la canalización
Responsable	Ingeniero ambiental y sanitario
Indicadores	No aplica

Fuente: autores, 2022.

Tabla 18. Estrategias de gestión ambiental.

Realización de un comité ambiental para la vigilancia y control del humedal María Camila

Objetivo:	Ejercer vigilancia y control ambiental sobre el humedal María Camila
-----------	--

Meta	Unir la mayor cantidad de personas interesadas en el bienestar de los ecosistemas y lo social que genera el humedal en la comunidad, integrándose a los diferentes comités ambientales dispuestos para el mejoramiento y conservación del humedal maría Camila
------	--

Tipo de medida	Prevención	X	Mitigación	Compensación	Control
----------------	------------	---	------------	--------------	---------

Descripción de la medida

Ejercer vigilancia y control sobre el ecosistema en temas como:

Acciones	Prevenir la entrada de personal no autorizado. Mejorar el enmallado. Buscar apoyo policial. Realizar brigadas de limpieza
----------	--

Prevenir el deterioro con cualquier otra acción complementaria a las ya mencionadas.

Recursos

Comunidad

Responsable

Ingeniero ambiental y sanitario

Indicadores

No aplica

Fuente: autores, 2022



8. Conclusiones

En cuanto a la concentración de los parámetros se encontró que el pH tuvo un valor promedio de 29.9 mg/m³, la conductividad 96,2 us/cm, los fosfatos de 0,01 mg PO₄/L, el nitrógeno de 0,2 mg NO₃/L, el pH de 6,4 unidades, la temperatura de 17,8 °C y la turbiedad de 3378,7 NTU. El pH y temperatura se encuentra por dentro del rango o valor permitido por el decreto 1076 del 2015, sin embargo, la turbiedad no cumplía con el criterio de dicha norma.

De los tres puntos de muestreo tomados el índice de estado trófico (TSI) en el punto uno y dos tuvo valores de 43 y 47 respectivamente de manera que se clasificó como Mesotrófico, mientras que el punto tres tuvo un valor de TSI de 64 denominado como eutrófico, estos resultados muestran entonces la contaminación producto del nitrógeno y fosforo en el sistema de humedal de María Camila.

En lo que respecta a las correlaciones encontró que sí existen relaciones entre los parámetros fisicoquímicos evaluados, en algunos casos esta resulta una relación positiva fuerte entre el pH – Temperatura y débil positiva como en el caso del nitrógeno – Turbiedad, cabe mencionar que en la mayoría de los casos las relaciones fueron positivas moderadas como el caso de clorofila a – conductividad, clorofila a – temperatura, pH - turbiedad lo que indica que son directamente proporcionales, de manera que al incrementarse uno, el otro hará lo mismo.

De igual forma, se encontraron correlaciones negativas que indican entonces que están son inversamente proporcionales, de manera que al incrementar uno, el otro disminuye y viceversa, estas relaciones se presentaron en la Clorofila a – nitrógeno, nitrógeno – pH con una relación lineal negativa moderada, Clorofila a – pH tienen una relación lineal negativa débil, Clorofila a – turbiedad fuerte relación lineal negativa, Conductividad – nitrógeno, conductividad – temperatura, conductividad – turbiedad, nitrógeno – temperatura con una fuerte relación lineal negativa.

Finalmente, se propusieron diferentes estrategias de gestión ambiental que permiten mejorar las condiciones socioambientales del ecosistema, dentro de esas se cuenta con la sensibilización de las comunidades que se encuentran asentadas alrededor del humedal sobre la importancia ambiental del humedal y medidas para cuidarlo, mejorar los niveles de oxígeno en el humedal de María Camila por medio de la inyección de aire, mejoramiento de la calidad

de las aguas superficiales mediante la aplicación de sistemas de tratamiento naturales, no invasivos y de fácil manejo en la fuente de agua que nutre el humedal, minimizar la sequía del humedal María Camila dándole agua de una manera continua sin interrupciones y la realización de un comité ambiental para la vigilancia y control del humedal María Camila.



9. Recomendaciones

Monitorear en forma permanente las posibles causas que pueden contaminar los lagos, para establecer los mecanismos preventivos frente a los contaminantes ambientales.

Debe existir el compromiso formal de los organismos competentes para crear y aplicar políticas protectoras del ambiente natural, mediante la formulación de ordenanzas que comprometan la participación de la sociedad en general.

Realizar estudios en donde se conozca la distribución de las comunidades de plancton y macroinvertebrados en toda la columna de agua.

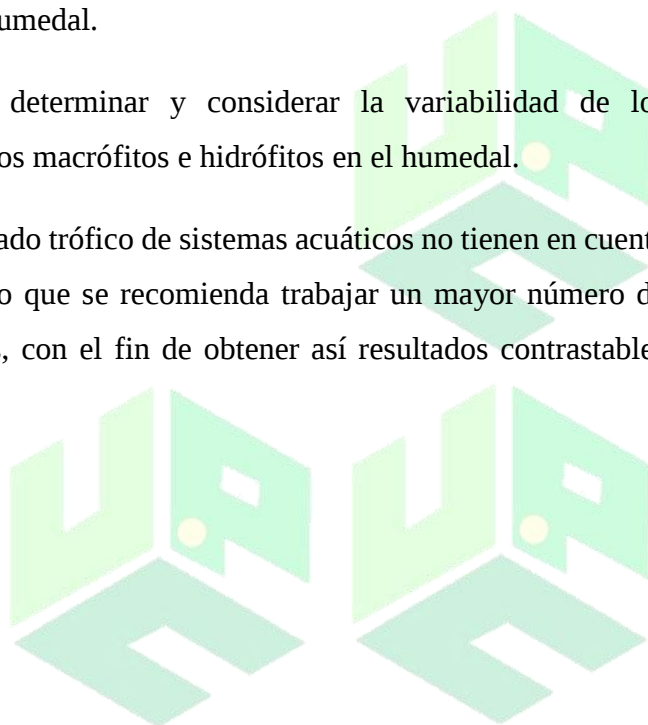
Estudiar la interfase - agua - sedimento para estudiar la dinámica de los nutrientes y minerales.

Establecer estudios con periodos de tiempo más largos para determinar las características fisicoquímicas y biológicas que permitan tener un registro anual en la dinámica ambiental del humedal.

Realizar conjuntamente con el plancton y macroinvertebrados, estudios de otras comunidades biológicas (como Perifiton y macrófitas) que permitan integrar la información y dar pautas para el manejo ambiental del humedal.

Incorporar investigaciones para determinar y considerar la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos por medio de los macrófitos e hidrófitos en el humedal.

Algunos índices que indican el estado trófico de sistemas acuáticos no tienen en cuenta todos los aspectos relevantes. Es por esto que se recomienda trabajar un mayor número de índices propuestos por diferentes autores, con el fin de obtener así resultados contrastables entre sí.



Referencias Bibliográficas

- Aguilar, O. y Navarro, B. Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017. [En línea] Universidad Tecnológica de los Andes, 2017.
- Andrade, E., (2016) *Determinación del estado trófico del lago de Mojanda en relación con los parámetros físico-químicos*. Trabajo de grado para la obtención del Título de Ingeniera en Recursos Naturales Renovables. Ibarra, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte.
- Álamo, B.; Loza, S.; Sánchez, M.; Montalvo, J.; García, L.; Reyes, T. y M. Carmenate, (2013) “Evaluación del estado trófico de seis bahías interiores del Archipiélago Sabana-Camaguey, Cuba, mediante el empleo de clorofila-a como bioindicador” en *Serie Oceanológica*. Número 13, enero-diciembre 2013, pp. 9-18.
- Baylon, M. y otros. Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como indicadores de la calidad de agua en lagunas altoandinas del departamento de Pasco (Perú). Lima: Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú, 2018. 1993-9507.
- Carlson, R. (1997). A trophic state index for lakes. *Limnology and oceanography*, 22(2), 361-369.
- Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22: 361- 369. Conley, D. J., Paerl, H. W., Howarth, R. W., Boesch, D. F., Seitzinger, S. P., Havens, K. E., ... & Likens, G. E. (2009). Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. *Science*, 323(5917), 1014-1015.

Cole, G. (1988). Manual de Limnología. Buenos Aires - Argentina: Editorial Hemisferio Sur.

Decreto 1076 2015. Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible.

Delegido, J.; Tenjo, C.; Ruiz-Verdú, A.; Peña, R. y J. Moreno, (2014) “Modelo empírico para la determinación de clorofila-a en aguas continentales a partir de los futuros Sentinel-2 y 3. Validación con imágenes HICO” en *Revista de Teledetección*. Número 41, abril-mayo 2014, pp. 37-47.

Díaz, A. y Sotomayor, Lenin. Evaluación de la eutrofización de la Laguna Conococha - Ancash a agosto del 2012. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Ancash: s.n., 2013.

Erazo, M. y R. Cárdenas, (2013) *Ecología: impacto de la problemática ambiental actual sobre la salud y el ambiente*. Bogotá, Eco Ediciones.

Franco, D. P. M., Manzano, J. Q., & Cuevas, A. L. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *ContactoS*, 78, 25-33.

Guamán, M. y Gonzáles, P. Catálogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del Ecuador. Quito: Laboratorio de Biotecnología energética, 2016. 978-9942-14-874-2.

Granizo, F., (2011) El estado trófico de la laguna de Limoncocha en el período (febrero 2010 – enero 2011). Trabajo de fin de carrera para la obtención del Título de Ingeniería Ambiental. Quito, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Internacional SEK.

Gregor, J and MARSÁLEK, B. Freshwater Phytoplankton Quantification by Chlorophyll a: A Comparative Study of in vitro, in vivo and in-situ Methods. Citado por RIVERA. et al. Comparación de la estimación de la clorofila-a mediante los métodos

espectrofotométrico y fluorométrico. En: Acta Biológica Colombiana. 2005, vol. 10. no. 2. p. 96.

Granizo, F. (2011). EL ESTADO TRÓFICO DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA EN EL PERÍODO (FEBRERO 2010 – ENERO 2011). (Tesis de pregrado). Universidad Internacional Sek.

Gomez, J,G,A., PÉREZ, D. R., Cecilia, M. M., Yolanda, C. R., & Gloria, D. R. (2012). Estudio de aguas continentales mediante teledetección. Editorial UNED.

Heinke, G. H. (1999). Ingeniería Ambiental (2da Ed.). México: Prentice Hall.

Hernández, R., Fernández, C y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. Ciudad de México: McGraw Hill.

Jiménez, B. (2001). La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. Limusa S.A.

MANRIQUE. Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis. En: Ecosistemas. Enero – abril, 2003. Vol. 12. no. 1. p 1. 38.

Mateu, A., (2016) *Problems of eutrophication of surface waters in relation to agriculture*. Trabajo final de grado. Gandia, Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad Politécnica De Valencia.

Moreno, D.; J, Quintero. y A, López., (2010). “Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado eutrofia”. ContactoS, Volumen 78, pp. 25-33.

- Moreira, J. y Sabando, B.(2016). Determinación del nivel de eutrofización del Embalse Sixto Durán Ballén mediante índices de estado trófico. Escuela Superior Politecnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López
- Moreta, J. (2008). La eutrofización de los lagos y sus consecuencias. Ibarra 2008. Universidad Técnica del Norte . Ibarra.
- Miller, T. (1994). Ecología y Medio Ambiente. México: Grupo Editorial Iberoamerica S.A.
- Moreira, J. y Sabando, B. Determinación del nivel de eutrofización del Embalse Sixto Durán Ballén mediante índices de estado trófico. Escuela Superior Politecnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta: s.n., 2016.
- Ledesma, C., & Bonancea, M. (2013). Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse Río Tercero, Córdoba (Argentina). Argentina: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- Ley 99 de 1993. Ley general Ambiental de Colombia. Recuperado de: [Ley General Ambiental de Colombia \(Ley 99 DE 1993\) | Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo \(cepal.org\)](#)
- Peña, E. Calidad de agua trabajo de investigación oxígeno disuelto. Escuela Superior Politecnica del Litoral. Guayaquil: s.n., 2007.
- Ramírez, J. 2000. Fitoplancton de agua dulce: Aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 207 p.

Salas, H. y P. Martino, (2011) *Metodologías simplificadas para la evaluación de eutrofización en lagos cálidos tropicales*. CEPIS. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

Sánchez, M. (2012). Relación entre los niveles de eutrofización y la presencia de algas en el Río Tunal y Río Durango. Durango.

Sánchez, O.; Herzig, M.; Peters, E.; Márquez, R. y L. Zambrano, (2007) *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. México, Instituto Nacional de Ecología.

Sawyer, C.; McCarthy, P. y G. Parquin, (2011) *Química para Ingeniería Ambiental*. Cuarta edición. Bogotá, McGraw-Hill.

Severiche, C.; Castillo, M. y R. Acevedo, (2013) “Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas” en *eumed*. [En línea]. Colombia, disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/index.htm> [Accesado el día 4 de julio de 2017]

Smith, T. (2001). Ecología (4ta Ed.). Madrid - España: Pearson Educación S.A.

Somma, A. El papel de la luz y la temperatura en la dinamica de cianobacterias en un lago de uso recreativo. Montevideo: s.n., 2014

Oña, J.; Cazagallo, C, (2017) “Determinación del estado trófico de las lagunas de mojanda a través de la cuantificación de clorofila “A”

Vásquez, G.; Herrera, L. y J. Cantera, (2012) “Metodología para determinar niveles de eutrofización en ecosistemas acuáticos” en *Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*. Volumen 1, número 24, abril-junio 2012, pp. 112-128.

Wright, B. N. (1999). *Ciencias Ambientales. Ecología y Desarrollo Sostenible*. México: Prentice Hall.



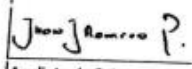
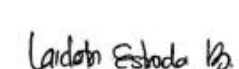
Anexo A.

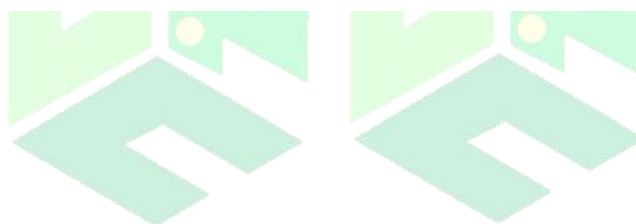
Evidencias de los análisis de agua



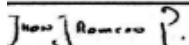
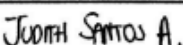
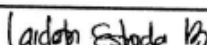
INFORME DE ENSAYO					No. CV 0422051
INFORMACION DEL CLIENTE					
Tipo de Cliente:	Persona Natural	Nombre y Apellido/ Razón Social:	Anabell Cobo		
Tipo de identificación:	C.C.	Número de Documento:	1.065.845.621		
Teléfono/Celular:	3002260050	E-mail:	accobo@unicesar.edu.co		
Dirección:	Calle 20D # 3 -15 Villa Castro	Departamento y Municipio:	Valledupar-Cesar		
INFORMACION DE LA MUESTRA					
Código de Muestra:	AG-060422001				
Tipo de muestra:	Agua Potable para consumo				
Fuente y descripción de la muestra:	Agua superficial, proveniente del tanque de almacenamiento (Fuente #1)				
Solicitó servicio toma de muestra:	No	Responsable toma de muestra:	Anabell Cobo		
Fecha y hora de toma de muestra:	6/04/2022 8:30 a.m.	Punto de toma:	Punto #1		
Registro sanitario:	NA	Clasificación de la muestra:	1,5 Litros		
Fabricante:	NA	Cantidad recibida:	NA		
Técnica de toma de muestra:	Puntual	Número de lote:	NA		
Análisis solicitados:	☒ Físicoquímico ☐ Microbiológico				
Fecha de ingreso de la muestra:	6/04/2022	Fecha de vencimiento:	27/04/2022		
Análisis Realizados in Situ:	☐ pH ☐ Cloro Residual Libre		Fecha emisión de resultados:	10,46899 °N, 73,23440 °O	
RESULTADOS					
Parámetro	Unidad de Medida	Método - Técnica	Resultado	Fecha de Análisis	
Clorofila a*	mg/m³	SM 10200 H - Espectrofotométrica	5,20	9/04/2022	
Conductividad	µs/cm	Método de Laboratorio SM 2510-B (Ed 23, 2017)	92,4	6/04/2022	
Fosfatos	mg PO4/L	Método de Ácido ascórbico SM 4500-P-C (Ed 23, 2017)	<0,01	6/04/2022	
Nitratos	mg NO3/L	SM 4500 NO3-Método detección Espectrofotométrico Ultravioleta	0,16	6/04/2022	
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidades de (pH)	Electrométrico SM 4500-H+ B (Ed 23, 2017)	6,72	6/04/2022	
Temperatura	°C	Electrométrico SM 2550 B Ed 23, 2017 (Ed 23, 2017)	18,4	6/04/2022	
Turbiedad	NTU	Nefelométrico SM 2130 B Ed 23, 2017 (Ed 23, 2017)	7120	6/04/2022	
Conversiones: (ND): no detectable; (S): Sin dato; (M.I.): Muestra insuficiente (SM): Estándar Método					
Nota: El Resultado obtenido solo es válido para la muestra analizada.					
Los resultados aplican para la muestra tal como fue suministrada por el cliente					
* Análisis realizados por tercerización del servicio, con un laboratorio acreditado en el método.					
CONCEPTO: La muestra de agua cumple con los valores admisibles para los parámetros: NA La muestra de agua excede los valores máximos permisibles en los parámetros: NA					
OBSERVACIONES:					
Jhon Jarama P. Analista de físicoquímica		JUDITH SANTOS A. Coordinadora de SK3 / Par técnico de físicoquímica. Revisó		Laidem Estada B. Coordinadora de laboratorio / Par técnico de microbiología. Revisó y Autorizó	
Realizó					
Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.					
FIN DEL INFORME					



INFORME DE ENSAYO					No. CV 0422052
INFORMACION DEL CLIENTE					
Tipo de Cliente:			Nombre y Apellido/ Razón Social:	Anabell Cobo	
Tipo de Identificación:	c.c.		Número de Documento:	1.065.845.621	
Teléfono/Celular:	3002260050		E-mail:	accobo@unicesar.edu.co	
Dirección:	Calle 20D # 3 -15 Villa Castro		Departamento y Municipio:	Valledupar-Cesar	
INFORMACION DE LA MUESTRA					
Tipo de muestra:			Código de Muestra:		
Agua Potable para consumo			AG-060422002		
Fuente y descripción de la muestra:			Agua superficial, proveniente del Humedal maría camila (Punto #2)		
Solicitó servicio toma de muestra:			Responsable toma de muestra:		
No			Anabell Cobo		
Fecha y hora de toma de muestra:			Punto de toma:		
6/04/2022 8:42 a. m.			NA		
Registro sanitario:			Clasificación de la muestra:		
NA			1,5 Litros		
Fabricante:			Cantidad recibida:		
NA			NA		
Técnica de toma de muestra:			Número de lote:		
Puntual			NA		
Análisis solicitados:			Fecha de vencimiento:		
☒ Físicoquímico ☐ Microbiológico			27/04/2022		
Fecha de ingreso de la muestra:			Fecha emisión de resultados:		
6/04/2022			10,44824 °N , 73,26949 °O		
Análisis Realizados in Situ:			Dirección/localización in situ:		
☒ pH ☐ Cloro Residual Libre					
RESULTADOS					
CRITERIOS FÍSICOQUÍMICOS					
Parámetro	Unidad de Medida	Método - Técnica	Resultado	Fecha de Análisis	
Clorofila a*	mg/m³	SM 10200 H - Espectrofotométrica	11,9	9/04/2022	
Conductividad	µs/cm	Método de Laboratorio SM 2510 B (Ed 23, 2017)	98,9	6/04/2022	
Fósforo	mg PO4/L	Método de Ácido ascórbico SM 4500-P-E (Ed 23, 2017)	<0,01	6/04/2022	
Nitrato	mg NO3 /l	SM 4500 NO3-Método detección Espectrofotométrico Ultravioleta	0,25	6/04/2022	
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidades de (pH)	Electrométrico SM 4500-H+ B (Ed 23, 2017)	6,07	6/04/2022	
Temperatura	°C	Electrométrico SM 2550 B Ed 23, 2017 (Ed 23, 2017)	16,7	6/04/2022	
Turbiedad	NTU	Nefelométrico SM 2130 D Ed 23, 2017 (Ed 23, 2017)	2288	6/04/2022	
Conveniones: (ND): no detectable; (SI): Sin dato; (M.B.): Muestra insuficiente (SM): Estándar Método					
Nota: El Resultado obtenido solo es válido para la muestra analizada.					
Los resultados aplican para la muestra tal como fue suministrada por el cliente					
* Análisis realizados por tercerización del servicio, con un laboratorio acreditado en el método.					
CONCEPTO:					
La muestra de agua cumple con los valores admisibles para los parámetros:NA					
La muestra de agua excede los valores máximos permisibles en los parámetros:NA					
OBSERVACIONES:					
 Analista de físicoquímica Revisó		 Coordinadora de SIG / Par técnico de físicoquímica. Revisó		 Coordinadora de laboratorio / Par técnico de microbiología. Revisó y Autorizó	
Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.					
FIN DEL INFORME					





INFORME DE ENSAYO					No. CV 0422053
INFORMACION DEL CLIENTE					
Tipo de Cliente:			Nombre y Apellido/ Razón Social:	Anabel Cobo	
Tipo de Identificación:			Número de Documento:	1.065.845.621	
Teléfono/Celular:	C.C. 3002260050		E-mail:	accobo@unicesar.edu.co	
Dirección:	Calle 20D # 3 -15 Villa Castro		Departamento y Municipio:	Valledupar-Cesar	
INFORMACION DE LA MUESTRA					
Tipo de muestra:	Agua superficial		Código de Muestra:	AG-060422003	
Fuente y descripción de la muestra:	Agua superficial, proveniente del Humedal maría camilla (Punto #3)				
Solicitó servicio toma de muestra:	No		Responsable toma de muestra:	Anabel Cobo	
Fecha y hora de toma de muestra:	6/04/2022 8:57 a. m.		Punto de toma:	Punto #3	
Registro sanitario:	NA		Clasificación de la muestra:	NA	
Fabricante:	NA		Cantidad recibida:	1,5 Litros	
Técnica de toma de muestra:	Furiuai		Número de lote:	NA	
Análisis solicitados:	☒ Físicoquímico ☐ Microbiológico		Fecha de vencimiento:	27/04/2022	
Fecha de ingreso de la muestra:	6/04/2022		Fecha emisión de resultados:	10,44834 °N , 73,26945 °O	
Análisis Realizados In Situ:	☒ pH ☐ Cloro Residual Libre				
RESULTADOS					
CRITERIOS FÍSICOQUÍMICOS					
Parámetro	Unidad de Medida	Método - Técnica	Resultado	Fecha de Análisis	
Clorofila <i>a</i> *	mg/m ³	SM 10200 H - Espectrofotométrica	72,7	6/04/2022	
Conductividad	µs/cm	Método de Laboratorio SM 2510-B (Ed 23, 2017)	97,4	6/04/2022	
Fosfatos	mg PO ₄ /L	Método de Ácido ascorbico SM 4500-P-E (Ed 23, 2017)	0,01	6/04/2022	
Nitratos	mg NO ₃ /L	SM 4500 NO ₃ -Método detección Espectrofotométrico Ultravioleta	0,06	6/04/2022	
Potencial de nitrógeno (pH)	Unidades de (pH)	Electrométrico SM 4500-H+ B (Ed 23, 2017)	6,43	6/04/2022	
Temperatura	°C	Electrométrico SM 2550 B Ed 23, 2017 (Ed 23, 2017)	18,3	6/04/2022	
Turbiedad	NTU	Nefelométrico SM 2130 B Ed 23, 2017 (Ed 23, 2017)	728	6/04/2022	
Conversiones: (ND): no detectable; (S): Sin dato; (M.I.): Muestra insuficiente (SM): Estándar Método					
Nota: El Resultado obtenido solo es válido para la muestra analizada.					
Los resultados aplican para la muestra tal como fue suministrada por el cliente					
* Análisis realizados por tercerización del servicio, con un laboratorio acreditado en el método.					
CONCEPTO: La muestra de agua cumple con los valores admisibles para los parámetros: NA La muestra de agua excede los valores máximos permisibles en los parámetros:NA					
OBSERVACIONES:					
 J. Romero P. Analista de Físicoquímica		 Judith Santos A. Coordinadora de SIG / Par técnico de físicoquímica. Revisó		 Laidin Estrada B. Coordinadora de laboratorio / Par técnico de microbiología. Revisó y Autorizó	
Realizó Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.					
FIN DEL INFORME					