

Diversidad y abundancia de microalgas en las aguas del Lago de Apanás, Jinotega junio-noviembre 2019

Diversity and abundance of microalgae in Apanás Lake waters, Jinotega June-November 2019

Carmen Isabel Hernández Rivera¹
Karen Junieth Cerros Cruz²
Vanessa Gabriela Regalado García³
Wilber Janoy Rodríguez Hernández⁴
Melba Regina Altamirano Pérez⁵

Resumen

Esta investigación de carácter exploratoria se realizó en las aguas del Lago de Apanás, departamento de Jinotega, entre junio y noviembre 2019, con el objetivo de calcular la diversidad y abundancia de microalgas. Se tomaron tres puntos de muestreo en el área comprendida entre La Pista (P1), El Malecón (P2) y El Canal (P3). La toma de las muestras de agua se realizó una vez al mes, se midieron parámetros físicos-químicos (oxígeno, temperatura, pH y turbidez) y se recolectaron muestras de agua para cuantificar las concentraciones de microalgas. El oxígeno disuelto osciló entre 8.45-1.11 mg/L en todo el período de estudio. Los valores de temperatura fueron de 34.5-22 °C. Con respecto a la turbidez, las lecturas oscilaron entre 27 y 120 cm. El valor de pH del agua presentó un rango de 7.9-9.42. La concentración mínima de microalgas fue en octubre en El Malecón (78,220 cel/ml), aumentando los valores en septiembre en El Canal (567,500 cel/ml). Las principales especies de microalgas encontradas fueron *Tetraedon mínimum*, *Pediastrum simplex*, *Desmodesmus abundans*, *Scenedesmus quadricuada*. El índice de diversidad y abundancia de Shannon y Weaver se encontró en 4.79 (La Pista), 3.98 (El Malecón) y 4.6 (El Canal). El índice de dominancia de Simpson se mantuvo en 0.056 (La Pista), 0.078 (El Malecón) y 0.079 (El Canal) estos resultados permiten considerar al Lago de Apanás como un hábitat rico en diversidad de especies y abundancia de las mismas.

Palabras clave: agua, fotosíntesis, lago, plancton

¹ Máster en Desarrollo Local Sostenible, Docente investigadora de la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León. Correo: carmen.hernandez@ev.unanleon.edu.ni, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3002-5255>

² Egresada de la carrera de Ingeniería Acuícola, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, Correo: cerrosacruz@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5202-6040>

³ Egresada de la carrera de Ingeniería Acuícola, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, Correo: regaladogarciavanessa@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6477-5276>

⁴ Egresada de la carrera de Ingeniería Acuícola, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, Correo: rodhernandezwilber@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8491-9449>

⁵ Ingeniera Acuícola- Investigadora. Docente de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, en la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias. Correo: reginaaltamirano323@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4906-0851>

Recibido: 24/01/2022 - Aprobado: 04/07/2022

Abstract

This exploratory research was conducted in the waters of Apanás Lake, in Jinotega Department, between June and November 2019, with the objective of estimating the diversity and abundance of microalgae. Three sampling points were taken in the area between La Pista (P₁), El Malecón (P₂), and El Canal (P₃). Water samples were taken once a month, physical-chemical parameters (oxygen, temperature, pH, and turbidity) were measured and water samples were collected to quantify microalgae concentrations. Dissolved oxygen ranged from 8.45 – 1.11 mg/L throughout the study period. Temperature values ranged from 34.5 – 22°C. Turbidity readings ranged from 27 – 120 cm. The pH value of the water presented a range of 7.9 – 9.42. The minimum concentration of microalgae was in October in El Malecón (78,220 cells/ml), increasing the values in September in El Canal (567,500 cells/ml). The main species of microalgae found were *Tetraedon minimum*, *Pediastrum simplex*, *Desmodesmus abundans*, *Scenedesmus quadricuada*. Shannon and Weaver's diversity and abundance index was found to be 4.79 (La Pista), 3.98 (El Malecón), and 4.6 (El Canal). Simpson's dominance index remained at 0.056 (La Pista), 0.078 (El Malecón), and 0.079 (El Canal). These results allow us to consider Apanás Lake as a habitat rich in species diversity and abundance.

Keywords: water, photosynthesis, lake, plankton

I. Introducción

El objetivo principal de este estudio fue conocer la diversidad y abundancia de microalgas existentes en el Lago de Apanás, tomando como referencia que estas son indicadores de la calidad del agua, esto permitió determinar en qué estado se encontraba dicho lago. Con la realización de este estudio se pretende aportar a ese vacío de conocimiento respecto a este tema, además de ser considerado como antecedente para estudios futuros en la zona.

El Lago de Apanás, está ubicado en el departamento de Jinotega, posee un área aproximada de 54 km², es el primer lago artificial de Nicaragua, creado en 1964 con las aguas de los ríos Tuma, Jigüina y Mancotal, con el objetivo de generar energía hidroeléctrica (Climapesca, 2017).

La contaminación de la cuenca del Lago de Apanás se ha incrementado en los últimos años, producto de actividades como el despulpe del café, contaminación por heces fecales, debido a que la población rural aledaña al lago carece de alcantarillas y servicios sanitarios (letrinas) (Chow y Canales, 2013), así como efluentes domésticos e industriales, con aportes orgánicos y detergentes ricos en polifosfatos (De Jonge *et al.*, 2002).

Sumado a esto, las actividades agrícolas, debido al uso excesivo de agroquímicos (insecticidas, plaguicidas y fungicidas) generan altos aportes de fósforo y nitrato, entre otros elementos químicos que producto de la escorrentía son depositados en el cuerpo de agua, generando así consecuencias para la salud de la población y los animales, además cambios bruscos en sus lecturas de la turbidez del agua.

Por otra parte, el inadecuado uso de suelos al paso de los años ha provocado el arrastre de la capa fértil del mismo, causando sedimentación en las tres principales subcuencas de los ríos Tuma, Jigüina y Mancotal generando estos anualmente 9.1 toneladas de sedimento (Chow y Canales, 2013), a pesar de todos estos elementos existe diversidad *fitoplanctónica*, misma que debería ser monitoreada de manera permanente.

II. Revisión de literatura

Actualmente no se han realizado estudios en el Lago de Apanás, por esto se tomó como antecedente investigaciones similares que se han elaborado en lagos de Nicaragua y Centroamérica debido a su similitud climática, con el fin de que el lector conozca, compare y documente los procedimientos aplicados y los resultados obtenidos.

Hernández *et al.* (2018) investigaron las fluctuaciones temporales en el fitoplancton y contenido de microcistinas intracelulares en cuatro cuerpos de agua nicaragüenses, en donde reportaron a las Cianobacterias *Anabaenopsis*, *Merismopedia*, *Chroococcus* y *Lyngbya* como las especies de microalgas más representativas en la Laguna de Masaya, Laguna de Tiscapa y Lago Cocibolca; por otro lado en el Lago Xolotlán las *Diatomeas Stephanodiscus sp*, *Synedra sp*, y *Cyclotella meneghiniana* fueron las más representativas. En los muestreos realizados en marzo y abril del 2018, en la Laguna de Masaya predominaron las especies de *Diatomeas* denominadas *Fragilaria* y *Nitzschia*.

Mora (2005) evaluó el estado de la eutrofización antrópica de la Reserva Natural Laguna de Tiscapa en la estación seca y lluviosa del 2005. Se recolectaron muestras en dos puntos (Punto uno, 30 m Caída Efluente y punto dos, centros) y en tres estratos (*epilimnion*, *metalimnion* e *hipolimnion*), durante el estudio se reportaron tres de los principales grupos de microalgas *Diatomeas*, *Cyanophyta* y *Chlorophytas*, las especies con mayor presencia fueron la *Melosira Sp* (*Diatomea*) y la *Microcystis sp* (*Cyanophyta*), las *Chlorophytas* fue el grupo que presentó mayor variedad de especies.

Olivares Páez (2013) realizó en El Salvador muestreos mensuales de cianobacterias (*Anabaena sp*, *Microcystis sp* y *Oscillatoria sp*) en el Lago Llopando, en los meses de noviembre de 2012 a febrero de 2013 a diferentes profundidades en la columna de agua, en 7 puntos de muestreo previamente establecidos. Las muestras se recolectaron por la mañana, y en similares horas en todos los muestreos, para evitar en lo posible variaciones en los parámetros a evaluar debido a diferencias de horario en colecta de datos.

En el análisis cualitativo y cuantitativo solo se determinó la presencia de dos géneros (*Microcystis sp* y *Anabaena sp*) de los tres que eran objeto de estudio, no observando la presencia de *Oscillatoria sp* en ninguno de los conteos realizados.

Hernandez *et al.* (2016) investigaron la variación espacial y temporal de la diversidad y abundancia del fitoplancton del lago de Yojoa, Honduras, en un año hidrológico 2014-2015. Se muestrearon seis puntos en todo el lago. La representación *fitoplanctónica* estuvo compuesta por 81 especies: 59% *Cyanophyceae*, 22% *Chlorophyceae*, 9% *Bacillariophyceae*, 4% *Zignematophyceae*, 3% *Euglenophyceae*, 2% *Trebouxiophyceae* y 1% *Dinophyceae*.

La mayor riqueza específica reportada fue en la estación frente al Hotel Brisas del Lago y la menor en Punto índice. Diferenciadas por mes en julio del 2014 y enero del 2015 se reportó la mayor y menor riqueza específica respectivamente, en donde predominaron las siguientes especies *Microcystis aeruginosa*, *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanocapsa elachista*, *Oscillatoria limosa*, *Staurastrum leptocladum*, *Pseudoanabaena mucicola* y *Sphaerocystis Schroeteri*.

III. Materiales y métodos

3.1 Ubicación del estudio

El presente estudio se realizó en el Lago de Apanás, ubicado en el departamento de Jinotega, tomando como referencia la entrada, centro y salida del lago, como se muestra en la Tabla 1 y Figura 1.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreos del Lago de Apanás, Jinotega-Nicaragua

Puntos	Localidad	Latitud	Longitud
P1	Pista	13°9'1.01"N	86°1'11.33"O
P2	Malecón	13°9'3.60"N	85°59'7.92"O
P3	Canal	13°11'26.53"N	85°58'56.92"O

Fuente: elaboración propia

Figura 1. Ubicación de puntos de muestreo



Fuente: Google Maps (<https://www.google.es/maps/@13.173091,85.9822266,8366m/data=!3m1!1e3?hl=es>)

Se midieron los parámetros físicos-químicos Oxígeno Disuelto (OD), ver Figura 3; pH (Figura 2), temperatura (Figura 4) y turbidez (Figura 5). El oxígeno disuelto y los grados de temperatura se midieron a 30 centímetros de profundidad con un Oxigenómetro marca YSI 550A. El pH se midió con un pH-metro marca pH EcoTestr, sumergiéndose el electrodo a 4 cm bajo la superficie del agua para la lectura correspondiente. Por otra parte, la lectura de la turbidez se obtuvo a través del disco de secchi, que consistió en hacer descender el disco en la columna de agua hasta que este no fuese visible.

3.2 Colecta de muestra

Para obtener las muestras de agua se utilizó una herramienta artesanal que consistía en un tubo PVC de 1.5 metros de altura por 2 pulgadas de ancho, en la parte inferior del tubo se colocó una esfera que permitía un cierre hermético del colector, impidiendo el escape del agua, facilitando el proceso de toma de muestras; una vez recolectada la muestra de agua, fue homogenizada y posteriormente se transfirieron 5 muestras de cada punto de muestreo a frascos de 100 ml cada uno, mismos que fueron fijados con 0.5ml de lugol por cada 100 ml de agua, luego se cubrió con el objetivo de aislarlo de los rayos solares y en un termo se conservó la muestra para su posterior cuantificación e identificación en el Laboratorio Multiusos de la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias de la UNAN-León.

3.3 Identificación y conteo de microalgas

Se utilizó un microscopio compuesto y dos cámaras de conteo (Sedgwick-Rafter y Hematocitómetro) para la identificación y cuantificación celular. La identificación se realizó con el apoyo de manuales, páginas web y catálogos ficológicos de referencia. Ver Figura 6.

3.4 Cámara Neubauer o hematocitómetro

Con la utilización de una pipeta Pasteur de muestra de agua, se colocó 0.9 mm³ de muestra, en el hematocitómetro cubierta con un cubre objeto. Se colocó la muestra al microscopio y se enfocó toda la cámara con el lente 4X, una vez ubicada se pasó al lente 10X para la localización de los cuadrantes, luego con el lente 40X se ubicó un cuadro para comenzar el conteo, este se realizó desde la parte superior izquierda llevando así una trayectoria en forma de S, se realizaron 5 repeticiones por muestra.

3.5 Sedgwick-Rafter (S/R)

Con el uso de una pipeta Pasteur se colocó 1ml de muestra de agua en la cámara distribuyéndola uniformemente para que no se produzca burbujas y así disminuir el margen de error. Mediante el microscopio se enfocó la muestra de agua con el lente 10X, iniciando en la esquina superior izquierda, procediendo a hacer un rastreo completo de la cámara, en donde se realizó la identificación y cuantificación de las microalgas presentes, al igual que con la cámara de Neubauer se realizaron 5 repeticiones por muestra.

3.6 Análisis estadístico

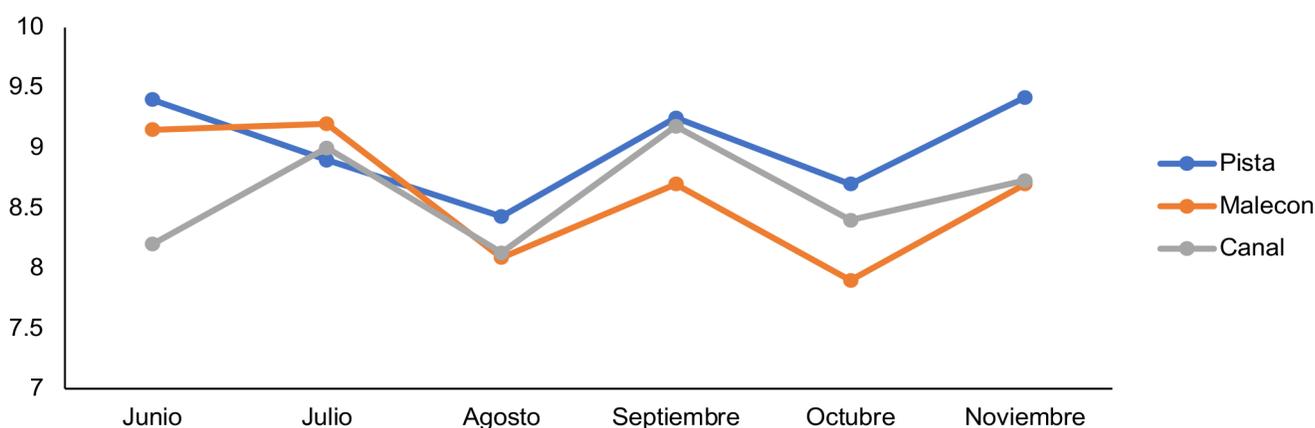
Se aplicaron las fórmulas en una tabla de Excel para generar los índices correspondientes: Índice de diversidad Shannon Wiener y Dominancia Índice de Simpson.

La información se manejó en una bitácora donde se llevaron los datos requeridos de la investigación. Una vez recopilados se pasaron al formato digital para realizar el cálculo del índice de diversidad de Shannon Wiener (Figura 7) y dominancia del índice de Simpson (Figura 8), así también las gráficas de los factores físicos y químicos, como las concentraciones de microalgas. Se utilizaron los índices de Shannon Wiener para determinar la diversidad de las especies encontradas y el índice de Simpson para determinar la dominancia de las microalgas.

IV. Resultados y discusión

4.1. pH

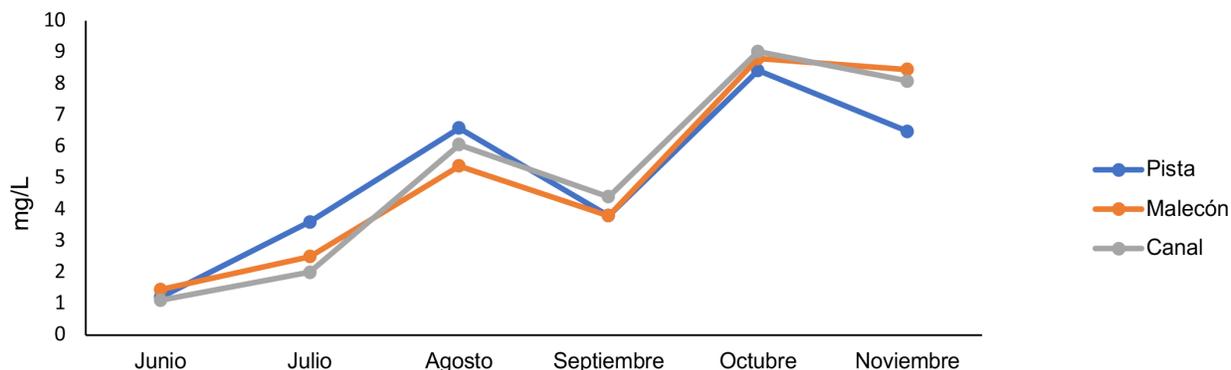
Figura 2. Valores de pH en cada punto de muestreo junio-noviembre 2019 en el Lago de Apanás Jinotega.



Fuente: elaboración propia

4.2. Oxígeno disuelto

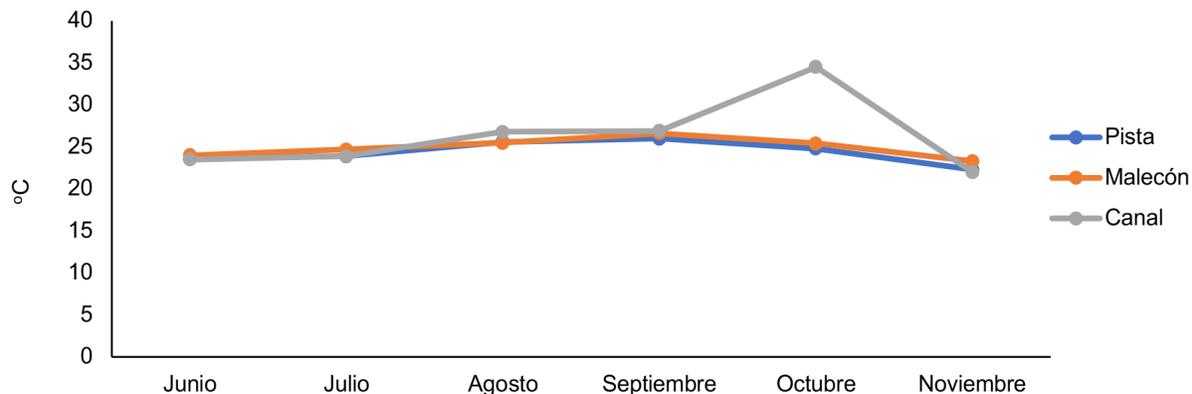
Figura 3. Valores de Oxígeno disuelto en cada punto de muestreo junio-noviembre 2019 en el Lago de Apanás, Jinotega.



Fuente: elaboración propia

4.3. Temperatura

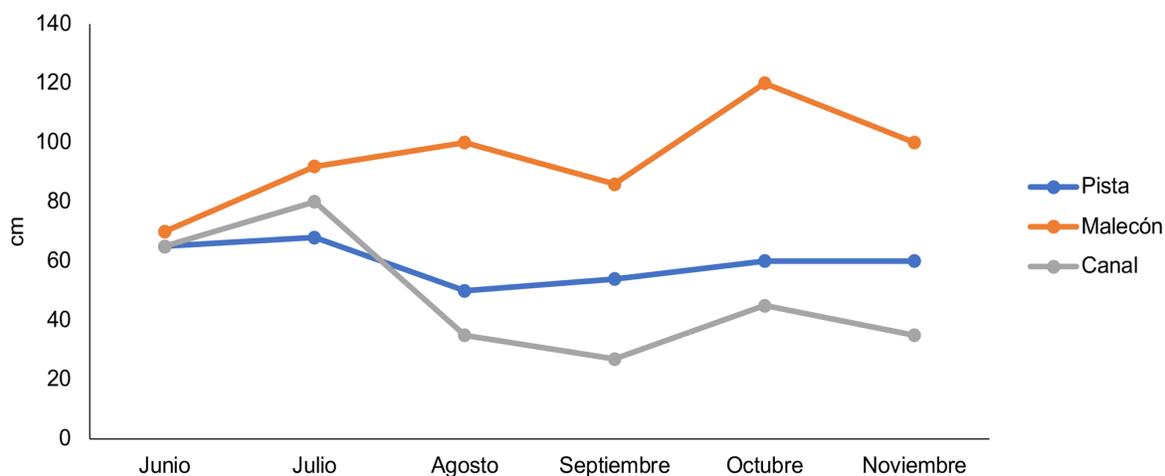
Figura 4. Valores de temperatura en cada punto de muestreo junio-noviembre 2019 en el Lago de Apanás, Jinotega



Fuente: Elaboración propia

4.4. Turbidez

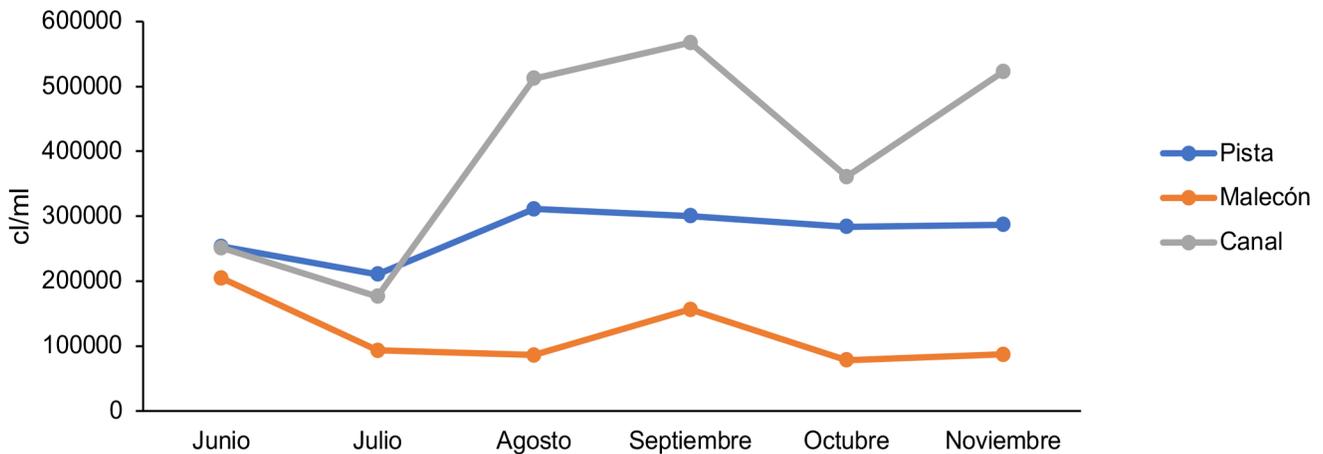
Figura 5. Valores de turbidez en cada punto de muestreo junio-noviembre 2019 en el Lago de Apanás, Jinotega



Fuente: elaboración propia

4.5. Concentración de microalgas

Figura 6. Concentración de microalgas en cada punto de muestreo junio-noviembre 2019 en el Lago de Apanás, Jinotega



Fuente: elaboración propia

4.6 Especies de microalgas encontradas

A continuación (Ver Tabla 2), se nombran las principales especies de microalgas encontradas durante el período de estudio.

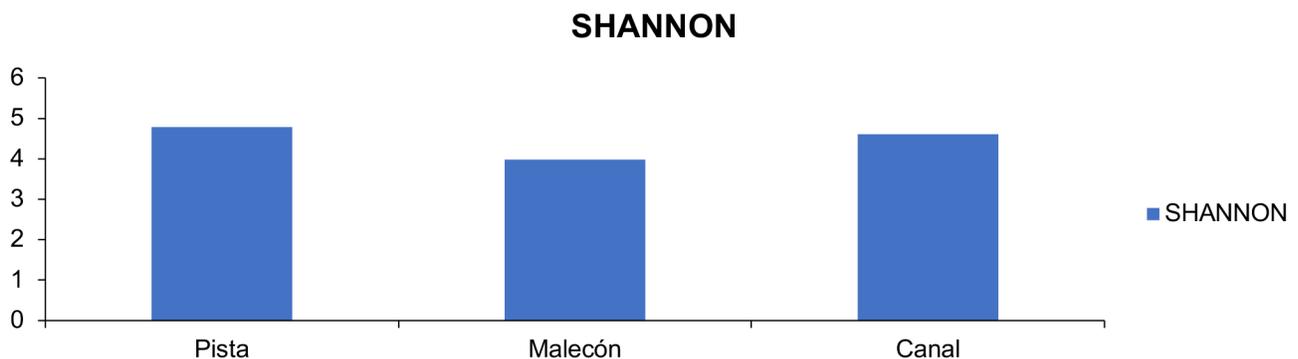
Tabla 2. Especies de microalgas encontradas

Clase	Género	Especie
Clorofita	Tetraedon	Tetraedon mínimum
Clorofita	Pediastrum	Pediastrum simplex
Clorofita	Desmodesmus	Desmodesmus abundans
Clorofita	Scenedesmus	Scenedesmus quadricuada

Fuente: Obtenido de <https://www.algaebase.org>

4.7 Índice de diversidad Shannon Wiener

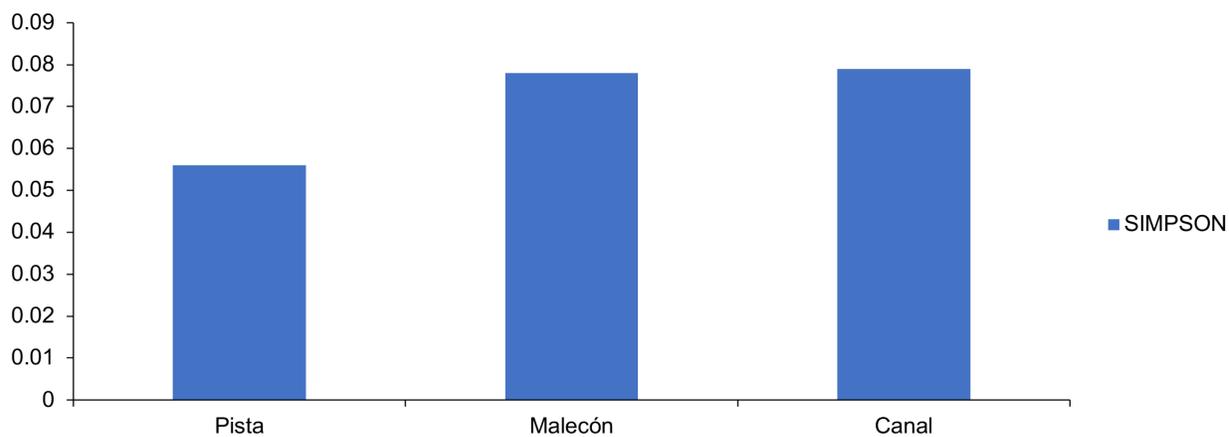
Figura 7. Resultados del Índice de diversidad de Shannon–Wiener



Fuente: Fuente: elaboración propia

4.8 Índice de Simpson

Figura 8. Resultados del Índice de dominancia de Simpson



Fuente: elaboración propia

4.9 Discusión

Las concentraciones de oxígeno disuelto presentaron una tendencia creciente en los meses de agosto, octubre y noviembre, teniendo un mayor registro en octubre (La Pista 8.42 mg/L, El Malecón 8.8 mg/L y El Canal 9.02 mg/L); sin embargo, tuvo un comportamiento decreciente en los meses de junio, julio y septiembre, con una lectura mínima en junio (La Pista 1.2 mg/L, El Malecón 1.45 mg/L, El Canal 1.11 mg/L).

El oxígeno es uno de los indicadores más importantes de la calidad de agua, los valores normales varían entre los 7.0 y 8.0 mg/L. Desde este contexto, los niveles bajos de oxígeno disuelto presentes en junio, julio y septiembre en el Lago de Apanás no fueron óptimos. Este comportamiento podría estar propiciado por la sedimentación ya que esta reduce la transmisibilidad de la luz, reduciendo así el efecto de la fotosíntesis, y la respiración bacteriana consume oxígeno todo el tiempo, provocando así una baja significativa en el oxígeno disuelto del cuerpo de agua (Bifani, 1999).

Los valores de temperatura encontrados fluctuaron de 22 °C hasta 26.9 °C. Se estima que el rango apropiado para el desarrollo de las microalgas se encuentra entre 28 °C y 35 °C (Guerrón, 2015). Los principales factores que influyen en el crecimiento de las microalgas son la temperatura y la luz.

Cuando se presentan bajas temperaturas y en condiciones de poca luz, las microalgas no realizan correctamente la fotosíntesis y por tanto no se reproducen (Abalde *et al.*, 1995), desde este contexto, las menores concentraciones de microalgas fueron en julio (El Malecón 93,500 cel/ml), agosto (El Malecón 86,220 cel/ml) y octubre (El Malecón 78,220 cel/ml) (ver Figura 6), cabe señalar que la temperatura en los puntos mencionados es inferior dentro del rango apropiado.

Barrantes y Pittman (2018) indican que el pH óptimo para la mayoría de las microalgas es 7 y 9. De esta manera los valores encontrados de pH están dentro de los rangos de 8.4-9, el valor máximo se presentó en noviembre, en La Pista con un registro de 9.42. Este comportamiento se debe a la disminución de temperatura durante ese mes (La Pista 22 °C) aumentando el pH, generalmente el agua de la superficie se encuentra a una temperatura mayor que el agua del fondo, sin embargo, cuando el clima cambia y entra el invierno el agua que está en la superficie se enfría (Pérez, 2009).

Con el aumento de las lluvias, el pH tiende a subir dado que ocurre mayor dilución de los compuestos disueltos y un escurrimiento más rápido. Esto es causado por el aumento en el volumen de agua que hace que la acidez de esta disminuya, de igual manera las lluvias previas a los muestreos, causaban alteración en

los iones de hidrógeno presentes en las aguas, dando como resultado un aumento del parámetro (Rojas *et al.*, 2019). Además, el proceso de fotosíntesis realizado por las microalgas a través del cual se captura dióxido de carbono genera un incremento en el pH, debido a que durante este proceso disminuyen también los iones hidrogeno (Rojas *et al.*, 2019).

En el caso de la turbidez, es una medida del grado en el cual pierde su transparencia el cuerpo de agua, debido a la presencia de partículas en suspensión o productividad natural (Claros, 2015). Los valores de turbidez encontrados fluctuaron desde 27 cm hasta 120 cm de lectura de disco de Secchi, los valores máximos de este parámetro se registraron en septiembre en El Canal con una lectura de 27 cm, agosto y noviembre presentaron valores similares en el mismo punto, con 35 cm.

Este comportamiento se debe a la producción de granos básicos (maíz, sorgo, millón y frijol), el cultivo de hortalizas (lechuga), por otra parte, el cultivo del café es intenso, especialmente al noroeste del lago, lo que repercute en altas tasas de vertido de residuos agroquímicos altos en nitrógeno y fósforo. Este proceso provocado por la gran cantidad de nutrientes (nitratos y fosfatos principalmente), estimula el crecimiento de fitoplancton, de esta manera se corrobora lo que se observa en la Figura 6 donde las mayores concentraciones de microalgas fueron en agosto (El Canal, 512,500 cel/ml), septiembre (El Canal, 567,500 cel/ml) y noviembre (El Canal, 522,500 cel/ml) (García y Miranda, 2018).

La diversidad y abundancia de microalgas desempeñan un papel importante en los ecosistemas acuáticos, tomando en cuenta que, este es el primer eslabón de la cadena trófica, en el estudio el índice de diversidad y abundancia de Shannon y Weaver se encontró de 3.98, 4.6 y 4.79. Según Shannon & Weaver (1963) el índice varía entre 0,5 y 5, indicando que los valores inferiores de 2 son característicos de sistemas con baja abundancia, y superiores a 3 indican una alta abundancia y diversidad de especies. Tomando en cuenta lo descrito anteriormente, se puede decir que los estudios fitoplanctónicos realizados en el área indican un ecosistema con presencia de abundante diversidad de microalgas.

Durante el estudio se calculó el Índice de Dominancia de Simpson, se encontró valores de 0.056, 0.078 y 0.079 estos datos nos corroboran lo indicado por el índice de Shannon y Weaver ya que no se presenta una dominancia de especie sino una diversidad de la misma.

Simpson (1949) afirma que cuanto más cerca de la unidad esté, mayor es la probabilidad de dominancia de una sola especie, y cuanto más cerca del cero se encuentre se presenta menor dominancia, tal como lo describen los resultados. De esta manera se reafirma lo que se observa en la Tabla 2, en donde se refleja que no se presentó dominancia de ninguna especie en específico, por el contrario, se presentó una alta diversidad *fitoplanctónica*.

V. Conclusiones

1. Las concentraciones de oxígeno disuelto variaron de 8.45 mg/L en noviembre, en El Malecón a 1.11 mg/L en junio, en El Canal. El valor más alto de temperatura se registró en octubre en El Canal con 34.5 °C y el más bajo en noviembre en el mismo punto con un registro de 22 °C. El pH fluctuó de 9.42 en noviembre en La Pista a 7.9 en octubre en El Malecón. La turbidez varió de 27 cm en septiembre en El Canal y 120 cm en octubre en El Malecón.
2. Las concentraciones de microalgas variaron de 78,220 cel/ml en octubre en El Malecón a 567,500 cel/ml en septiembre en El Canal.
3. Las especies de microalgas encontradas fueron *Tetraedon minimum*, *Pediastrum simplex*, *Desmodesmus abundans*, *Scenedesmus quadricuada*.
4. El índice de diversidad y abundancia de Shannon y Weaver se encontró en 4.79 (La Pista), 3.98 (El Malecón) y 4.6 (El Canal). El índice de dominancia de Simpson se mantuvo en 0.056 (La Pista), 0.078 (El Malecón) y 0.079 (El Canal) significando estos resultados que el Lago de Apanás es un hábitat rico en diversidad y abundancia de especies.

Los parámetros ambientales son fundamentales para el desarrollo de las microalgas, siendo el pH el más limitante de ellos, a pesar de las fluctuaciones reportadas esto no afectó el desarrollo diverso de las especies de microalgas en el Lago de Apanás.

En síntesis, el Lago de Apanás es un cuerpo de agua que recibe aporte de actividades agrícolas como despulpe de café, efluentes domésticos cargados de polifosfatos, nutrientes que llegan al lago por escorrentía, todo ello no ha provocado la dominancia de unas pocas especies de microalgas, por el contrario ha fomentado alta diversidad, lo que permite que los diferentes organismos que en este cuerpo de agua habitan tengan acceso a alimento sin importar el estadio en que estos se encuentren y se mantenga la productividad primaria, elemento fundamental para el desarrollo de los ecosistemas acuáticos.

VI. Lista de referencias

- Abalde, J., Cid, A., Fidalgo, P., Torres, E., y Herrero, C. (1995). *Microalgas: Cultivos y Aplicaciones*. https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/25013/Abalde_Julio_1995_Microalgas_cultivo_aplicaciones.pdf
- Barrantes, E., y Pittman, R. (2018). *Efecto de la microalga Botryococcus sp. en la remoción de nitrato y fosfato en aguas residuales en la empresa municipal de agua y alcantarillado de coronel Portillo-Ucayali (tesis de grado)*. Pucallpa Perú. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3856/000003500T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bifani, P. (1999). *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. https://www.google.com.ni/search?q=reduccion+del+proceso+de+fotosintesis+reduce+el+oxigeno+disuelto+en+el+agua&sxsrf=alekko3sbj_lgo6l5jhbrwwmsdkswoaisq:1594416067264&ei=w9six-tpd866ggechofwcq&start=10&sa=n&ved=2ahukewikvcdazspqahvoneakhqldaz4q8tmdegqidrax&biw=1422&bih=678
- Chow, D., y Canales, J. (2013). *Propuesta de ordenamiento turístico una zona de la costa del Lago Apanás con criterio de sustentabilidad (tesis de grado)*. Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua. <http://ribuni.uni.edu.ni/513/1/39582.pdf>
- Claros, J. (2015). *Efectos del Polihidroxidocloruro de aluminio, velocidad de agitación y pH del agua del río Shullcas-Huancayo, 2013 (tesis doctoral)*. Universidad Nacional del Perú, Huancayo, Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1197>. 61 p.
- Climapesca. (2017). *Apanás. Embalses de Nicaragua*. <http://climapesca.org/2017/05/10/apanas/>
- De Jonge, V., Elliott, M., y Ovrive, E. (2002). *Causes historical development, effects and challenge of a common environmental problema: Hydrobiologia*. https://www.researchgate.net/publication/226819182_Causes_Historical_Development_Effects_and_Future_Challenges_of_a_Common_Environmental_Problem_Eutrophication.
- García Miranda, F. G., & Miranda Rosales, V. (2018). *Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico*. http://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2_Parte1_Eje3_Cap5-177-Garc%C3%ADa-Miranda.pdf
- Guerrón, P. (2015). *Relación entre las variables fisicoquímicas y la concentración de microalgas en la laguna de Monte Redondo (tesis de grado)*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. El Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4518/1/IAD-2015-026.pdf>

- Hernández, I., Marín, M., Henriquez, L., y Garay, M. (2016). La Variación espacial y temporal de la diversidad y abundancia del fitoplancton del lago de Yojoa en un año hidrológico 2014-2015. *Revista Ciencia Y Tecnología*, (19), 40-77. <https://doi.org/10.5377/rct.voi19.4274>
- Hernández, S., Ahlgren, I., y Ahlgren, G. (2018). *Fluctuaciones temporales en el fitoplancton y contenido de microcistinas intracelulares en cuatro lagos nicaragüenses*. UNAN, Managua. <https://repositorio.unan.edu.ni/11280/>
- Mora, J. (2005). *Evaluación del estado actual de la eutrofización antrópica de la Reserva Natural Lago de Tiscapa en la estación seca y lluviosa del año 2005*. <https://repositorio.unan.edu.ni/2398/1/902.pdf>
- Olivares, A. (2013). *Abundancia y distribución de cianobacterias (microcystis sp, anabaena sp, oscillatoria sp) en el lago de Ilopango, El Salvador. (Tesis de grado)*. Universidad El Salvador Facultad de Ciencias Naturales y Matemática Escuela de Biología. El Salvador. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/10001/1/19200955>
- Pérez, J. (2009). *Apuntes sobre el cambio climático en Nicaragua*. https://coin.fao.org/coinstatic/cms/media/13/13424751661860/apuntes_sobre_cambio_climatico_en_nicaragua.pdf
- Rojas, S., Romero, J., Hernández, C., y Cea, N. (2019). Dinámica de microalgas frente la costa de las Peñitas-Poneloya, Nicaragua. *Revista Universitaria del Caribe*. file:///C:/Users/dell%20latitud/Downloads/8425-exto%20del%20art%C3%ADculo-28180-2-10-20191025%20(1).pdf
- Shannon, C., y Weaver, W. (1963). *The mathematical theory of communication*. <https://archive.org/details/ShannonClaudeEWeaverWarrenTheMathematicalTheoryOfCommunication1963/page/n91/mode/2up>
- Simpson, E. (1949). *Revista Nature*. <https://www.nature.com/articles/163688ao>