



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ARTÍCULO CIENTÍFICO

**“APLICACIÓN DE BIOINDICADORES FITOPLANCTÓNICOS, PARA MEDIR
LA SAPROBIEDAD DEL LAGO CARICOCHA (*MOJANDA*).”**

AUTOR:

Luis Hernán Espin Jinez

DIRECTORA:

MSc. Elizabeth Velarde

ASESORES:

MSc. Sania Ortega

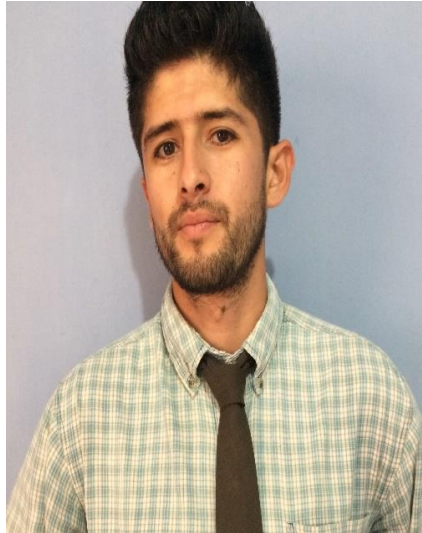
MSc. Tania Oña

MSc. Doreen Brown

Ibarra – Ecuador

2018

DATOS INFORMATIVOS



APELLIDOS: Espin Jinez

NOMBRES: Luis Hernán

C. ciudadanía: 0802702894

CORREO ELECTRÓNICO: hernanespinj@outlook.com

DIRECCIÓN: Juana Atabalipa 9-71

AÑO: 2018

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA – UTN

Fecha: Ibarra, a los 14 días del mes de marzo de 2018

LUIS HERNÁN ESPIN JINEZ. “APLICACIÓN DE BIOINDICADORES FITOPLANCTÓNICOS, PARA MEDIR LA SAPROBIEDAD DEL LAGO CARICOCHA (*MOJANDA*)”. TRABAJO DE GRADO. **Ingeniero en Recursos Naturales Renovables.** Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Ibarra. EC. Marzo 2018. 137. pp.

DIRECTORA: Velarde, Elizabeth.

El fitoplancton es un productor primario que por su corto ciclo de vida logra reflejar fluctuaciones ambientales y responde rápidamente a los cambios que pueden ocurrir en las masas de aguas por procesos naturales o actividades humanas. Su monitoreo permanente es de vital importancia porque permite una temprana evaluación del estado ecológico, facilitando la toma de decisiones y acciones adecuadas en favor de la conservación.

Fecha: 14 de marzo de 2018



MSc. Elizabeth Velarde

Directora de Trabajo de grado



Luis Hernán Espin Jinez

Autor

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
APLICACIÓN DE BIOINDICADORES FITOPLANCTÓNICOS, PARA MEDIR LA
SAPROBIEDAD DEL LAGO CARICOCHA (MOJANDA).

Luis Hernán Espin Jinez.

hernanespinj@outlook.com

RESUMEN

El lago Caricocha (*Mojanda*), es un cuerpo de agua tropical de alta montaña, la cubeta del lago es comparativamente circular (longitud de 2,6 km y ancho 2,2 km) con un volumen de 218 034 116,5 m³ y una profundidad máxima de 121,7m, ubicado en la sierra Norte del Ecuador. Forma parte de dos provincias: Imbabura y Pichincha; el incremento de las actividades turísticas resultan un componente determinante en la degradación de distintos tramos del cuerpo de agua (Armijos, 2014).

El objetivo de esta investigación fue medir la saprobiedad a partir del fitoplancton bioindicador y generar una guía ilustrada de fitoplancton, que servirá de referencias en nuevos monitoreos y estudios. Para ello se ubicaron estratégicamente 6 puntos de muestreo al interior del lago, analizando un volumen estandarizado tanto en época de máxima precipitación y estiaje. Para la identificación se utilizó el microscopio LEICA DM750 y para la contabilización la cámara Sedgewick-Rafter. Se determinó que existe una gran diversidad y abundancia de algas, identificándose 21 géneros distribuidos en 17 familias, 14

órdenes, 10 clases y 4 divisiones, donde el 33.33% es considerado fitoplancton bioindicador (*Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Staurastrum*, *Phacus*, *Cyclotella*, *Navicula*, *Nitzschia*).

El índice OPI con un valor de 3 determinó que existe baja contaminación orgánica, el índice de Pantle-Buck con un valor de 2.33 dio como resultado que el lago posee un nivel de saprobiedad β - mesosaprobio con una ponderación de contaminación orgánica débil y el índice de Palmer con un valor de 2 ratificó que el lago Caricocha presenta un nivel de saprobiedad β - mesosaprobio con una contaminación orgánica moderada; demostrando que el fitoplancton es un indicador efectivo para determinar y monitorear la saprobiedad del lago.

Palabras clave: Fitoplancton, bioindicador y saprobiedad.

SUMMARY

Lake Caricocha (*Mojanda*), is a tropical high mountain body of water; the lake's shape is comparatively circular (2.6 km long and 2.2km wide) with a volumen of 218 034 116,5 m³ and with a maximun

depth of 121.7m, Lake Caricocha is located in the northern highlands of Ecuador, in both the Imbabura and Pichincha provinces, and has experienced a visible increase in tourist activities. These conditions are determining factors in the degradation of different stretches of the water body (Armijos, 2014).

The objective of this investigation was to measure the saprobity in the lake using phytoplankton bioindicators, and to generate a guide to phytoplankton, which will serve as a reference for future monitoring and studies. For the study, 6 sampling points were strategically located in the lake, and standardized samples of water from both the maximum precipitation and low precipitation season were analyzed. A LEICA DM750 microscope was used for species identification and Sedgewich-Rafter camera to count the number of organisms. The results of the investigation are that there is a great diversity and abundance of algae, 21 genera were identified, distributed among 17 families, 14 orders, 10 classes and 4 divisions where 33.33% is considered phytoplankton bioindicator (*Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Staurastrum*, *Phacus*, *Cyclotella*, *Navicula*, *Nitzschia*).

The OPI index with a value of 3 determined that there is low organic contamination, the Pantle-Buck index with a value of 2.33 resulted was that the lake possesses a β - mesosaprobio saprobiety level with weak organic contamination and the Palmer index with a value of 2 ratified that the Caricocha lake has a β -mesosaprobio level of saprobiety with

moderate organic contamination; demonstrating that phytoplankton is an effective indicator to determine and monitor lake saprobity.

Key words: Phytoplankton, bioindicator and saprobity.

Introducción

El área en la que se encuentran los sistemas lénticos en el planeta es relativamente pequeña en comparación con el área cubierta por los sistemas lóticos como por las masas continentales, sin embargo poseen una importancia ecológica y económica mayor que el área que ocupan (Barrett y Odum, 2006).

A nivel mundial la degradación y contaminación de los ecosistemas lénticos forman parte de los problemas ambientales más grandes a los que la sociedad actual se enfrenta, los cuales se manifiestan como resultado de actividades antropogénicas, siendo difícil encontrar fuentes hídricas en buen estado (Casallas, 2005).

Ecuador cuenta con una variedad de lagos que por su naturaleza son únicos ya que se sitúan en distintos pisos altitudinales, donde las investigaciones limnológicas son escasas, especialmente en la provincia de Imbabura (Casallas, 2005). En el lago Caricocha (*Mojanda*) es visible el incremento de las actividades turísticas; esta condiciones resultan un componente determinante en la degradación de distintos tramos del cuerpo de agua (Armijos, 2014). Ecosistema de características únicas, donde la escasez de

información de fitoplancton es un factor limitante al momento de valorar la saprobiedad.

El presente estudio pretende generar información relevante del fitoplancton, ya que es considerado un importante indicador de la saprobiedad de los sistemas lénticos, por su corto ciclo de vida y su rápida respuesta a los cambios del ambiente (Quiroz, Mora, Molina y García, 2004). La implementación de indicadores biológicos disminuye la toma excesiva de parámetros fisico-químicos reduciendo costos, la información generada servirá para el progreso de otras investigaciones; mismas que estarían encaminadas a establecer estrategias que permitan la conservación de este cuerpo de agua. El Proyecto South Initiative VLIR-UOS-UTN apoya y financia la presente investigación con la finalidad de generar una base de datos útil para la sociedad científica conocedora de estas temáticas.

OBJETIVOS

En la siguiente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

Aplicar bioindicadores fitoplanctónicos, para medir la saprobiedad del lago Caricocha (*Mojanda*).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el fitoplancton del lago Caricocha (*Mojanda*).

- Determinar la saprobiedad del lago Caricocha, a partir del fitoplancton bioindicador.
- Generar una guía ilustrada de fitoplancton del lago Caricocha que facilite el uso de esta comunidad biológica en la evaluación de la saprobiedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del área de estudio

El lago Caricocha se ubica en la Sierra Norte del Ecuador, con una dominancia de clima subhúmedo con pequeño déficit de agua, mesotérmico templado frío (temperatura de 4°C a 12°C y precipitación de 1000mm a 1500mm). Forma parte de dos provincias Imbabura y Pichincha, la zona de Imbabura conforma el 31% de toda la superficie, perteneciente al Cantón Otavalo, mientras que la zona de Pichincha conforma el 69%, situándose dentro del cantón Pedro Moncayo (figura 1.); se encuentra categorizado según las zonas de vida de Holdridge en “Bosque Muy Húmedo Montano (bmh-M)”, a una altitud de 3.714 msnm (Armijos, M., 2014; Lombeida, B., 2008).

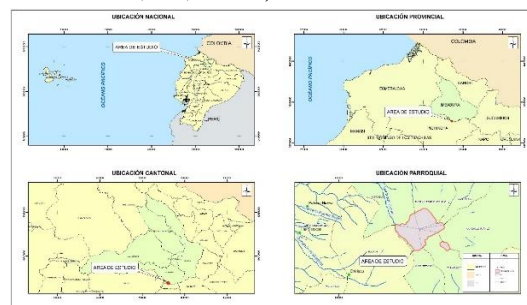


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del lago Caricocha (*Mojanda*).

La cubeta del lago es comparativamente circular (longitud de 2,6 km y ancho 2,2 km) con un volumen de 218 034 116,5m² y con una profundidad máxima de 121,7m (figura 2.), donde la zona limnética y profunda son más extensas que la zona litoral.

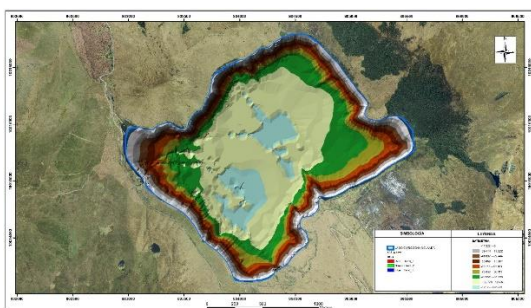


Figura 2. Mapa batimétrico del lago Caricocha (Mojanda).

Métodos de campo: Se seleccionó los puntos que representaron la condición general de todo el sistema léntico, en base a la revisión de información secundaria; para su determinación se realizó las siguientes actividades:

Identificación de los afluentes de entradas, salidas de agua empleando cartografía temática con su respectiva comprobación a nivel de campo, así como también la determinación de la zona limnética recurriendo a la batimetría del lago.

Georreferenciación de los puntos de muestreo en el lago, con la finalidad de fijar a nivel de campo los sitios exactos de toma de muestras durante las épocas de máxima precipitación y estiaje considerando las variaciones de los factores climáticos y la incidencia sobre los elementos a investigar que tienen relación con la saporiedad.

El muestreo se realizó en todos los puntos identificados en el lago, en cada uno de ellos se determinó el límite de la zona fótica y afótica empleando el disco secchi de igual manera se tomó directamente los parámetros físicos con el multiparámetros el cual mide (potencial de hidrogeno, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto), se utilizó la red de nylal de 20 micras por arrastre vertical para captura de fitoplancton, cada muestra fue recolectada en una botella ámbar, almacenándola en la oscuridad, a temperatura ambiente y fijada con 4% de formaldehído al 37% hasta el análisis en el microscopio (Ramírez, 2000).

Adicionalmente se tomó una muestra por duplicado de cada punto de muestreo, siguiendo todos los protocolos establecidos en la normativa a través de una cadena de custodia la cual garantice que las muestras lleguen al laboratorio en las condiciones requeridas para analizar los siguientes parámetros químicos (nitritos, nitratos, amoníaco y fosforo total).

Métodos de laboratorio: Se procedió a realizar la identificación del fitoplancton en división, familia y género con la ayuda de un microscopio óptico y claves dicotómicas especializadas en el tema (Streble & Krauter, 2005).

Se aplicó la metodología de sedimentación (decantación) para cada una de las muestras propuesta por Utermöhl, de manera manual por no contar con sedimentadores en el laboratorio, se procedió a retirar un volumen de 25 ml

diarios con la micro pipeta hasta obtener una sub muestra concentrada de 50ml (Utermöhl, 1958).

Para la cuantificación del fitoplancton se homogenizó la sub muestra obtenida, ayudado de una micro pipeta se tomó 1 ml colocándola en la cámara Sedgewick-rafter y para evitar el movimiento de la misma se colocó una gota de glicerina cubriendo la misma con el cubre objeto dejando reposar durante 15 minutos, se procedió con el microscopio óptico a realizar un barrido de placa, utilizando el lente objetivo de 40 X y un ocular de 10 X contabilizando los organismos presentes en la cámara (Gallo & Apolo, 2012; Streble & Krauter, 2005).

Procesamiento y análisis de datos: Para el análisis de saprobiedad se procedió a utilizar los siguientes índices:



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el lago Caricocha (*Mojanda*) existe una gran diversidad y abundancia de algas, identificándose 21 géneros distribuidos en 11 familias, 8 ordenes, 10 clases y 4 divisiones; corroborando los registros existentes de Fitoplancton realizado por Madox (2014) en la Laguna de Mojanda

encontró 4 divisiones: Clorophyta, Donophyta, Euglenophyta, Heterokontophyta. Varios taxones de algas en este estudio están presentes variando su presencia o ausencia por los factores ambientales.

La mayor diversidad fitoplanctónica en el índice de Shannon-Weaver se registró en el punto de muestreo MOJ-A04 en el mes de abril, época de máxima precipitación con un valor $H= 2.57$; mientras que el punto de muestreo con menor diversidad fue MOJ-02 en el mes de julio, época de estiaje con un valor $H= 2.14$ (tabla 1.), corroborando que existe una mínima diferencia entre los valores a nivel espacial tal como lo señala Mandonx (2014), pero su característica se mantiene de **agua medianamente contaminada**.

PUNTOS	MESES DE MONITOREO	SHANNON-WEAVER (H)	CARACTERÍSTICA
MOJ-A01	Abril	2,52	Agua medianamente contaminada
	Julio	2,25	Agua medianamente contaminada
MOJ-A02	Abril	2,45	Agua medianamente contaminada
	Julio	2,14	Agua medianamente contaminada
MOJ-A03	Abril	2,40	Agua medianamente contaminada
	Julio	2,34	Agua medianamente contaminada
MOJ-A04	Abril	2,57	Agua medianamente contaminada
	Julio	2,31	Agua medianamente contaminada
MOJ-A05	Abril	2,45	Agua medianamente contaminada
	Julio	2,29	Agua medianamente contaminada
MOJ-A06	Abril	2,44	Agua medianamente contaminada
	Julio	2,28	Agua medianamente contaminada

En base al índice OPI se observó que el punto MOJ-A04 presentó el mayor número de individuos de fitoplancton bioindicador tanto en época lluviosa como de estiaje, encontrando dos géneros *Phacus* y *Cyclotella*, de los 20 establecidos por Palmer (1979); mientras que MOJ-A01 y MOJ-A03 mostró una leve disminución de individuos, seguidos de MOJ-A02, MOJ-A05 y MOJ-A06 con una

mayor disminución; registrando en todos los puntos de muestreo un valor OPI de 3 y como el valor es menor que 15 se determina que existe **baja contaminación orgánica** (tabla 2), coincidiendo con los datos obtenido en el índice de Shannon-Weaver con una característica de **agua medianamente contaminada**.

PUNTOS	MESES DE MONITOREO	GÉNERO	Nº de individuos	OPI	CARACTERÍSTICA
MOJ-A01	Abril	<i>Phacus</i>	1111	3	Baja contaminación orgánica
		<i>Cyclotella</i>	509		
MOJ-A01	Julio	<i>Phacus</i>	1004	3	Baja contaminación orgánica
		<i>Cyclotella</i>	468		
MOJ-A02	Abril	<i>Phacus</i>	983	3	Baja contaminación orgánica
		<i>Cyclotella</i>	416		
MOJ-A02	Julio	<i>Phacus</i>	811	3	Baja contaminación orgánica
		<i>Cyclotella</i>	369		
MOJ-A03	Abril	<i>Phacus</i>	1049	3	Baja contaminación orgánica
		<i>Cyclotella</i>	472		
MOJ-A03	Julio	<i>Phacus</i>	833	3	Baja contaminación orgánica
		<i>Cyclotella</i>	410		
MOJ-A04	Abril	<i>Phacus</i>	1204	3	Baja contaminación orgánica
		<i>Cyclotella</i>	585		
MOJ-A04	Julio	<i>Phacus</i>	1034	3	Baja contaminación orgánica
		<i>Cyclotella</i>	488		
MOJ-A05	Abril	<i>Phacus</i>	953	3	Baja contaminación orgánica
		<i>Cyclotella</i>	421		
MOJ-A05	Julio	<i>Phacus</i>	741	3	Baja contaminación orgánica
		<i>Cyclotella</i>	351		
MOJ-A06	Abril	<i>Phacus</i>	921	3	Baja contaminación orgánica
		<i>Cyclotella</i>	434		
MOJ-A06	Julio	<i>Phacus</i>	768	3	Baja contaminación orgánica
		<i>Cyclotella</i>	392		

Por otro lado en el índice de Pantle-Buck se encontró que 6 de los 11 géneros indicados por la lista de Liebmann (1962) citado por Bick (1963); indicando que el lago posee **contaminación orgánica débil**, ya que los valores obtenidos (tabla 4.4) se encuentran dentro del rango de 1.5 – 2.5, determinando que el nivel de sprobiedad del ecosistema acuático es **β -mesosaprobio** calificando al agua como poco contaminada y rica en oxígeno; lo que se corrobora con los resultados obtenidos a través del índice OPI de **baja contaminación orgánica**.

PUNTOS	MESES DE MONITOREO	GÉNERO	Nº de individuos	PANTLE-BUCK	SAPROBIEDAD	CARACTERÍSTICA
MOJ-A01	Abril	<i>Pediastrum</i>	15	2.33	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica débil
		<i>Scenedesmus</i>	6			
		<i>Staurastrum</i>	16			
		<i>Phacus</i>	1111			
		<i>Cyclotella</i>	509			
		<i>Navicula</i>	18			
MOJ-A01	Julio	<i>Pediastrum</i>	9	2.33	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica débil
		<i>Scenedesmus</i>	4			
		<i>Staurastrum</i>	11			
		<i>Phacus</i>	1004			
		<i>Cyclotella</i>	468			
		<i>Navicula</i>	10			
MOJ-A02	Abril	<i>Pediastrum</i>	8	2.33	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica débil
		<i>Scenedesmus</i>	5			
		<i>Staurastrum</i>	11			
		<i>Phacus</i>	983			
		<i>Cyclotella</i>	416			
		<i>Navicula</i>	13			
MOJ-A02	Julio	<i>Pediastrum</i>	4	2.33	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica débil
		<i>Scenedesmus</i>	5			
		<i>Staurastrum</i>	6			
		<i>Phacus</i>	811			
		<i>Cyclotella</i>	369			
		<i>Navicula</i>	7			
MOJ-A03	Abril	<i>Pediastrum</i>	13	2.33	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica débil
		<i>Scenedesmus</i>	4			
		<i>Staurastrum</i>	14			
		<i>Phacus</i>	1049			
		<i>Cyclotella</i>	472			
		<i>Navicula</i>	14			
MOJ-A03	Julio	<i>Pediastrum</i>	10	2.33	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica débil
		<i>Scenedesmus</i>	4			
		<i>Staurastrum</i>	8			
		<i>Phacus</i>	833			
		<i>Cyclotella</i>	410			
		<i>Navicula</i>	9			

MOJ-A04	Abril	<i>Pediastrum</i>	18	2.33	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica débil
		<i>Scenedesmus</i>	8			
		<i>Staurastrum</i>	18			
		<i>Phacus</i>	1204			
		<i>Cyclotella</i>	585			
		<i>Navicula</i>	18			
MOJ-A04	Julio	<i>Pediastrum</i>	9	2.33	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica débil
		<i>Scenedesmus</i>	6			
		<i>Staurastrum</i>	13			
		<i>Phacus</i>	1034			
		<i>Cyclotella</i>	488			
		<i>Navicula</i>	15			
MOJ-A05	Abril	<i>Pediastrum</i>	11	2.33	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica débil
		<i>Scenedesmus</i>	3			
		<i>Staurastrum</i>	8			
		<i>Phacus</i>	953			
		<i>Cyclotella</i>	421			
		<i>Navicula</i>	13			
MOJ-A05	Julio	<i>Pediastrum</i>	5	2.33	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica débil
		<i>Scenedesmus</i>	3			
		<i>Staurastrum</i>	5			
		<i>Phacus</i>	741			
		<i>Cyclotella</i>	351			
		<i>Navicula</i>	7			
MOJ-A06	Abril	<i>Pediastrum</i>	4	2.33	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica débil
		<i>Scenedesmus</i>	9			
		<i>Staurastrum</i>	13			
		<i>Phacus</i>	921			
		<i>Cyclotella</i>	434			
		<i>Navicula</i>	9			
MOJ-A06	Julio	<i>Pediastrum</i>	6	2.33	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica débil
		<i>Scenedesmus</i>	4			
		<i>Staurastrum</i>	7			
		<i>Phacus</i>	768			
		<i>Cyclotella</i>	392			
		<i>Navicula</i>	8			

El índice de Palmer determinó que el lago tiene una **contaminación orgánica moderada**, comprobando respectivamente que el nivel de saprobiedad es **β - mesosaprobio** (tabla 4.5), ya que los valores conseguidos se encuentran dentro del rango 1.75 – 2.25; coincidiendo con el índice de Pantle-Buck donde el nivel de saprobiedad es **β -mesosaprobio** con una característica de **contaminación orgánica débil**.

PUNTOS	MES DE MONITOREO	GÉNERO	Nº de individuos	PALMER	SAPROBIEDAD	CARACTERÍSTICA
MOJ-A01	Abril	<i>Cyclotella</i>	509	2	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica moderada
	Julio	<i>Cyclotella</i>	468	2	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica moderada
MOJ-A02	Abril	<i>Cyclotella</i>	416	2	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica moderada
	Julio	<i>Cyclotella</i>	369	2	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica moderada
MOJ-A03	Abril	<i>Cyclotella</i>	472	2	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica moderada
	Julio	<i>Cyclotella</i>	410	2	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica moderada
MOJ-A04	Abril	<i>Cyclotella</i>	585	2	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica moderada
	Julio	<i>Cyclotella</i>	488	2	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica moderada
MOJ-A05	Abril	<i>Cyclotella</i>	421	2	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica moderada
	Julio	<i>Cyclotella</i>	351	2	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica moderada
MOJ-A06	Abril	<i>Cyclotella</i>	434	2	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica moderada
	Julio	<i>Cyclotella</i>	392	2	B-mesosaprobico	Contaminación orgánica moderada

En cuanto a los parámetros químicos relacionados con la concentración de nutrientes, el resultado fue grado **meso-trófico** en relación al contenido de fósforo total, valor que evidencia un considerable contenido en el lago Caricocha (*Mojanda*) ratificando los registros existentes realizado por Andrade (2016), y que los tres niveles de nitrógeno evaluados no infieren con aportación relevantes, ya que se encuentran dentro de los rangos de valoración de oligotrófico.

PUNTOS	MES DE MONITOREO	TIPO DE LAGO		TIPO DE LAGO		TIPO DE LAGO		TIPO DE LAGO	
		NITRATOS (mg/l)	OLIGOTRÓFICO	NITRITOS (mg/l)	OLIGOTRÓFICO	AMONÍACO (mg/l)	OLIGOTRÓFICO	ÍNDICE TOTAL (mg/l)	OLIGOTRÓFICO
MOJ-A01	Abril	0,6	X	0,014	X	0,12	X	12	X
	Julio	0,5	X	0,014	X	0,12	X	12	X
MOJ-A02	Abril	0,4	X	0,010	X	0,11	X	10	X
	Julio	0,4	X	0,009	X	0,11	X	10	X
MOJ-A03	Abril	0,5	X	0,013	X	0,14	X	12	X
	Julio	0,5	X	0,013	X	0,12	X	11	X
MOJ-A04	Abril	0,6	X	0,017	X	0,18	X	19	X
	Julio	0,5	X	0,015	X	0,16	X	17	X
MOJ-A05	Abril	0,1	X	0,010	X	0,12	X	11	X
	Julio	0,1	X	0,010	X	0,12	X	10	X
MOJ-A06	Abril	0,1	X	0,011	X	0,12	X	11	X
	Julio	0,0	X	0,011	X	0,12	X	11	X

La presente guía cuenta con una introducción del área de estudio con seis puntos de muestreo georreferenciado, equipos, materiales, reactivos, metodología general, índices de saprobiedad, con una explicación de cada ficha y se describen 21 géneros distribuidos en 17 familias, 14 ordenes, 10 clases y 4 divisiones.



CONCLUSIONES

La diversidad de fitoplancton del lago Caricocha es de 21 géneros distribuidos en 17 familias, 14 órdenes, 10 clases y 4 divisiones.

Se determinó que del 100% de los géneros identificados sólo el 33.33% es considerado fitoplancton bioindicador (*Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Staurastrum*, *Phacus*, *Cyclotella*, *Navicula*, *Nitzschia*) por ser sensibles a cambios, su presencia o ausencia dependen de las condiciones del lugar.

Los valores de diversidad fitoplanctónica de Shannon-Weaver registrados se encuentran dentro de 1.5-3.0, siendo un indicativo de agua medianamente contaminada.

El índice OPI con un valor de 3 determinó que existe baja contaminación orgánica.

El índice de Pantle-Buck con un valor de 2,33 comprobó que el lago posee un nivel de saprobiedad β - mesosaprobio con una ponderación de contaminación orgánica débil.

El índice de Palmer con un valor de 2 ratificó que el lago Caricocha (Mojanda) presenta un nivel de saprobiedad es β -mesosaprobio con una contaminación orgánica moderada.

En cuanto a los parámetros químicos relacionados con la concentración de nutrientes, el resultado fue mesotrófico en relación al contenido de fósforo total, calificando al agua como poco contaminada y rica en oxígeno, teniendo

en cuenta que los tres niveles de nitrógeno evaluados no infieren con aportaciones relevantes. ,

El nivel de saprobiedad determinado en todos los puntos de muestreo por la aplicabilidad de los índices de OPI, Pantle - Buck y palmer se mantuvieron tanto en época de precipitación como de estiaje, determinando que existe una mínima diferencia entre número de individuos de fitoplancton bioindicador.

La guía ilustrada de fitoplancton será de gran utilidad para estudiantes, docentes, investigadores y limnólogos; donde se constituirá como una herramienta útil para la identificación de géneros y será usado para gestión de controles de saprobiedad.

RECOMENDACIONES

Continuar con el monitoreo limnológico en el lago Caricocha (*Mojanda*), en época de máxima precipitación y estiaje, con la finalidad de tener datos que permitan realizar análisis multitemporal del estado ecológico.

Limitar el ingreso de nutrientes en entradas principales y secundarias por más mínimas que sean ya que logran un aumento en la saprobiedad de un ecosistema acuático.

En futuros trabajos limnológicos se debería aplicar los índices de saprobiedad, ya que la presencia o ausencia de géneros fitoplanctónicos permiten determinar la saprobiedad de los sistemas lénticos por su

corto ciclo de vida y su rápida respuesta a los cambios del ambiente.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Armijos MT, (2014). El manejo comunitario del agua en Mojanda, Ecuador: Política, derechos y recursos naturales. En: Cuesta F, Sevink J, Llambí LD, De Bièvre B, Posner J, Editores. *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos*, CONDESAN.
- Andrade, E. (2016). *Determinación del estado trófico del Lago de Mojanda en relación con los parámetros físicos-químicos*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Azanar, A. (2000). Determinación De Los Parámetros Físicos-Químicos De Calidad De Las Aguas. *Gestión Ambiental*, 2(23), 12-19.
- Barrett, G. y Odum, E. (Ed.). (2006). *Fundamentos de ecología*. Mexico: Editorial Cengage Learning.
- Bellinger, E. G. y Sigeo D. C. (2015). *Freshwater Algae, Identification, Enumeration and Use as Bioindicators*. Oxford, Reino Unido: John Wiley y Sons.
- Bellinger, E. G. y Sigeo D. C. (2010). *Freshwater Algae, Identification and Use as Bioindicators*. Oxford, Reino Unido: John Wiley y Sons.
- Bick, H. (1963). A review of central European methods for the Biological Estimation of water Pollution Levels. *Wld Hlth Org*, (29), 401-413.
- Bowling, L. (2009). Freshwater Phytoplankton: diversity and biology. En I. Suthers, y D. Rissik, *Plankton: a guide to their ecology and monitoring for wáter quality* (pp. 115-139). Collingwood, Vic: CSIRO Publishing.
- Boyer, C. S. (1927). Synopsis of North America diatomaceae, Supplement, Part 2.- Naviculatae, Surirellatae. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of philadelphia 79: 229-583.
- Braun, A. (1855). *Algarum unicellularium genera nova et minus cognita praemissis observationibus de algis unicellularibus in genere*. Lipsiae: W. Engelmann.
- Brand. (Ed.), *Neue denkschriften der Allg. Schweizerischen Gesellschaft für die gesammten naturwissenschaften*. (pp. 1-139). Neuchatel: In der buchdruckerei Von H. Wolfrath.
- Brébisson, M. A. (1838). *Considerations sur les diatomées et essai d'une classification des genres et des especes appartnant à celle famille*. Falaise, Paris: Brée I'Ainée Imprimeur-Libraire; Meilhac.
- Brodie, J., y Lewis, J. (2007). Introduction. En J. Brodie, y J. Lewis, *Unravelling the algae: the past, present and future of algal systematics* (pp. 1-5). London: CRC Press.
- Casallas, J. (2005). *Limnological investigations in lake San Pablo, a high mountain lake in Ecuador*. Technischen Universität Berlin, Berlin.

- Espino, G., Hernández, S. y Carabajal, J. (2000). *Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de las Contaminación (Bioindicadores)*. San Rafael: Editor Plaza y Valdes.
- Fernández, D. y Fernández, G. (1990). *Depuración de las Aguas Residuales en las pequeñas poblaciones*. Madrid: Editorial Garsi.
- Gallo, N. y Apolo, B. (2012). *Fundamentos de Ficología*. Quito: Gráficas Ortega.
- Liebmann, H. (1962). *Handbuch der frischwasser-und Abwasserbiologie*. Munchen, Germany, R: Olden-bourg, 113pp.
- Lombeida, B. (2008). *Creación de un complejo turístico en la zona de Mojandita de Curubi Provincia de Imbabura* (tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito-Ecuador.
- Mandonx, T. (2013-2014). Trophic status and phytoplankton ecology of two lakes in norther Ecuador: Yahuarcocha & Mojanda. FACULTY OF SCIENCE, 1-86.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona: Ediciones Omega.
- Ramírez, A. y Viña, G. (1998). *Limnología Colombiana*. Bogotá: Editorial Panamericana.
- Ramírez, J. (2000). *Fitoplancton de agua dulce: bases ecológicas, taxonómicas y sanitarias*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Palmer, M. (1979). Algas en abastecimientos de agua. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, *Ciencias del Mar. Informe*, Issues (pp. 24-30). México: Editorial Interamericana.
- Pantle, R. y Buck, H. (1995). Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas-u WassFach*. 96, 604.
- Pinilla, G. (2000). *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia*. Bogotá: Editorial Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Roldán, G. (1992). *Fundamentos de limnología neotropical*. Antioquia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Roldán, G. y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología tropical*. Antioquia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Vicente, E., Hoyos, C., Sánchez, P., y Cambra, J. (2005). *Metodología para el Establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro*. Universidad de Valencia, España.
- Vicente, E., Hoyos, C., Sánchez, P., y Cambra, J. (2005). Metodología para el Establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. *Protocolo de muestreo y análisis para Fitoplancton*. Universidad de Valencia, España.