



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES**

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

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE  
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTOR:**

**LUIS HERNÁN ESPIN JINEZ**

**DIRECTORA:**

**ELIZABETH VELARDE**

Ibarra - Ecuador

**2018**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**  
**AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

ESCUELA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

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

Trabajo de grado revisado por el comité Asesor, por el cual se autoriza su  
presentación como requisito parcial para obtener el Título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**APROBADA:**

MSc. Elizabeth Velarde

**DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

MSc. Sania Ortega

**MIEMBRO TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

MSc. Tania Oña

**MIEMBRO TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

MSc. Doreen Brown

**MIEMBRO TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Ibarra - Ecuador

2018

**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determino la necesidad de disponer textos completos en forma digital con la finalidad de aportar los procesos de investigación, docencia y extensión universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	0802702894
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Espin Jinez Luis Hernán
<b>DIRECCIÓN:</b>	Juana Atabalipa 9-71
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:hernanespinj@outlook.com">hernanespinj@outlook.com</a>
<b>TELEFONO FIJO:</b>	<b>TELEFONO MOVIL:</b> 0996404022

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	<b>“APLICACIÓN DE BIOINDICADORES FITOPLANCTÓNICOS, PARA MEDIR LA SAPROBIEDAD DEL LAGO CARICOCHA (MOJANDA).”</b>
<b>AUTOR:</b>	Espin Jinez Luis Hernán
<b>FECHA:</b>	14.03.2018
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
<b>DIRECTORA:</b>	MSc. Elizabeth Velarde

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Luis Hernán Espin Jinez, con cédula de identidad Nro. 080270289-4, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

AUTOR:



Luis Hernán Espin Jinez

**C.I. 080270289-4**

ACEPTACIÓN:



Ing. Betty Chávez

**JEFE DE BIBLIOTECA**

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

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**  
**DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR**  
**DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Luis Hernán Espin Jinez, con cédula de identidad Nro. 080270289-4, manifiesto mi voluntad de ceder a la **Universidad Técnica del Norte** los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículo 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado:

**“APLICACIÓN DE BIOINDICADORES FITOPLANCTÓNICOS, PARA MEDIR LA SAPROBIEDAD DEL LAGO CARICOCHA (MOJANDA)”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniero en Recursos Naturales Renovables en la Universidad Técnica del Norte**, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

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



Luis Hernán Espin Jinez

**C.I. 080270289-4**

## 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**

Yo, Luis Hernán Espin Jinez como autor del trabajo de grado Titulado **“APLICACIÓN DE BIOINDICADORES FITOPLANCTÓNICOS, PARA MEDIR LA SAPROBIEDAD DEL LAGO CARICOCHA (MOJANDA)”**, me hago responsable de los resultados, discusión, conclusiones y demás parte de la investigación; y pongo este documento como fuente de apoyo para consultas dirigidas a todos los estudiantes.

## AGRADECIMIENTO

Al proyecto Iniciativa de Sur “Manejo Sostenible de los lagos del norte del Ecuador bajo las crecientes actividades económicas y el cambio climático” de la Universidad Técnica del Norte y VLIR-UOS Bélgica, que al brindarme su auspicio permitieron que desarrolle el proyecto.

A la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, que me permitió ser parte de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables.

A la Msc. Elizabeth Velarde que en calidad de Directora, me brindo su guía y apoyo para la realización del trabajo de grado.

Prof. Koenraad Muylaert por permitirme formar parte de su equipo de investigación.

A los docentes de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, que me formaron como un buen profesional en especial a:

Msc. Sania Ortega que con sus recomendaciones y apoyo mejoramos la investigación.

MSc. Tania Oña que con su gran experiencia supo asesorarme con sus conocimientos.

MSc. Doreen Brown que con sus conocimientos apporto adecuadamente a la investigación.

Ing. Danny Reascos que con su amistad supo orientarme y guiarme con sus conocimientos académicos y científicos.

Ing. Romina Jimenez por su apoyo incondicional y todos los valores invaluable adquiridos desde el primer día.

Ing. Marcelo Ponce por ser un amigo guía.

Ing. Jorge Revelo por su gran calidad humana como amigo y compañero de trabajo.

Doc. Nelson Gallo por el ímpetu investigativo que aún perdura en sus estudiantes, que con sus conocimientos contribuyó a la finalización adecuada de la investigación.



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de Trabajo de grado a mi madre que es mi fortaleza en cada paso, a mis abuelitos y tías que fueron mis guías todos los días de mi vida, a mi hermana, a mi padre, a mis profesores que con su paciencia desarrollaron mis conocimientos día a día y a todos los que de una forma u otra estuvieron a mi lado brindándome apoyo y fortaleza.

Hernán Espin Jinez.

## 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 m<sup>3</sup> 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  $\beta$ - 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  $\beta$ - mesosaprobio con una contaminación orgánica moderada; demostrando que el fitoplancton es un indicador efectivo para determinar y monitorear la saprobiedad del lago.

## 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 m<sup>3</sup> and with a maximum 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 wáter 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  $\beta$ -mesosaprobio saprobiety level with weak organic contamination and the Palmer index with a value of 2 ratified that the Caricocha lake has a  $\beta$ - mesosaprobio level of saprobiety with moderate organic contamination; demonstrating that phytoplankton is an effective indicator to determine and monitor lake saprobity.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### 1 Contenido

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivos .....	2
1.1.1 Objetivo general:.....	2
1.1.2 Objetivos específicos: .....	2
1.2 Pregunta directriz .....	2
CAPÍTULO II .....	3
2. MARCO TEÓRICO .....	3
2.1 Agua .....	3
2.2 Fitoplancton y división .....	4
2.2.1 Cianofíceas.....	5
2.2.2 Clorofíceas .....	5
2.2.3 Dinofíceas .....	5
2.2.4 Euglenofíceas.....	6
2.2.5 Bacilariofíceas .....	6
2.2.6 Criptofíceas .....	6
2.2.7 Crisofíceas .....	7
2.2.8 Xantofíceas .....	7
2.3 Indicadores biológicos o bioindicadores .....	15
2.3.1 Saprobiidad y lagos según estado trófico.....	16
2.3.2 Parámetros físico-químicos.....	17
2.6 Marco legal.....	19
2.6.1 Constitución Nacional de la República del Ecuador .....	19
2.6.2 Plan Nacional del Buen Vivir.....	20
CAPÍTULO III.....	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
3.1 Caracterización del área de estudio .....	21
3.2. Recursos Materiales .....	23

3.3 Métodos .....	23
3.3.1. Selección de puntos estratégicos de muestreo .....	23
3.3.2. Muestreo <i>in-situ</i> .....	24
3.3.4. Guía ilustrada de fitoplancton del lago Caricocha (Mojanda) .....	32
CAPÍTULO IV .....	33
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	33
4.1 Caracterización del fitoplancton.....	33
4.2 Saprobiidad del lago Caricocha (Mojanda), a partir del fitoplancton bioindicador.....	38
4.3 Guía ilustrada de fitoplancton del lago Caricocha (Mojanda) que facilite el uso de esta comunidad biológica en la evaluación de la saprobiidad.....	43
4.3.1 Introducción de la guía .....	43
4.3.2 Equipos y materiales.....	45
4.3.3 Planificación metodológica del fitoplancton .....	46
4.3.4 Metodología para la toma de muestras .....	48
4.3.5 Explicación de la guía.....	54
5. CAPÍTULO V.....	76
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	76
5.1 Conclusiones .....	76
5.2 Recomendaciones .....	77
6. BIBLIOGRAFÍA CITADA .....	78
ANEXOS .....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Descripción de género de fitoplancton.....	7
Tabla 3.1. Lista de materiales, equipos e insumos .....	23
Tabla 3.2. Puntos estratégicos de muestreo .....	24
Tabla 3.3 Preservación y almacenamiento de muestras líquidas. ....	26
Tabla 3.4 Concentración de parámetros químicos en relación al estado trófico de los lagos.....	27
Tabla 3.5 Valores del índice OPI para géneros de fitoplancton.....	28
Tabla 3.6 Ponderación de índice de polución orgánica (O.P.I) .....	29
Tabla 3.7 Lista de géneros fitoplantónicos y su grado de saprobiedad.....	29
Tabla 3.8 Sistema Sapróbico de Pantle – Buck .....	29
Tabla 3.9 Abundancia en relación a porcentajes de índice de (PANTLE- BUCK) .....	30
Tabla 3.10 Valores de Saprobiidad según Pantle-Buck .....	30
Tabla 3.11 Ponderación según Palmer .....	31
Tabla 3.12 Valores del índice Palmer para géneros de fitoplancton.....	31
Tabla 3.13 Características según Palmer .....	31
Tabla 4.1 Taxonomía y descripción del fitoplancton identificado.....	33
Tabla 4.2 Saprobiidad del índice de Shannon-Weaver .....	38
Tabla 4.3 Saprobiidad según OPI.....	39
Tabla 4.4 Nivel sapróbico del índice de Pantle- Buck.....	40
Tabla 4.5 Nivel sapróbico del índice de Palmer .....	42
Tabla 4.6 Concentración de nutrientes.....	43
Tabla 4.7 Puntos de muestreo .....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Interrelación que existe entre el agua, la atmosfera, la tierra y los organismos vivos.....	3
Figura 3.1. Mapa de ubicación geográfica del lago Caricocha ( <i>Mojanda</i> ).....	22
Figura 3.2. Mapa batimétrico del lago Caricocha ( <i>Mojanda</i> ).....	22
Figura 3.3. Mapa de los puntos de muestreos del Lago Caricocha ( <i>Mojanda</i> ).....	24
Figura 3.4. Diagrama Ombrotérmico de la estación meteorológica Otavalo.....	25
Figura 3.5. Disco secchi, forma y hora de hacer las mediciones. ....	25
Figura 3.6 Método de conteo de cámara Sedgwick – Rafter para el análisis cuantitativo del fitoplancton.....	27
Figura 4.1 Histograma de abundancia fitoplanctónica.....	37
Figura 4.2 Ubicación geográfica y puntos de muestreo del lago Caricocha ( <i>Mojanda</i> ).....	44

## CAPÍTULO I

### 1. 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 físico-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.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general:**

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

### **1.1.2 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.

## **1.2 Pregunta directriz**

- ¿Cuáles son los géneros fitoplanctónicos que permiten la evaluación de la saprobiedad del lago Caricocha?

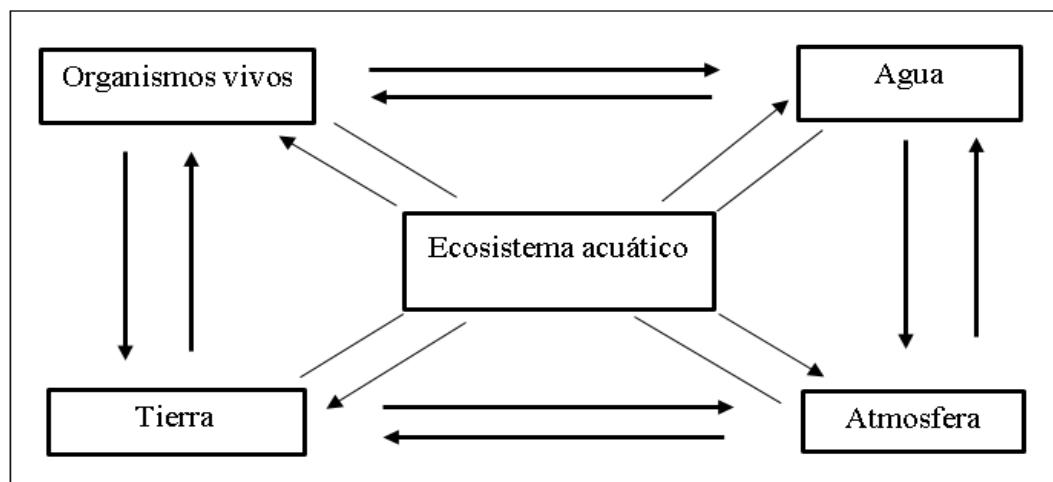
## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

Este capítulo cuenta con información relevante de los principales conceptos relacionados con la investigación, para su desarrollo.

#### 2.1 Agua

La vida surgió en el agua y es fundamental para el mantenimiento de todo tipo de vida en el planeta. Los ecosistemas acuáticos y terrestres resultan de la interrelación que existe entre el agua, la atmósfera, la tierra y los organismos vivos (figura 2.1). Teniendo en cuenta que ningún proceso metabólico sucede sin su acción directa o indirecta. (Roldán, 1992).



**Figura 2.1.** Interrelación que existe entre el agua, la atmósfera, la tierra y los organismos vivos.

La tierra posee 1.385.984.000 km<sup>3</sup> de agua, el 96.5% se encuentra concentrada en los océanos, mares y bahías a diferencia del agua dulce que es un recurso irremplazable, fácilmente vulnerable y susceptible de usos sucesivos; este líquido es necesario para la mayoría de las actividades y para el desarrollo de los seres vivos (Gleick, 1996).

Los sistemas lénticos son aguas que se encuentran en reposo, dentro de los ecosistemas lénticos se encuentran las ciénagas, los planos inundables, los estuarios, los lagos y los embalses. Estos ambientes se diferencian de los sistemas lóuticos en que contienen un volumen de agua que no presenta un flujo unidireccional constante; por lo tanto, en este tipo de cuerpos de agua se desarrollan ciertas comunidades bióticas específicas, como las planctónicas o de microorganismos errantes (Ramírez y Viña, 1998).

Dentro de los sistemas lénticos, lago es la extensión de agua delimitada de tierra por todas partes, por lo general se considera como un verdadero lago, aquel que tiene un amplio espejo de agua y una profundidad superior a los 7 m. Los lagos son formados en su mayoría en las altas montañas por procesos de deshielo y movimiento tectónico (Roldán y Ramírez, 2008).

## **2.2 Fitoplancton y división**

“Se define como fitoplancton a la comunidad de microorganismos, en su mayoría fotosintéticos, (microalgas, cianobacterias, flagelados heterótrofos y otros grupos sin clorofila) que viven suspendidos en la masa de agua y no presentan raíces, tallos ni hojas” (Vicente, Hoyos, Sánchez y Cambra, 2005, p.9).

En esta agrupación se encuentra en la base de la cadena alimenticia de los ecosistemas acuáticos y albergan diversas divisiones que poseen distintas características morfológicas y fisiológicas, que varían de uno a otro; así como la reproducción, el tipo de clorofila presente en cada división (Bellinger y Sigee, 2015).

### **2.2.1 Cianofíceas**

Son un grupo antiguo de organismos procariotas que fijan nitrógeno molecular para mantener así la relación nitrógeno- fósforo (N: P) regulada, que se considera que contribuyeron a la evolución de la atmósfera prehistórica por su capacidad de disociar las moléculas de agua (Margalef, 1983). Son células que contienen además de clorofila *a* y carotenoides, pigmentos accesorios llamados ficobilinas que brindan a la célula colores azul violeta, rojo y verde, aunque la clorofila *b* no está presente, son altamente sensibles a antibióticos de hongos y a metales como el cobre. Su reproducción es vegetativa por medio de la fragmentación de los tricomas y no constan células flageladas, carecen de sistema de producción de oxígeno (Wetzel, 1981).

### **2.2.2 Clorofíceas**

Forman un grupo extremadamente grande y de gran diversidad morfológica que presentan clorofila *a* y *b*, carotenos, luteína y otros que según la especie varían, cuando las células son móviles normalmente poseen de dos a 4 flagelos y las biflageladas presentan simetría bilateral, su distribución está limitada casi en su totalidad a las agua dulces (Hutchinson, 1967).

La reproducción sexual es diversa, puede ser por anisogamia, isogamia y oogamia mientras que la reproducción asexual se da por medio de esporas en el interior de la célula; la multiplicación vegetativa se hace por fragmentación en las especies pluricelulares y por división común en las unicelulares (Wetzel, 1981).

### **2.2.3 Dinofíceas**

Son algas flageladas unicelulares, muchas de estas son móviles. Algunas especies son desnudas o carentes de pared celular (p. ej., *Gymnodinium*, de las gimnodiniales) en su mayoría desarrollan una conspicua pared celular normalmente provista de dibujos esculpidos y con formaciones de grandes espinas y apéndices

(las peridiniales, p. ej., *Ceratium*, *Glenodinium*, *Peridinium*). En todas estas la superficie celular posee unos surcos longitudinales y transversales que conectan y contienen los flagelos; aunque la reproducción se efectúa sexualmente el sistema de reproducción predominante es asexual (Wetzel, 1981).

#### **2.2.4 Euglenofíceas**

Son un grupo relativamente grande y diverso, solo un pequeño grupo son auténticamente planctónicas donde son unicelulares, carecen de pared celular bien definida y cuentan con 1, 2 o 3 flagelos, la reproducción se efectúa por división longitudinal de las células móviles (Wetzel, 1981). Los cloroplastos son de color verde por la presencia de clorofila a y b también hay presencia de pigmentos como beta caroteno y diadinoxantina, los cuales le dan color café a las células (Hutchinson, 1967).

#### **2.2.5 Bacilariofíceas**

Son organismos diploides, unicelulares o coloniales que presentan de dos a numerosos cloroplastos de color café, gracias a que los pigmentos accesorios como diadinoxantina y funcoxantina enmascaran las clorofilas a, b y el beta caroteno. El material de reserva es la crisolaminarina o leucosina. En aguas dulces son muy comunes de encontrar en el ambiente del fitoplancton o sobre sustratos como rocas (Margalef, 1983). Su reproducción se da por simple división celular, a veces por oogamia; la reproducción sexual es por iso o anisogamia (Hutchinson, 1967).

#### **2.2.6 Criptofíceas**

Son en su mayoría algas desnudas, unicelulares y móviles que constituyen un grupo de varias especies donde pueden construir poblaciones muy densas. Normalmente son células asimétricas, de 10 a 50  $\mu\text{m}$ , las células presentan clorofila a y diversos pigmentos accesorios como ficocianina y alfa caroteno, entre otros. En consecuencia los plastos son de color pardo o de diversos matices, como azulados

o rosados. También puede haber presencia de clorofila c pero nunca se presenta la clorofila b. Algunas especies muestran ficobilinas y generalmente un producto de reserva es almidón, su reproducción se efectúa por división longitudinal (Margalef, 1983).

### 2.2.7 Crisofíceas

Son algas de color amarillo doradas o café, a causa de la presencia de clorofilas a y c en los cromatóforos. Los materiales que suele reservar son materias grasa y algunos prótidos y glúcidos. Poseen una reproducción sexual generalmente por isogamia, aunque es poco frecuente, generalmente la multiplicación se hace por división vegetativa o por zoosporulación (Margalef, 1983).

### 2.2.8 Xantofíceas

Son algas unicelulares, filamentosas o coloniales que generalmente viven en aguas oligotróficas; se caracteriza por el color amarillo verdosa, a causa de la excesiva cantidad de carotenoides, superior a la clorofila. Los materiales que suele reservar son materias grasa crisolaminaria. Poseen una reproducción sexual por isogamia y asexual generalmente por partición, con formación de zoósporas (Wetzel, 1981).

El fitoplancton forma parte de un grupo muy amplio y diverso, con semejanzas superficiales y grandes diferencias, sobre todo en lo que concierne a pigmentos fotosintéticos y ultraestructura celular. Bajo ningún concepto se debe subestimar la diversidad de algas por descubrir (tabla 2.1), especialmente aquellas que viven en los habitas extremos del planeta (Brodie y Lewis, 2007; Bowling, 2009).

**Tabla 2.1** Descripción de género de fitoplancton

DIVISIÓN	GÉNERO	DESCRIPCIÓN
CLOROFÍCEAS	<i>Cosmarium</i>	Las células pueden ser diminutas (<1 µm) o relativamente grande (<200 µm), con una constricción poco profunda o profunda

DIVISIÓN	GÉNERO	DESCRIPCIÓN
CLOROFÍCEAS		<p>(istmo) y estas pueden ser redondeadas, semicirculares, reniformes, piramidales, cuadradas; el margen puede tener ondulaciones.</p> <p>El núcleo esta invariablemente localizado en el istmo, la pared celular de muchas especies son lisas con poros dispersos, en otras especies se encuentra adornada con gránulos pequeños o grades; algunas especies tiene un cloroplasto en cada célula, pero otras varias.</p> <p>Es común en ambientes ácidos, lagos oligotróficos, estanques, lagunas alcalinas y eutróficas (Ralfs, 1848).</p>
	<i>Crucigenia</i>	<p>Consiste en cuatro células (cuadradas y aplanadas), dispuestas en una cruz de manera que una brecha puede estar presente en el centro de la colonia; las colonias son solitarias o contiguas para formar cenobios múltiples de 8-16 células.</p> <p>Las células en la vista superficial son elipsoides a ovoides, triangulares o rectangulares, estas tiene un cloroplasto parietal, con o sin pirenoide de 5-10 µm.</p> <p>Se encuentra en estanques y lagos (Morren, 1830).</p>
	<i>Dictyosphaerium</i>	<p>Las células son esféricas a ampliamente ovaladas, en racimos de cuatro, unidas por fragmentos de pared celular q irradian de un centro común.</p> <p>A veces se puede discernir un sobre mucilaginoso claro indefinido; el cloroplasto es en forma de copa, parietal que cubre la mayor parte de la pared celular.</p>

DIVISIÓN	GÉNERO	DESCRIPCIÓN
CLOROFÍCEAS		Es común encontrarlos en estanques, lagos y ríos (Nägeli, 1849).
	<i>Monoraphidium</i>	Las células son simple (1-5 $\mu\text{m}$ de ancho, 1-100 $\mu\text{m}$ de largo) tienen un único cloroplasto, casi llenando la célula, rara vez se encuentran unidas en un extremo y más o menos en forma de huso, curvas, sigmoidales o torcidas en espiral. Sus extremos celulares son puntiagudos o curvos, la pared celular es delgada y lisa sin vaina de mucílago; el cloroplasto es simple parietal y no tiene pirenoide. Es abundante en los lagos, embalses y pequeños estanques eutróficos (John, Whitton y Brook, 2002).
	<i>Oocystis</i>	Se lo divide en colonias de (2-16 células), las células son ovoides, elipsoides o de forma limosa, con polos redondeados (4-50 $\mu\text{m}$ de largo), las células tienen de uno a varios cloroplastos parietales de forma variable con o sin pirenoide, en la pared celular pueden estar encerradas dos tres células parentales que se agranda de manera que parece una envoltura gelatinosa. Se encuentra en zanjas, pantanos, estanques y lagos (Braun, 1855).
	<i>Pediastrum</i>	Colonia circular a veces irregularmente subcircular, con 16 o más células que tienden a estar en anillos concéntricos; cada anillo tiene un número definido de células, las células periféricas poseen cerdas o algo semejante a cuernos no encontradas en las células interiores (poliédricas), paredes celulares lisas, finamente



DIVISIÓN	GÉNERO	DESCRIPCIÓN
CLOROFÍCEAS		reticuladas o altamente granuladas con decoraciones diversas; cloroplasto único, parietal, con un pirenoide. Se localiza en ríos, estanques, lagos y extremadamente en cuerpos ricos de nutrientes (Mayen, 1829).
	<i>Scenedesmus</i>	Sus colonia es 2-4-8-16- (32) células, aplanadas, con ejes largos de celdas paralelas, lateralmente contiguas, dispuestas en series lineales o alternas con celdas elipsoidales, ovales o en forma de media luna o estrechándose hacia cada extremo; espinas ausentes, cloroplasto parietal, generalmente con un pirenoide. El tamaño de la célula varía mucho de una especie a otra, algunas tienen ornamentaciones, espinas y otras crestas; es abundante en aguas ricas en nutrientes (Mayen, 1829).
	<i>Sphaerocystis</i>	Células de 7-20 $\mu\text{m}$ de ancho de colonia esférica, constituido por 4-32-(64) células esféricas dispersas a lo largo del mucílago colonial; células con paredes celulares lisas, cloroplasto único parietal en forma de copa, volviéndose masivo en las células más viejas y hay un pirenoide. Se lo localiza en zanjas, estanques y lagos (Chodat, 1897).
	<i>Staurastrum</i>	La forma celular varía dependiendo de la especie; pero la mayoría están profundamente constreñidas en el centro, formando dos segmentos a menudo algo retorcido, generalmente más ancho que

DIVISIÓN	GÉNERO	DESCRIPCIÓN
CLOROFÍCEAS		largo; los cloroplasto suelen ser uno por semicélula . La superficie celular puede estar adornada con gránulos o espinas que terminan a menudo con dos o cuatro espinas simple, se encuentra en aguas oligotróficas, estanques pantanos y lagos (Ralfs, 1848).
	<i>Tetraedron</i>	Celulas solitarias, triangulares o piramidales, cuadrangulares o poligonales, con una espina dorsal en cada ángulo, pared celular finamente granulada y fina, cloroplasto único que llena completamente la célula. Se lo encuentra ampliamente distribuido en lagos y estanques templados hasta habitas tropicales (Kützing, 1845).
	<i>Tetrastrum</i>	Colonia de cuatro celdas planas con una pequeña apertura, células triangulares, en forma de corazón u ovoides, las paredes son lisa pero con granulaciones observadas, células uninucleadas; cloroplastos 1-4 y parietal discoide, con o sin pirrenoide, especies con o sin espinas largas o cortas en la cara externa de la célula, se localiza en estanques y lagos (Wehr y Sheath, 2003).
DINOFÍCEAS	<i>Ceratium</i>	Género con uno o dos cuernos formados a partir de placas postcelulares, con un cuerno apical que pueden tener un poro apical y un antapical, placas fuertemente adornadas, mixotrófico, de color amarillo pálido a dorado, sin ojos (Bellinger y Sigee, 2015).
EUGLENOFÍCEAS	<i>Gymnodinium</i>	Pequeños a grandes (aproximadamente 5-200 $\mu\text{m}$ ) unicelulares atecate flageladas de varias formas, algunas

DIVISIÓN	GÉNERO	DESCRIPCIÓN
EUGLENOFÍCEAS		forman colonias de cadena larga otras encerradas en quistes hialinos temporales, cloroplastos presentes o ausentes, células aproximadamente ovales pero a veces aplastados dorsiventralmente (Bellinger y Sigee, 2010).
	<i>Phacus</i>	Las células son solitarias y la célula rígida (sin metabolismo), ovoide a fusiforme en su mayoría retorcida y muy comprimida (siendo parecido a una lámina o hoja), con un caudal reto o ligeramente doblado de longitud variable dependiendo de la especie; las células pueden ser tan comprimidas y transparentes, a menudo hay una brida lateral pronunciada llamada quilla, poseen cloroplastos discoidales sin pirenoide, mientras otros poseen grandes cloroplastos discoidales con pirenales; se encuentra en pantanos, zanjas, estanques y lagos (Dujardin, 1841).
BACILARIOFÍCEAS	<i>Aulacoseira</i>	Células cilíndricas que suelen verse en la vista de la cintura, crecen en colonia lineales, unidas entre sí mediante una unión de espinas; debido a su crecimiento poseen mantos de válvulas circulares relativamente altos, si llevar a cabo cambios en la morfología del frustule; este mecanismo permite que algunas especies prosperen en lagos profundos durante la circulación invernal o durante el verano en cuerpos de agua lo suficientemente superficiales (Thwaites, 1848).
	<i>Cocconeis</i>	Genero heterovalvar con flexión o curvatura, a lo largo del eje

DIVISIÓN	GÉNERO	DESCRIPCIÓN
BACILARIOFÍCEAS		apical, las válvulas son elípticas o casi circulares, las estrías a menudo son uniseriadas; la valvula de rafe tiene una región diferenciada cerca del bordey un manto bien definido; las células son solitarias con capacidad de secuestrar el exceso de nutrientes de los cuerpos de aguas (Boyer, 1927).
	<i>Cyclotella</i>	Las células tiene forma de disco con válvulas de forma circular que tiene una superficie ligeramente ondulada sin espinas, pero en algunas especies existen pequeños túbulos que podías confundirse con espinas, el área central esta irregularmente punteada y distinta del área concéntrica, que está regularmente estriada, las células suelen ser solitarias pero pueden estar unida a hilos micilaginosos; existen varios cloroplastos discoides habitualmente dispuestos alrededor del margen celular. Se encuentra en lagos, ríos, habitas marinos y de agua salobre (Brébisson, 1838).
	<i>Fragilaria</i>	Penachos o frustres alargados unidos por sus caras de válvulas para formar una cadena similar a una cinta llamada colonia, válvulas fusiforme ligeramentes hivhadas en el centro (gibosos) o con los extremos hinchados con superficies de válvulas con estrías finas (Lyngbye, 1819).
	<i>Navicula</i>	Las células suelen ser muy móviles (movimiento naviculoide), un cloroplasto en forma de H; los ápices celulares pueden ser redondeados, con dos cloroplastos en forma de placas presentes a ambos lados del eje

DIVISIÓN	GÉNERO	DESCRIPCIÓN
BACILARIOFÍCEAS		apical a las válvulas simétricas; es un género muy amplio y común el cual no debe de sorprender de sus generalidades en cuanto a las preferencias ecológicas y la distribución geográfica; se localizan en lagos arroyos y ríos (Wehr y Sheath, 2003).
	<i>Nitzschia</i>	Género relativamente grande con cientos de especies de agua dulce y marinas, las válvulas son generalmente largas, rectas y estrechas, pero pueden ser ovoides o incluso ligeramente sigmoides, células solitarias, pero pueden formar colonias estrelladas o vivir en un tubo de mucílago. Normalmente las célula contiene dos plastidios orientados hacia cada polo de la célula; el sistema rafe en nitzschia es fibulado y esta normalmente sobre o cerca del margen de la superficie de la válvula, el rafe está cerca de los márgenes opuestos de las dos válvulas de un fruste (Hassall, 1845).
CRIFTOFÍCEAS	<i>Dinobryon</i>	Célula de vida libre, rodeada por una lorica, solitarias o unidas en colonias ramificadas; estos son ramificados o dendroides con cada nuevo lorica emergiendo del cuello abierto y atado por medio de un talle. Cada lorica contiene una célula biflagelada unida a la base de la lorica mediante un fino hilo citoplasmático, generalmente hay dos cloroplastos por célula con granulos de crisolaminarina en la base; la lorica puede ser clara o de color marrón, lisa o adornada y varía dependiendo de la especie (Ehrenberg, 1834).

### 2.3 Indicadores biológicos o bioindicadores

Especies o comunidades de fitoplancton, zooplancton, macroinvertebrados (insectos, moluscos, anélidos, poliquetos, crustáceos, nemátodos), macrofitas y peces que por su presencia, suministran información sobre el medio físico y químico en el que habitan (Bellinger y Sigeo, 2010). Un Bioindicador acuático se considera aquel organismo que gracias a su presencia y abundancia, indican algún cambio del sistema en el que se encuentran, está directamente relacionada con la valoración de la saprobiedad y la calidad del agua, el uso de bioindicadores disminuye la toma excesiva de parámetros fisicoquímicos (Pinilla, 2000).

Los bioindicadores fitoplanctónicos logran almacenar información acerca de los cambios intermitentes del cuerpo de agua, mientras que las variables fisicoquímicas no lo hacen, ofrecen información inmediata y no histórica. Además, los indicadores biológicos presentan las condiciones del sistema acuático de una manera rápida, fiable y relativamente barata de registrar, manifestando la presencia de nuevos contaminantes y dan una medida directa del impacto ecológico (Pinilla, 2000; Bellinger y Sigeo, 2010).

El fitoplancton como bioindicador tiene gran relevancia a nivel universal, se presenta de manera diferente en los diversos sistemas acuáticos. Su presencia o ausencia dependen de las condiciones climáticas, geológicas e hidrológicas del lugar (Espino *et al.*, 2000, citado por Ramírez, 2010), ya que logran determinar los cambios en la tasa de renovación de los ecosistemas lenticos (Vicente *et al.*, 2005).

El potencial de estos organismos para actuar como monitores ambientales o bioindicadores que responden de una manera predecible al cambio ambiental se noto por primera vez por Kolenati (1848) y Cohn (1853), quienes observaron y estudiaron que la biota en aguas contaminadas era diferente a la de aguas no contaminadas (citado por Liebmann, 1962).

### **2.3.1 Saprobiidad y lagos según estado trófico**

La saprobiidad del agua es un término referente a la concentración de materia orgánica en aguas dulces, ya sean tóxicas o producidas por procesos naturales, tanto solubles como particuladas (Fernández y Fernández, 1990). Es la suma total de todos los procesos metabólicos que son la antítesis de la producción primaria. En combinación con el componente biogénico y el oxígeno (Sládeček, 1973, citado por Roldán, 1992).

Pinilla, G. A. (2000) en su libro “Indicadores Biológicos en ecosistemas Acuáticos Continentales de Colombia” demuestra que es necesario e indispensable utilizar estos índices Shannon-Weaver, OPI, Plantle-Buck y Palmer que valoran la respuesta de la comunidad a los contaminantes.

Roldán, G. (1992) en su libro “Fundamentos de Limnología Neotropical” presenta diferentes índices que se han desarrollado para evaluar la saprobiidad desde el punto de vista de la contaminación o valoración en estado natural de lagos, lagunas, ríos y fuentes de aguas; índice Shannon-Weaver, índice OPI, índice de Plantle-Buck y índice de Palmer.

El estado oligotrófico corresponde a una baja producción en biomasa de fitoplancton, escasa concentración de nutrientes y alta transparencia del agua; el estado eutrófico posee una alta productividad en biomasa de fitoplancton (alga), alta concentración de nutrientes y poca transparencia del agua (Zhen-Gang, 2008). Como una condición intermedia se encuentra el estado mesotrófico, con mediana concentración de nutrientes que beneficia un mayor desarrollo de los organismos acuáticos (Roldán, 1992).

Pinilla, G. A. (2000) en su libro “Indicadores Biológicos en ecosistemas Acuáticos Continentales de Colombia” recopila investigaciones ejecutadas en Colombia desde 1984 hasta 1998; realizadas por Ramirez (1986a), Salazar y Diez (1987), Donato et al (1987), Donato (1987), Coesel et al (1988), Márquez y Guillot (1988), Vega et

al (1988), Donato (1991b), Coesel (1992), Duque y Donato (1992), Ramirez (1992), Duque y Donato (1993), Pinilla (1995), Pino (1995), Vargas (1996), Canosa y Pinilla (1998), en Clorofíceas, Euglenofitas, Dinofíceas y Bacillariofíceas; donde el género *Cosmarium* en general es bioindicador de aguas pocos profundas, pH con tendencia a la acidez, posible presencia de materia orgánica, carencia de Ca y Mg, baja mineralización (baja conductividad), principalmente de oligotrofia; el género *Staurastrum* es bioindicador de períodos lluviosos, oligotrofia fría, oligotrofia calida, mesotrofia, eutrofia, pH con tendencia a la acidez, presencia de materia orgánica; el género *Dictyosphaerium* es bioindicador de eutrofia, alto contenido de Ca, aguas blandas y relación N/P alta; el género *Oocystis* es resistente a pesticidas, encontrándose en ecosistemas oligotrofos; el género es bioindicador mesotrofia, eutrofia y es resistente a pesticidas; el género *Scenedesmus* es resistente a pesticidas y bioindicador de aguas con sedimentos, alta conductividad; *Sphaerocystis* es bioindicador de eutrofia; el género *Phacus* en general es resistente a derrames de petróleo, bioindicador de meso a oligotrofia, alto contenido de materia orgánica, estratificación, abundancia de N; el género *Cyclotella* es bioindicador pH neutro o ligeramente ácido, bajas concentraciones de Ca, sucesión planctónica, N/P alta, principalmente de oligo a mesotrofia; el género *Fragilaria* es bioindicador de mesotrofia.

### **2.3.2 Parámetros físico-químicos**

Las propiedades físicas o químicas del agua varían debido a los ciclos estacionales naturales y presiones antrópicas con sus diversas fluctuaciones diarias en su entorno, mismas que determinan la comunidad planctónica (Suthers, Bowling, Kobayashi y Rissik, 2009).

Turbidez (profundidad secchi) es la capacidad del agua para transmitir la luz, cuando existen características de absorción tanto del agua como de la materia disuelta y particulada que reduce la transparencia del agua en menor o mayor grado. Se la determina mediante la medición del disco secchi (Wetzel, 1981; CEPIS/OPS, 2004).



El oxígeno disuelto (OD) es el parámetro más importante, aparte del agua ya que es esencial para el metabolismo de los organismos acuáticos que presentan respiración de tipo aerobio. La distribución de oxígeno y sus propiedades de solubilidad de varios nutrientes inorgánicos, son fundamentales para comprender el crecimiento fisiológico de los organismos (Wetzel, 1981).

La temperatura es determinada por la cantidad de energía calórica que es absorbida por un cuerpo de agua y esta influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Varios elementos, principalmente ambientales pueden hacer que la temperatura varíe continuamente (Roldán, 1992; CEPIS/OPS, 2004).

El potencial hidrógeno (pH) Es un parámetro que revela el grado de acidez o basicidad del agua, de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática. Por lo general los lagos de altas montañas exhiben valores de pH en el rango de 6,5 a 7,5 dependiendo de su estado de eutroficación (Roldán, 1992; CEPIS/OPS, 2004).

La Conductividad ( $\Lambda_o$ ) es la capacidad que tiene el agua de conducir la corriente eléctrica gracias a sus sustancias disueltas en ella, expresándose el resultado en ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ). Siendo una medida indirecta de la cantidad de sólidos disueltos y relacionados por la fórmula:  $\text{SD (mg/L)} = 0,8 * \Lambda_o (\mu\text{S cm}^{-1})$  (Azanar, 2000).

Amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) se determinan mediante espectrofotometría y son indicadores de contaminación, el amoníaco es un compuesto formado en la etapa de biodegradación de compuestos orgánicos nitrogenados (aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, etc). La formación de los nitritos y posteriormente de estos en nitratos se dan por la oxidación aeróbica de los compuestos amoniacales y órgano nitrogenados) (Azanar, 2000).

El fósforo total es la relación entre fósforo y nitrógeno siendo los nutrientes esenciales de todos los seres vivos, de forma que contenidos altos en masas de aguas pueden producir un desarrollo incontrolado de biomasa acuática (eutrofización), su determinación se realiza por espectrofotometría (Azanar, 2000).

## **2.6 Marco legal**

Se hace referencia a los cuerpos legales que sustenta la investigación, enmarcados en los artículos de la Constitución de la República del Ecuador y en los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir.

### **2.6.1 Constitución Nacional de la República del Ecuador**

Es el instrumento legal y principal dentro de la política ecuatoriana en relación al gobierno con la ciudadanía sobre los recursos naturales.

Título II, (Derechos), Capítulo segundo (Derechos del buen vivir), Sección segunda (Ambiente sano).

Artículo 14: Se reconoce el derecho de vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y recuperación de los espacios degradados.

Título II, (Derechos), Capítulo segundo (Derechos del buen vivir).

Artículo 71: La naturaleza o *Pacha Mama*, donde se reproduce y realiza la vida tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

73: El estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Título VII, (Régimen del buen vivir), Capítulo segundo (Biodiversidad y recursos naturales), Sección tercera (patrimonio natural y ecosistemas).

Artículo 406: El estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros.

## **2.6.2 Plan Nacional del Buen Vivir**

Sección: Derechos, libertades, y capacidades para la construcción del Buen Vivir.

Objetivo 7: Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global.

7.6: Gestionar de manera sustentable y participativa el patrimonio hídrico, con enfoque de cuencas y caudales ecológicos para asegurar el derecho humano al agua.

7.8: Prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental en los procesos de extracción, producción, consumo y pos consumo.

Para el cumplimiento nos basamos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULSMA) es un instrumento jurídico donde se especifican las normativas y regulaciones ambientales para toda actividad.

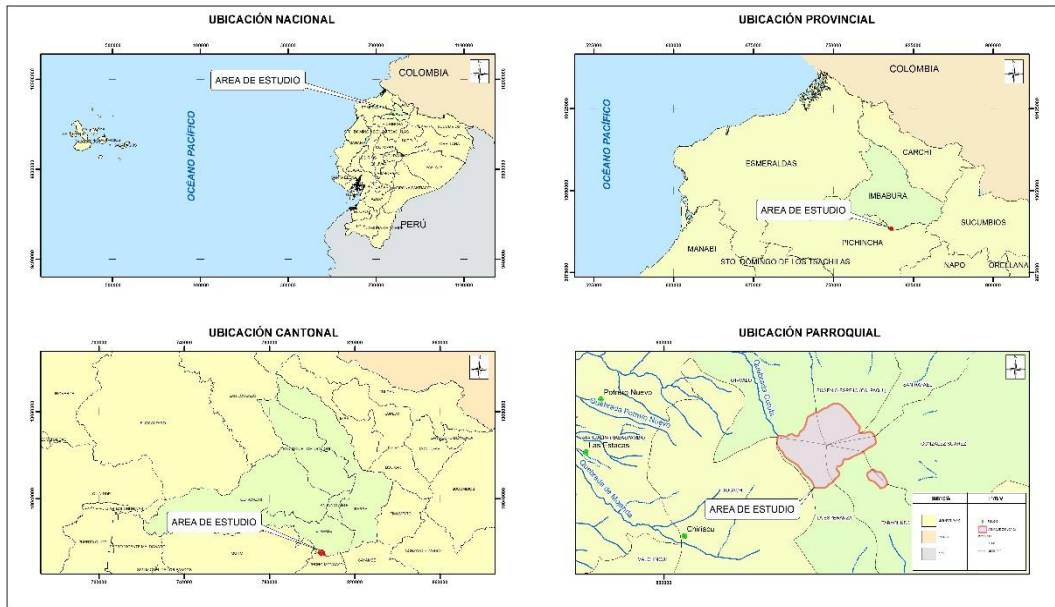
## **CAPÍTULO III**

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

En este capítulo se detalla las características generales del área de estudio, los materiales, equipos e insumos. Se describe la metodología manejada en la investigación, hasta la obtención de resultados de cada objetivo específico.

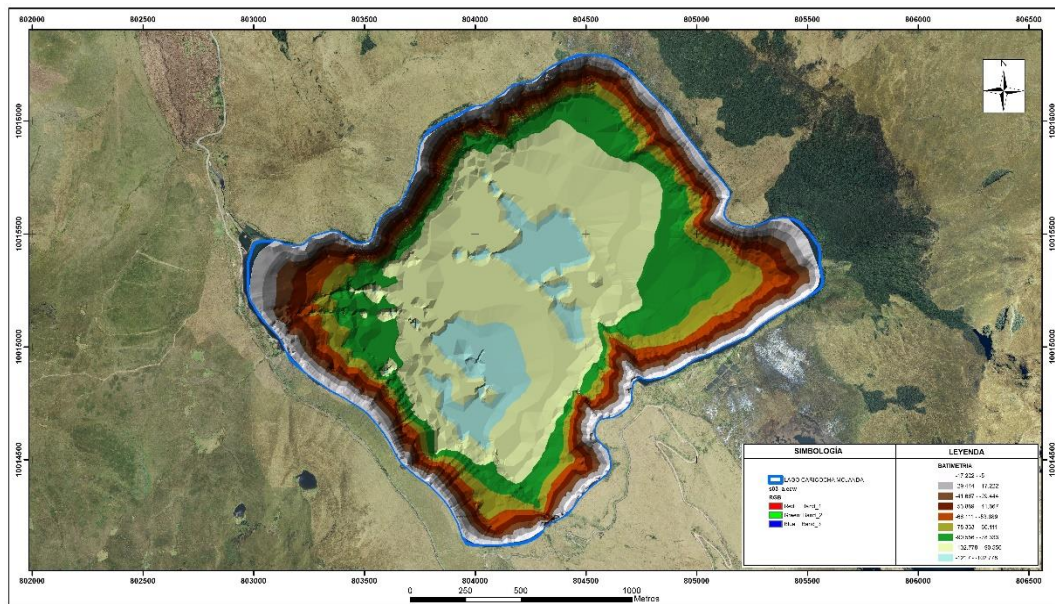
#### **3.1 Caracterización del área de estudio**

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 3.1.); 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 3.1.** 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 218 034 116,5m<sup>3</sup> y con una profundidad máxima de 121,7m (figura 3.2.), donde la zona limnética y profunda son más extensas que la zona litoral, (Andrade, 2016).



**Figura 3.2.** Mapa batimétrico del lago Caricocha (*Mojanda*).

### 3.2. Recursos Materiales

Los recursos materiales utilizados en la investigación se los cataloga como materiales, equipos e insumos (tabla 3.1.).

**Tabla 3.1.** Lista de materiales, equipos e insumos

Materiales	Equipos	Insumos
Cartas topográficas digitales del IGM a escala 1:50000	GPS Garmin 62sc	Formaldehído al 37%
Pesa de 1kg	Disco secchi	Agua destilada
Frascos ámbar de 500ml	Red de nyal para captura de fitoplancton de 20 micras	Baterías para GPS y Cámara fotográfica
Frascos ámbar de 250ml	Botella de Van-Dorf	Guantes de látex
Frascos ámbar de 50ml	Sensor sumergible	Tóner
Frascos falcon de 50ml	multímetro YSI	Resma de papel
Baldes herméticos de 20l	Sonda portátil de profundidad marca HONDEX TS-7	Etiquetas Adhesivas
Fichas de campo	Espectrofotómetro MERK nova 60	
Mandil	Microscopio marca LEICA Tipo DM750	
Cuerda de nylon de 200m	Cámara sedwick-Rafter	
Gradilla de tubos de ensayo	Cámara fotográfica	
Tubos de ensayo	Laptop	
Cubetas de vidrio de 10mm	Bote inflable ZODIAC	
Mascarilla	Motor eléctrico	
Micro pipeta		
Gafas de protección		
Culer		
Embudo		

### 3.3 Métodos

Esta sección detalla los procedimientos y técnicas selectas de acuerdo a las características del tema de investigación, el problema, los objetivos y la pregunta directriz.

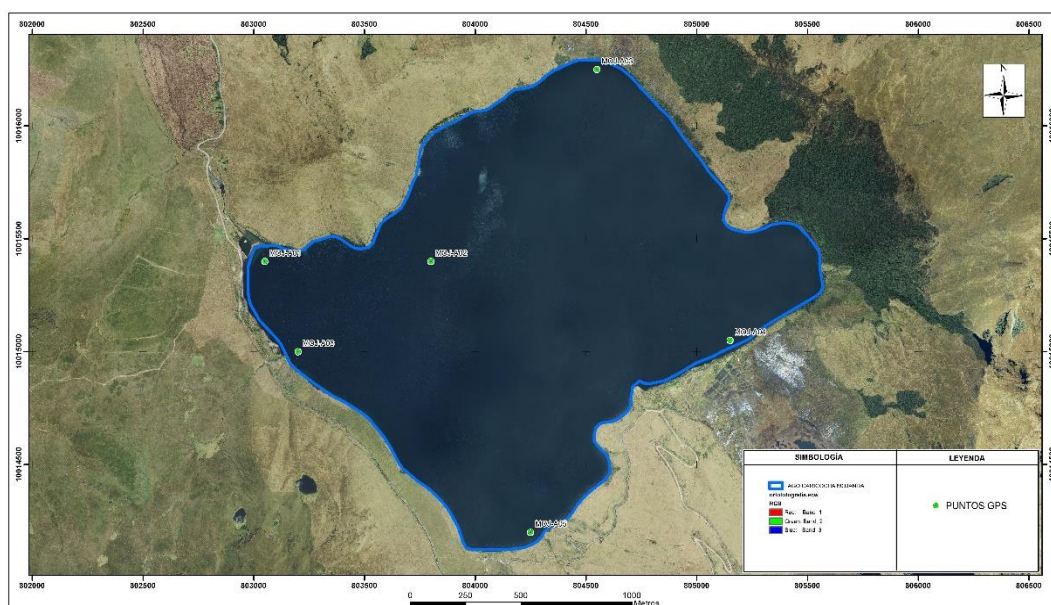
#### 3.3.1. Selección de puntos estratégicos de muestreo

En la investigación realizada se tomó como guía el trabajo de Mandonx (2014) y protocolo de monitoreo Mojanda VLIR-UOS, para la ubicación de los sitios de muestreo (tabla 3.2.)

**Tabla 3.2.** Puntos estratégicos de muestreo

Coordenadas UTM WGS84 Zona 17 sur				
Punto	Longitud	Latitud	Altitud	Nombre
MOJ-A01	803050	10015400	3735	Salida
MOJ-A02	803800	10015400	3735	Punto más profundo
MOJ-A03	804550	10016250	3735	Entrada4
MOJ-A04	805150	10015050	3735	Entrada3
MOJ-A05	804250	10014200	3735	Entrada2
MOJ-A06	803200	10015000	3735	Entrada1

Para la selección de los seis puntos de muestreo ubicados dentro del cuerpo de agua (figura 3.3.) del lago Caricocha (*Mojanda*); se validaron a nivel cartográfico y de campo en base a las directrices que sugiere la Confederación Hidrológica del Ebro (2005), sobre los afluentes de entradas, salidas de agua y zona limnética; que permitió obtener un análisis representativo de la cubeta del lago (DGCRH, 2010).

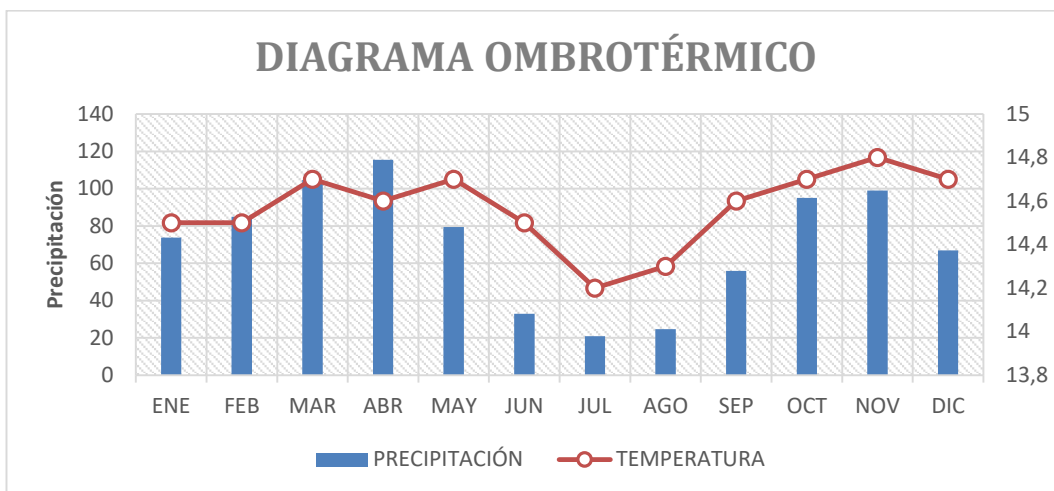


**Figura 3.3.** Mapa de los puntos de muestreo del Lago Caricocha (*Mojanda*).

### 3.3.2. Muestreo *in-situ*

El muestreo se realizó durante la época de máxima precipitación (abril con 118,9mm de precipitación) y estiaje (julio con 21,2mm) considerando los dos factores climáticos del diagrama ombrotérmico (figura 3.4.) de la estación meteorológica Otavalo, se determinó una temperatura promedio anual de 14,6°C y

una precipitación promedio anual de 853,2mm con un comportamiento de precipitación bimodal (enero a junio y septiembre a diciembre), los meses secos se muestran en julio y agosto (GAD OTAVALO, 2011).



**Figura 3.4.** Diagrama Ombrotérmico de la estación meteorológica Otavalo

**Fuente:** Gobierno Autónomo Descentralizado de Otavalo. Actualización del Plan de Desarrollo y Formulación del Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Otavalo (2011).

El muestreo se realizó en todos los puntos identificados en el lago, se determinó el límite de la zona fótica y afótica empleando el disco secchi (figura 3.5.) con su respectiva formula (1) (Roldán, 1992).



**Figura 3.5.** Disco secchi, forma y hora de hacer las mediciones.

$$Z_{SD} = 2,7 * SD \quad (1)$$



Donde,

2,7 = constante de Pool y Atkins

SD = profundidad secchi

Se procedió a tomar los parámetros físicos con el sensor sumergible multímetro YSI (potencial de hidrogeno, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto), para captura de fitoplancton se utilizó la red de nyal de 24 micras por arrastre vertical, cada muestra de 100ml fue recolectada en una botella ámbar de 150 ml, almacenándola en la oscuridad, a temperatura ambiente, para su fijación se utilizó 4% de formaldehido hasta el análisis en el microscopio (Ramírez, 2000).

Adicionalmente se tomó una muestra de 500 ml de cada punto con la botella de Van-Dorf, y se la colocó en cada envase con su respectiva etiqueta y estas fueron guardadas en un cooler, certificando la precisión de los resultados tomando en cuenta la preservación y tiempo hasta la entrega al laboratorio (tabla 3.3.).

**Tabla 3.3** Preservación y almacenamiento de muestras líquidas.

Parámetro por estudiar	Tipo de recipientes	Técnica de preservación	Tiempo máximo de preservación recomendado antes del análisis
Temperatura	P,V		De inmediato
pH	P,V		Analice de inmediato
Amonio	P	Congelar 20°C	7 días
Nitrito	P	Congelar 20°C	2 días
Nitrato	P	Congelar 20°C	48 horas
Fósforo total	P,V	Adicionar H2SO <sub>4</sub> a pH 2 y refrigerar	28 días
Oxígeno disuelto	V, botellas DBO	Titulación puede ser demorada después de acidificación	8 horas

**Fuente:** José Vives. Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos (aguas, sedimentos y organismos) (2003) ,19.

También se analizaron los parámetros químicos, nitrito, nitrato, amoniaco y fósforo total (tabla 3.4.), con base a ponderaciones tróficas (Roldán, 2008; Vives, 2003; Vicente *et al.*, 2005).

**Tabla 3.4** Concentración de parámetros químicos en relación al estado trófico de los lagos.

Estado trófico	Amoniaco (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Fósforo total (mg/l)
Oligotrófico	0,0 - 0,3	0,0 - 1,0	0,0 - 0,5	< 0.01
Mesotrófico	0,3 - 2,0	1,0 - 5,0	0,5 - 5,0	0.01 – 0.02
Eutrófico	2,0 - 15,0	5,0 - 50,0	5,0 - 15,0	0.02 – 1.00

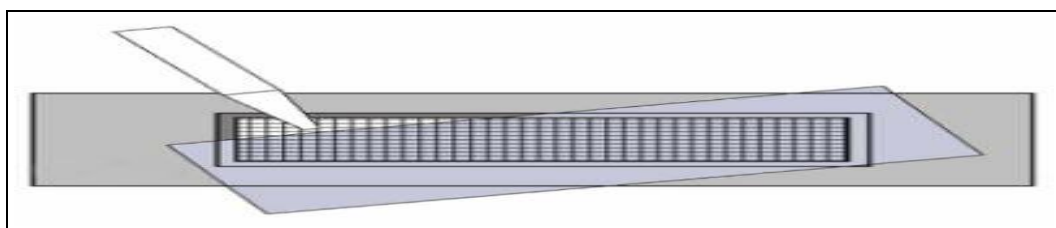
Fuente: Roldán y Ramírez (2008)

### 3.3.3. Análisis (Laboratorio)

Una vez transportadas las muestras al laboratorio de limnología se procedió a realizar la caracterización del fitoplancton con la ayuda de un microscopio LEICA tipo DM750 y claves dicotómicas especializadas (Streble y Krauter, 2005).

Se utilizó una sub muestra concentrada, para esto se aplicó la metodología de sedimentación (decantación) por 24 horas, para cada una de las muestras, se procedió a retirar un volumen de 10 ml diarios con la micro pipeta de 5ml, hasta obtener la sub muestra de 50 ml (Utermöhl, 1958).

Para la cuantificación y determinación de abundancia del fitoplancton se homogenizó la sub muestra obtenida, ayudados de una micro pipeta, se tomó 1 ml y colocó en la cámara Sedgewick-rafter, para evitar el movimiento de la muestra se usó una gota de glicerina cubriendo la misma con el cubre objeto, dejando reposar durante 15 minutos (figura 3.6.), con el microscopio óptico LEICA Tipo DM750 se realizó 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 y Apolo, 2012; Streble y Krauter, 2005).



**Figura 3.6** Método de conteo de cámara Sedgewick – Rafter para el análisis cuantitativo del fitoplancton.

Para el análisis de saprobiedad se utilizó los siguientes índices:

### Índice Shannon-Weaver

Se calculó la diversidad de los puntos muestreo para determinar la clasificación de contaminación con la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i \quad (2)$$

Donde S es la riqueza de la especie o número de especie, Pi es la porción de la muestra total; H siempre arroja valores que van desde 0.0-1.5 agua muy contaminada, 1.5-3.0 agua medianamente contaminada, 3.0-5.0 agua muy limpia (Roldán, 1992).

### Índice Polución Orgánica (O.P.I)

Según Palmer (1979), para el cálculo este índice, considera 20 de las algas más tolerantes, las cuales deben tener una densidad mayor a 50 individuos por ml para ser consideradas y se suma los registros de algas presentes, expresado como:

$$OPI = \sum_{i=1}^{20} \text{Valor del índice para cada género} \quad (3)$$

Se consideró valores para cada género de algas por Palmer (1979) (tabla 3.5).

**Tabla 3.5** Valores del índice OPI para géneros de fitoplancton

GÉNERO	(O.P.I)
Euglena y Oscillatoria	5
Chlamydomonas y Scenedesmus	4
Chlorella, Navicula y Nitzschia	3
Ankistrodesmus, Phacus, Stigeoclonium y Synedra	2
Anacystis, Closterium, Cyclotella, Gomphonema, Leponciclis, Melosira, Micractinium, Pandorina Y Phormidium	1

**Fuente:** Palmer (1979).

Para la interpretación de resultados según Ramírez (2000) (tabla 3.6).

**Tabla 3.6** Ponderación de índice de polución orgánica (O.P.I)

VALORES	CARACTERÍSTICAS
Mayor o igual a 20	Alta polución orgánica
15-19	Polución orgánica intermedia
Menor que 15	Baja contaminación orgánica

Fuente: Ramírez (2000).

### Índice de Pantle-Buck

A este índice se le adicionó el concepto de abundancia relativa de los organismos de la muestra y se estableció el grado sapróbico de cada especie según las listas de Liebmann (1962) citado por Bick (1963) (tabla 3.7).

**Tabla 3.7** Lista de géneros fitoplanctónicos y su grado de saprobiedad

GÉNERO	Oligosapróbico	Beta-mesapróbico	Alfa-mesopróbico	Polisapróbico
Oscillatoria	X			
Closterium			X	
Cyclotella		X		
Euglena				X
Melosira		X		
Mycrocistis				
Navicula			X	
Nitzchia		X		
Scenedesmus		X		
Pediastrum		X		
Staurastrum			X	

Fuente: Bick (1963).

Sus valores son ponderados según la agrupación (tabla 3.8).

**Tabla 3.8** Sistema Sapróbico de Pantle – Buck

VALOR (S)	
Oligosapróbico	1
Beta-mesosapróbico	2
Alfa-mesosapróbico	3
Polisapróbico	4

Fuente: Pantle y Buck (1955).

Para su relación a porcentajes obtenidos se verifica (tabla 3.9).

**Tabla 3.9** Abundancia en relación a porcentajes de índice de (PANTLE- BUCK)

	VALOR H	RELACIÓN A PORCENTAJES
Ocasional	1	0-33,33%
Frecuente	2	33,34-66.66%
Muy frecuente	3	66,67-100%

Fuente: Pantle y Buck (1955).

Para el cálculo se utilizó la fórmula que Pantle y Buck modificó:

$$s = \frac{\sum s * h}{\sum h} \quad (4)$$

Donde,

s = Valor saprobico de Lista de Liebmann (1962)

h = Abundancia de cada género

Los valores se interpretarán de la siguiente manera (tabla 3.10):

**Tabla 3.10** Valores de Saprobiedad según Pantle-Buck

VALOR	NIVEL DE SAPROBIOS	CARACTERÍSTICAS
1.0 – 1.5	Oligosaprobico	Ausencia de contaminación orgánica
1.5 – 2.5	β- mesosaprobico	Contaminación orgánica débil
2.5 – 3.5	α- mesosaprobico	Contaminación orgánica fuerte
3.5 – 4.0	Polisaprobico	Contaminación orgánica muy fuerte

Fuente: Bick (1963).

### Índice de Palmer

Se fundamentó en el índice propuesto por Pantle y Buck, el índice de polución orgánica se basa en la presencia de varios géneros de algas. Existe presencia si tiene más de 50 organismos/ml.

**FÓRMULA:**

$$s = \frac{\sum s * h * g}{\sum h} \quad (5)$$

Donde,

s = Valor saptróbico de Lista de Liebmann (1962)

h = Abundancia de cada genero

g = Valores para cada género de algas

Para designar los valores de abundancia, se verifica (tabla 3.11).

**Tabla 3.11** Ponderación según Palmer

ABUNDANCIA RELATIVA	VALOR H	RELACIÓN A PORCENTAJES
Raro	1	0-33,33%
Frecuente	2	33,34-66.66%
Abundante	3	66,67-100%

Fuente: Pinilla (2000).

Se considera para la formula los valores g (tabla 3.12).

**Tabla 3.12** Valores del índice Palmer para géneros de fitoplancton

GÉNERO	Valor (g)
Euglena y Oscillatoria	5
Chlamydomonas y Scenedesmus	4
Chlorella, Navicula y Nitzschia	3
Ankistrodesmus, Phacus, Stigeoclonium y Synedra	2
Anacystis, Closterium, Cyclotella, Gomphonema, Leponciclis, Melosira, Micractinium, Pandorina Y Phormidium	1

Fuente: Pinilla (2000).

Los valores que se obtengan se interpretaron (tabla 3.13).

**Tabla 3.13** Características según Palmer

VALORES	NIVEL	CARACTERÍSTICAS
1-1,25	Oligo-saptróbico	No cargado a levemente cargado
1,5	Entre oligo-saptróbico y $\beta$ mesosaptróbico	Contaminación orgánica leve
1,75-2,25	$\beta$ mesosaptróbico	Contaminación orgánica moderada
2,5	Entre $\beta$ y $\alpha$ mesosaptróbico	Contaminación orgánica crítica
2,75-3,25	$\alpha$ mesosaptróbico	Fuerte contaminación orgánica
3,75-4,25	Polysaptróbico	Excesiva contaminación orgánica

Fuente: Arias y Knoop (2012).

Una vez aplicado los índices y cuantificado el fitoplancton, los géneros con densidad mayor a 50 individuos por 1 ml son considerados bioindicadores, para su

selección se utilizaron las 20 algas más tolerantes, las cuales se derivó de los registros obtenidos (Palmer, 1979).

### 3.3.4. Guía ilustrada de fitoplancton del lago Caricocha (Mojanda)

Para la elaboración de la guía ilustrada de fitoplancton, se organizó la información obtenida a lo largo de la investigación, la cual permita a los interesados muestrear, identificar, contabilizar el fitoplancton de una manera rápida y didáctica con sus respectivos índices de saprobiedad; presentándose fotos y datos concretos de cada género basados en las referencias bibliográficas Chodat, 1895; Dujardin, 1841; Ehrenberg, 1834; Hassall, 1845; Mayen, 1829; Morren, 1830, el texto de cada ficha contiene:

**Nombre científico:** Nombre técnico con el cual es conocida la especie en el medio científico, en base a las principales reseñas bibliográficas de referencia.

**División:** Agrupación vegetal en el que se encuentra el fitoplancton.

**Clase:** Grupo que comprende varios ordenes vegetales.

**Orden:** Categoría taxonómica entre clase y familia.

**Familia:** Agrupación jerárquica que divide a los organismos del orden en varios grupos con las mismas características.

**Género:** Característica general.

**Imagen:** Fotografía que acompaña a cada género.

**Descripción:** Se describe los principales caracteres y rasgos de morfología, longitudes estándar según el género, los cuales se utilizan como elementos identificativos.

**Hábitat:** Se relaciona el ecosistema en el que se puede encontrar o se desarrolla el género.

**Carácter indicador:**

Sin carácter indicador



Con carácter indicador



**Nivel de saprobiedad:** Contenido en nutrientes y oxígeno de las aguas donde se desarrolla el fitoplancton.

**Mapas:** Representación gráfica del lugar y puntos estratégicos de muestreo del lago Caricocha (*Mojanda*).

## CAPÍTULO IV

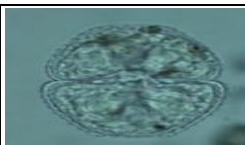

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este capítulo muestra los resultados obtenidos en base a la metodología y los objetivos propuestos en la investigación.

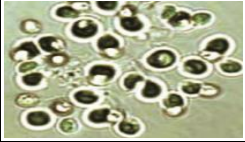

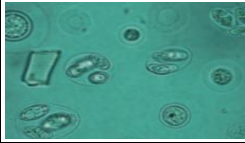

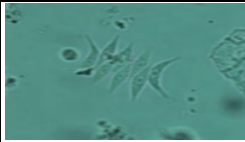
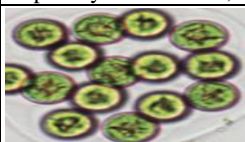
#### 4.1 Caracterización del fitoplancton

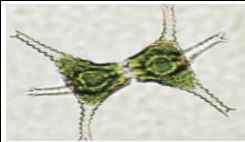
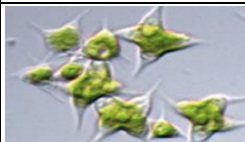




En el lago Caricocha (*Mojanda*) existe una gran diversidad y abundancia de algas, identificándose 21 géneros distribuidos en 17 familias, 14 órdenes, 10 clases y cuatro divisiones (Tabla 4.1); revalidando los registros existentes de Fitoplancton realizado por Mandonx (2014), donde se encontró cuatro divisiones: Clorophyta, Dinophyta, Euglenophyta y Heterokontophyta.

**Tabla 4.1** Taxonomía y descripción del fitoplancton identificado




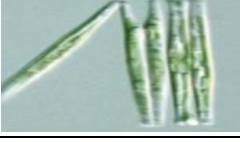

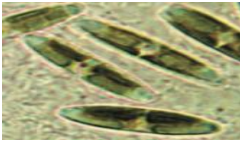
<b>CLOROPHYTA (CLOROPHYCEAE)</b>		División:	Clorophyta
		Clases:	Conjugatophyceae
		Orden:	Desmidiales
		Familia:	Desmidiaceae
		Género:	<i>Cosmarium</i>
	Descripción: Las células pueden ser diminutas (<1 µm) o relativamente grande (<200 µm), con una constricción poco profunda o profunda (istmo) y estas pueden ser redondeadas, semicirculares, reniformes, piramidales, cuadradas con pequeñas irregularidades; el margen puede tener ondulaciones. El núcleo esta invariablemente localizado en el istmo, la pared celular de muchas especies son lisas con poros dispersos, en otras especies se encuentra adornada con gránulos pequeños o grades; algunas especies tiene un cloroplasto en cada célula, pero otras varias (Ralfs, 1848).		
		División:	Clorophyta
		Clases:	Trebouxiophyceae
		Orden:	Chlorellales
		Familia:	Oocystaceae
	Género:	<i>Crucigeniella</i>	




<p>Descripción: Consiste en cuatro células (cuadradas y aplanadas), dispuestas en una cruz de manera que una brecha puede estar presente en el centro de la colonia; las colonias son solitarias o contiguas para formar cenobios múltiples de 8-16 células. Las células en la vista superficial son elipsoides a ovoides, triangulares o rectangulares, estas tienen un cloroplasto parietal, con o sin pirenoide de 5-10 µm (Morren, 1830).</p>		
	División:	Clorophyta
	Clases:	Trebouxiophyceae
	Orden:	Chlorellales
	Familia:	Clorellaceae
	Género:	<i>Dictyosphaerium</i>
<p>Descripción: Las células son esféricas a ampliamente ovaladas, en racimos de cuatro, unidas por fragmentos de pared celular que irradian de un centro común. A veces se puede discernir un sobre mucilaginoso claro indefinido; el cloroplasto es en forma de copa, parietal que cubre la mayor parte de la pared celular (Nägeli, 1849).</p>		
	División:	Clorophyta
	Clases:	Chlorophyceae
	Orden:	Sphaeropleales
	Familia:	Selenastraceae
	Género:	<i>Monoraphidium</i>
<p>Descripción Las células son simple (1-5 µm de ancho, 1-100 µm de largo) tienen un único cloroplasto, casi llenando la célula, rara vez se encuentran unidas en un extremo y más o menos en forma de huso, curvas, sigmoidales o torcidas en espiral. Sus extremos celulares son puntiagudos o curvos, la pared celular es delgada y lisa sin vaina de mucílago; el cloroplasto es simple parietal y no tiene pirenoide (John, Whitton y Brook, 2002).</p>		
	División:	Clorophyta
	Clases:	Trebouxiophyceae
	Orden:	Chlorellales
	Familia:	Oocystaceae
	Género:	<i>Oocystis</i>
<p>Descripción: Se lo divide en colonias de (2-16 células), las células son ovoides, elipsoides o de forma limosa, con polos redondeados (4-50 µm de largo), las células tienen de uno a varios cloroplastos parietales de forma variable con o sin pirenoide, en la pared celular pueden estar encerradas dos tres células parentales que se agranda de manera que parece una envoltura gelatinosa (Braun, 1855).</p>		
	División:	Clorophyta
	Clases:	Chlorophyceae
	Orden:	Sphaeropleales
	Familia:	Hydrodictyaceae
	Género:	<i>Pediastrum</i>
<p>Descripción: Colonia circular a veces irregularmente subcircular, con 16 o más células que tienden a estar en anillos concéntricos; cada anillo tiene un número definido de células, las células periféricas poseen cerdas o algo semejante a cuernos no encontradas en las células interiores (poliédricas), paredes celulares lisas, finamente reticuladas o altamente granuladas con decoraciones diversas; cloroplasto único, parietal, con un pirenoide (Mayen, 1829).</p>		
	División:	Clorophyta
	Clases:	Chlorophyceae
	Orden:	Sphaeropleales
	Familia:	Scenedesmaceae
	Género:	<i>Scenedesmus</i>
<p>Descripción: Sus colonia es 2-4-8-16- (32) células, aplanadas, con ejes largos de celdas paralelas, lateralmente contiguas, dispuestas en series lineales o alternas con celdas elipsoidales, ovales o en forma de media luna o estrechándose hacia cada extremo; espinas ausentes, cloroplasto parietal, generalmente con un pirenoide. El tamaño de la célula varía mucho de una especie a otra, algunas tienen ornamentaciones, espinas y otras crestas; es abundante en aguas ricas en nutrientes (Mayen, 1829).</p>		
	División:	Clorophyta
	Clases:	Chlorophyceae
	Orden:	Chlamydomonadales
	Familia:	Sphaerocystidaceae
	Género:	<i>Sphaerocystis</i>

	<p>Descripción: Células de 7-20 <math>\mu\text{m}</math> de ancho de colonia esférica, constituido por 4-32-(64) células esféricas dispersas a lo largo del mucílago colonial; células con paredes celulares lisas, cloroplasto único parietal en forma de copa, volviéndose masivo en las células más viejas y hay un pirenoide; se lo localiza en zanjas, estanques y lagos (Chodat, 1897).</p>										
	<table border="1"> <tr><td>División:</td><td>Clorophyta</td></tr> <tr><td>Clases:</td><td>Conjugatophyceae</td></tr> <tr><td>Orden:</td><td>Desmidiiales</td></tr> <tr><td>Familia:</td><td>Desmidiaceae</td></tr> <tr><td>Género:</td><td><i>Staurastrum</i></td></tr> </table>	División:	Clorophyta	Clases:	Conjugatophyceae	Orden:	Desmidiiales	Familia:	Desmidiaceae	Género:	<i>Staurastrum</i>
División:	Clorophyta										
Clases:	Conjugatophyceae										
Orden:	Desmidiiales										
Familia:	Desmidiaceae										
Género:	<i>Staurastrum</i>										
	<p>Descripción: Las células pueden ser diminutas (&lt;1 <math>\mu\text{m}</math>) o relativamente grande (&lt;200 <math>\mu\text{m}</math>), con una constricción poco profunda o profunda (istmo) y estas pueden ser redondeadas, semicirculares, reniformes, piramidales, cuadradas; el margen puede tener ondulaciones. El núcleo esta invariablemente localizado en el istmo, la pared celular de muchas especies son lisas con poros dispersos, en otras especies se encuentra adornada con gránulos pequeños o grades; algunas especies tiene un cloroplasto en cada célula, pero otras varias. Es común en ambientes ácidos, lagos oligotróficos, estanques (Ralfs, 1848).</p>										
	<table border="1"> <tr><td>División:</td><td>Clorophyta</td></tr> <tr><td>Clases:</td><td>Chlorophyceae</td></tr> <tr><td>Orden:</td><td>Sphaeropleales</td></tr> <tr><td>Familia:</td><td>Hydrodictyceae</td></tr> <tr><td>Género:</td><td><i>Tetraedron</i></td></tr> </table>	División:	Clorophyta	Clases:	Chlorophyceae	Orden:	Sphaeropleales	Familia:	Hydrodictyceae	Género:	<i>Tetraedron</i>
División:	Clorophyta										
Clases:	Chlorophyceae										
Orden:	Sphaeropleales										
Familia:	Hydrodictyceae										
Género:	<i>Tetraedron</i>										
	<p>Descripción: Consiste en cuatro células (cuadradas y aplanadas), dispuestas en una cruz de manera que una brecha puede estar presente en el centro de la colonia; las colonias son solitarias o contiguas para formar cenobios múltiples de 8-16 células. Las células en la vista superficial son elipsoides a ovoides, triangulares o rectangulares, estas tiene un cloroplasto parietal, con o sin pirenoide de 5-10 <math>\mu\text{m}</math> (Morren, 1830).</p>										
	<table border="1"> <tr><td>División:</td><td>Clorophyta</td></tr> <tr><td>Clases:</td><td>Chlorophyceae</td></tr> <tr><td>Orden:</td><td>Sphaeropleales</td></tr> <tr><td>Familia:</td><td>Scenedesmaceae</td></tr> <tr><td>Género:</td><td><i>Tetrastrum</i></td></tr> </table>	División:	Clorophyta	Clases:	Chlorophyceae	Orden:	Sphaeropleales	Familia:	Scenedesmaceae	Género:	<i>Tetrastrum</i>
División:	Clorophyta										
Clases:	Chlorophyceae										
Orden:	Sphaeropleales										
Familia:	Scenedesmaceae										
Género:	<i>Tetrastrum</i>										
	<p>Descripción: Las células son esféricas a ampliamente ovaladas, en racimos de cuatro, unidas por fragmentos de pared celular q irradian de un centro común. A veces se puede discernir un sobre mucilaginoso claro indefinido; el cloroplasto es en forma de copa, parietal que cubre la mayor parte de la pared celular (Nägeli, 1849).</p>										
DINOPHYTA (DINOPHYCEAE)	 <table border="1"> <tr><td>División:</td><td>Dinophyta</td></tr> <tr><td>Clases:</td><td>Dinophyceae</td></tr> <tr><td>Orden:</td><td>Gonyaulacales</td></tr> <tr><td>Familia:</td><td>Ceratiaceae</td></tr> <tr><td>Género:</td><td><i>Ceratium</i></td></tr> </table>	División:	Dinophyta	Clases:	Dinophyceae	Orden:	Gonyaulacales	Familia:	Ceratiaceae	Género:	<i>Ceratium</i>
	División:	Dinophyta									
	Clases:	Dinophyceae									
Orden:	Gonyaulacales										
Familia:	Ceratiaceae										
Género:	<i>Ceratium</i>										
	<p>Descripción: Género con uno o dos cuernos formados a partir de placas postcelulares, con un cuerno apical que pueden tener un poro apical y un antapical, placas fuertemente adornadas, mixotrófico, de color amarillo pálido a dorado, sin ojos (Bellinger y Sigeo, 2015).</p>										
	<table border="1"> <tr><td>División:</td><td>Dinophyta</td></tr> <tr><td>Clases:</td><td>Gymnodiniales</td></tr> <tr><td>Orden:</td><td>Dinophyceae</td></tr> <tr><td>Familia:</td><td>Gymnodiniaceae</td></tr> <tr><td>Género:</td><td><i>Gymnodinium</i></td></tr> </table>	División:	Dinophyta	Clases:	Gymnodiniales	Orden:	Dinophyceae	Familia:	Gymnodiniaceae	Género:	<i>Gymnodinium</i>
División:	Dinophyta										
Clases:	Gymnodiniales										
Orden:	Dinophyceae										
Familia:	Gymnodiniaceae										
Género:	<i>Gymnodinium</i>										
	<p>Descripción: Pequeños a grandes (aproximadamente 5-200 <math>\mu\text{m}</math>) unicelulares atecate flageladas de varias formas, algunas forman colonias de cadena larga otras encerradas en quistes hialinos temporales, cloroplastos presentes o ausentes, células aproximadamente ovales pero a veces aplastados dorsiventralmente (Bellinger y Sigeo, 2010).</p>										
EUGLENOPHYTA (EUGLENOPHYCEAE)	 <table border="1"> <tr><td>División:</td><td>Euglenophyta</td></tr> <tr><td>Clases:</td><td>Euglenophyceae</td></tr> <tr><td>Orden:</td><td>Euglenales</td></tr> <tr><td>Familia:</td><td>Phacaceae</td></tr> <tr><td>Género:</td><td><i>Phacus</i></td></tr> </table>	División:	Euglenophyta	Clases:	Euglenophyceae	Orden:	Euglenales	Familia:	Phacaceae	Género:	<i>Phacus</i>
	División:	Euglenophyta									
Clases:	Euglenophyceae										
Orden:	Euglenales										
Familia:	Phacaceae										
Género:	<i>Phacus</i>										
	<p>Descripción: Las células son solitarias y la célula rígida (sin metabolismo), ovoide a fusiforme en su mayoría retorcida y muy comprimida (siendo parecido a una lámina o hoja), con un caudal reto o ligeramente doblado de longitud variable de pendiente de la especie; las células pueden ser tan comprimidas y transparentes, a menudo hay una brida lateral pronunciada</p>										

HETEROKONTOPHYTA (BACILLARIOPHYCEAE)

	llamada quilla, poseen cloroplastos discoidales sin pirenoide , mientras otros poseen grandes cloroplastos discoidales con pirenales; se encuentra en pantanos, zanjas, estanques y lagos (Dujardin,1841).		
	División:	Clorophyta	
	Clases:	Coscinodiscophyceae	
	Orden:	Aulacoseirales	
	Familia:	Aulacoseiraceae	
	Género:	<i>Aulacoseira</i>	
	Descripción: Células cilíndricas que suelen verse en la vista de la cintura, crecen en colonia lineales, unidas entre sí mediante una unión de espinas; debido a su crecimiento poseen mantos de válvulas circulares relativamente altos, si llevar a cabo cambios en la morfología del frustule; este mecanismo permite que algunas especies prosperen en lagos profundos durante la circulación invernal o durante el verano en cuerpos de agua lo suficientemente superficiales (Thwaites, 1848).		
		División:	Clorophyta
		Clases:	Bacillariophyceae
		Orden:	Cocconeidales
		Familia:	Cocconeidaceae
Género:		<i>Cocconeis</i>	
Descripción: Genero heterovalvar con flexión o curvatura, a lo largo del eje apical, las válvulas son elípticas o casi circulares, las estrías a menudo son uniseriadas; la valvula de rafe tiene una región diferenciada cerca del borde y un manto bien definido; las células son solitarias con capacidad de secuestrar el exceso de nutrientes de los cuerpos de aguas (Boyer, 1927).			
	División:	Clorophyta	
	Clases:	Mediophyceae	
	Orden:	Thalassiosirales	
	Familia:	Stephanodiscaceae	
	Género:	<i>Cyclotella</i>	
Descripción: Las células tiene forma de disco con válvulas de forma circular que tiene una superficie ligeramente ondulada sin espinas, pero en algunas especies existen pequeños túbulos que podías confundirse con espinas, el área central esta irregularmente punteada y distinta del área concéntrica, que está regularmente estriada, las células suelen ser solitarias pero pueden estar unida a hilos micilaginosos; existen varios cloroplastos discoides habitualmente dispuestos alrededor del margen celular (Brébisson, 1838).			
	División:	Clorophyta	
	Clases:	Fragilariophyceae	
	Orden:	Fragilariales	
	Familia:	Fragilariaceae	
	Género:	<i>Fragilaria</i>	
Descripción: Penachos o frustres alargados unidos por sus caras de válvulas para formar una cadena similar a una cinta llamada colonia, válvulas fusiforme ligeramentes hivhadas en el centro (gibosos) o con los extremos hinchados con superficies de válvulas con estrías finas (Lyngbye, 1819).			
	División:	Clorophyta	
	Clases:	Bacillariophyceae	
	Orden:	Naviculales	
	Familia:	Naviculaceae	
	Género:	<i>Navicula</i>	
Descripción: Las células suelen ser muy móviles (movimiento naviculoide), un cloroplasto en forma de H; los ápices celulares pueden ser redondeados, con dos cloroplastos en forma de placas presentes a ambos lados del eje apical a las válvulas simétricas; es un género muy amplio y común el cual no debe de sorprender de sus generalidades en cuanto a las preferencias ecológicas y la distribución geográfica; se localizan en lagos arroyos y ríos (Wehr y Sheath, 2003).			
	División:	Clorophyta	
	Clases:	Bacillariophyceae	
	Orden:	Bacillariaceae	
	Familia:	Bacillariaceae	
	Género:	<i>Nitzschia</i>	
Descripción: Género relativamente grande con cientos de especies de agua dulce y marinas, las válvulas son generalmente largas, rectas y estrechas, pero pueden ser ovoides o incluso			

	<p>ligeramente sigmoides, células solitarias, pero pueden formar colonias estrelladas o vivir en un tubo de mucílago.</p> <p>Normalmente las célula contiene dos plastidios orientados hacia cada polo de la célula; el sistema rafe en nitzschia es fibulado y esta normalmente sobre o cerca del margen de la superficie de la válvula, el rafe está cerca de los márgenes opuestos de las dos válvulas de un fruste (Hassall, 1845).</p>		
<b>HETEROKONTOPHYTA (CHRYSOPHYCEAE)</b>		División:	Clorophyta
		Clases:	Chrysophyceae
		Orden:	Chromulinales
		Familia:	Dinobryaceae
		Género:	<i>Dinobryon</i>
	<p>Descripción: Célula de vida libre, rodeada por una lorica, solitarias o unidas en colonias ramificadas; estos son ramificados o dendroides con cada nuevo lorica emergiendo del cuello abierto y atado por medio de un talle.</p> <p>Cada lorica contiene una célula biflagelada unida a la base de la lorica mediante un fino hilo citoplasmático, generalmente hay dos cloroplastos por célula con granulos de crisolaminarina en la base; la lorica puede ser clara o de color marrón, lisa o adornada y varía dependiendo de la especie (Ehrenberg, 1834).</p>		

Fuente: Roldán (1999).

La abundancia de fitoplancton en los puntos de muestreo osciló entre 7410 individuos como máximo en época de precipitación y 5690 individuos como mínimo en época de estiaje (figura 4.1); su presencia varió en relación a la concentración de nutrientes debido a que son factores que influyen en la calidad del agua según Mandonx (2014).

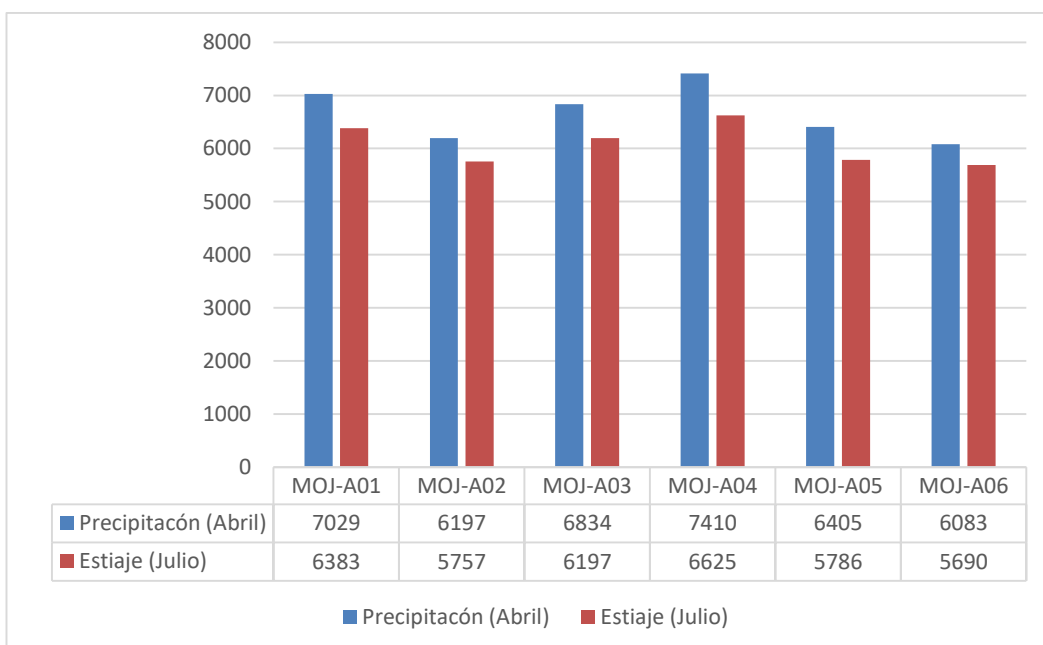


Figura 4.1 Histograma de abundancia fitoplanctónica.

#### 4.2 Saprobiidad del lago Caricocha (Mojanda), a partir del fitoplancton bioindicador

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 4.2.), 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**.

**Tabla 4.2** Saprobiidad del índice de Shannon-Weaver

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 4.3), coincidiendo con los datos obtenidos en el índice de Shannon-Weaver con una característica de **agua medianamente contaminada**.

**Tabla 4.3** Saprobiedad según OPI

PUNTOS	MESES DE MONITOREO	GÉNERO	N° de individuos	OPI	CARACTERÍSTICA
MOJ-A01	Abril	<i>Phacus</i>	1111	3	Baja contaminación orgánica
		<i>Cyclotella</i>	509		
	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		
	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		
	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		
	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		
	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		
	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**.

**Tabla 4.4** Nivel sapróbico del índice de Pantle- Buck

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

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

El índice de Palmer determinó que el lago tiene una **contaminación orgánica moderada**, comprobando respectivamente que el nivel de saprobiedad es  **$\beta$ -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  **$\beta$ - mesosaprobio** con una característica de **contaminación orgánica débil**.



**Tabla 4.5** Nivel sapróbico del índice de Palmer

PUNTOS	MESES DE MONITOREO	GÉNERO	N° de individuos	PALMER	SAPROBIEDAD	CARACTERÍSTICA
MOJ-A01	Abril	<i>Cyclotella</i>	509	2	B-mesosapróbico	Contaminación orgánica moderada
	Julio	<i>Cyclotella</i>	468	2	B-mesosapróbico	Contaminación orgánica moderada
MOJ-A02	Abril	<i>Cyclotella</i>	416	2	B-mesosapróbico	Contaminación orgánica moderada
	Julio	<i>Cyclotella</i>	369	2	B-mesosapróbico	Contaminación orgánica moderada
MOJ-A03	Abril	<i>Cyclotella</i>	472	2	B-mesosapróbico	Contaminación orgánica moderada
	Julio	<i>Cyclotella</i>	410	2	B-mesosapróbico	Contaminación orgánica moderada
MOJ-A04	Abril	<i>Cyclotella</i>	585	2	B-mesosapróbico	Contaminación orgánica moderada
	Julio	<i>Cyclotella</i>	488	2	B-mesosapróbico	Contaminación orgánica moderada
MOJ-A05	Abril	<i>Cyclotella</i>	421	2	B-mesosapróbico	Contaminación orgánica moderada
	Julio	<i>Cyclotella</i>	351	2	B-mesosapróbico	Contaminación orgánica moderada
MOJ-A06	Abril	<i>Cyclotella</i>	434	2	B-mesosapróbico	Contaminación orgánica moderada
	Julio	<i>Cyclotella</i>	392	2	B-mesosapróbico	Contaminación orgánica moderada

En cuanto a los parámetros químicos relacionados con la concentración de nutrientes, el resultado fue grado **meso-trófico** (tabla 4.6) 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.

**Tabla 4.6** Concentración de nutrientes

PUNTOS	MESES DE MONITOREO	NITRATOS (mg/l)	TIPO DE LAGO			NITRITOS (mg/l)	TIPO DE LAGO			AMONIACO (mg/l)	TIPO DE LAGO			FOSFORO TOTAL (ug/l)	TIPO DE LAGO		
			OLIGOTRÓFICO	MESOTRÓFICO	EUTRÓFICO		OLIGOTRÓFICO	MESOTRÓFICO	EUTRÓFICO		OLIGOTRÓFICO	MESOTRÓFICO	EUTRÓFICO		OLIGOTRÓFICO	MESOTRÓFICO	EUTRÓFICO
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	

### 4.3 Guía ilustrada de fitoplancton del lago Caricocha (Mojanda) que facilite el uso de esta comunidad biológica en la evaluación de la saprobiedad

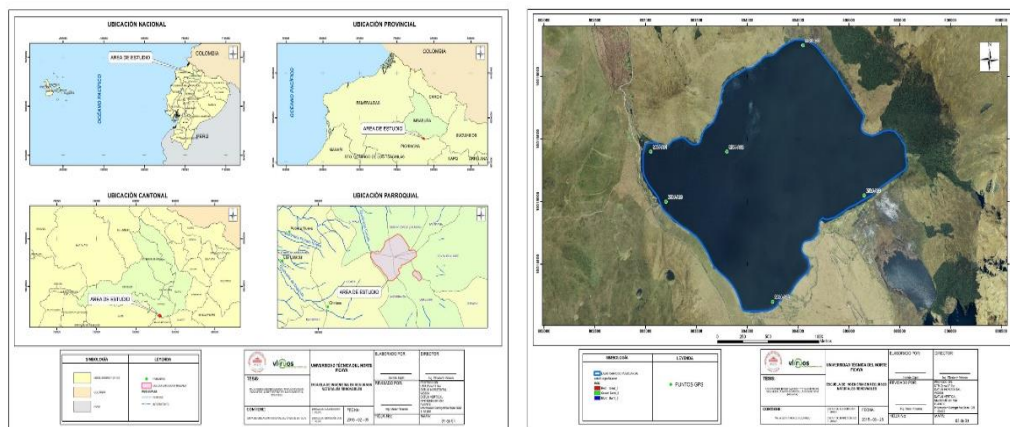
La guía ilustrada de fitoplancton del lago Caricocha (*Mojanda*) se basó en la organización de la información obtenida a lo largo de la investigación por parte de autor.

#### 4.3.1 Introducción de la guía

La guía ilustrada de fitoplancton es un resultado del Proyecto South Initiative VLIR-UOS-UTN apoya y financia la presente investigación con la finalidad de

crear una base de datos útil para estudiantes, autoridades y la sociedad científica conectora de estas temáticas.

El lago Caricocha (Mojanda) 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).



**Figura 4.2** Ubicación geográfica y puntos de muestreo del lago Caricocha (*Mojanda*)

Forma parte de dos provincias Imbabura y Pichincha con una superficie de 256,7 hectáreas, con una profundidad de 100 a 121,7 metros y 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).

La presente guía cuenta con seis puntos de muestreo georreferenciado (tabla 3.2.) y se describen 21 géneros distribuidos en 17 familias, 14 ordenes, 10 clases y 4 divisiones.

**Tabla 4.7** Puntos de muestreo

Coordenadas UTM WGS84 Zona 17 sur				
Punto	Longitud	Latitud	Altitud	Nombre
MOJ-A01	803050	10015400	3735	Salida
MOJ-A02	803800	10015400	3735	Punto más profundo
MOJ-A03	804550	10016250	3735	Entrada4
MOJ-A04	805150	10015050	3735	Entrada3
MOJ-A05	804250	10014200	3735	Entrada2
MOJ-A06	803200	10015000	3735	Entrada1

### 4.3.2 Equipos y materiales

En el siguiente contexto se pone en consideración equipos, materiales y reactivos prioritarios para el desarrollo de la evaluación de la saprobiedad.



#### De protección personal

- ✓ Botas.
- ✓ Guantes de látex.
- ✓ Chalecos salvavidas (muestreo desde embarcación).



#### Para colecta de muestras

- ✓ GPS.
- ✓ Ficha de campo.
- ✓ Lápices y marcadores de tinta indelebles.
- ✓ Etiquetas resistentes al agua.
- ✓ Baldes herméticos de 20L.
- ✓ Culer.
- ✓ Botellas de vidrio ámbar de 500ml (muestras de fitoplancton).
- ✓ Botellas de vidrio ámbar de 2L (muestras de agua para análisis químico).
- ✓ Embudo.
- ✓ Botella de Van-Dorf.



#### Para colecta de muestras

- ✓ Sonda portátil de profundidad (HONDEX TS-7).
- ✓ Red de nival de 20 y 64 micras (captura de fitoplancton y eliminación de zooplancton).
- ✓ Disco secchi.
- ✓ Equipo multiparámetro sumergible o portátil (análisis in-situ: potencial de hidrógeno, temperatura,



**Reactivos fijadores**

- ✓ Formaldehído (se utiliza 4% para la fijación de la muestra).
- ✓ Lugol (para periodos cortos de conservación).

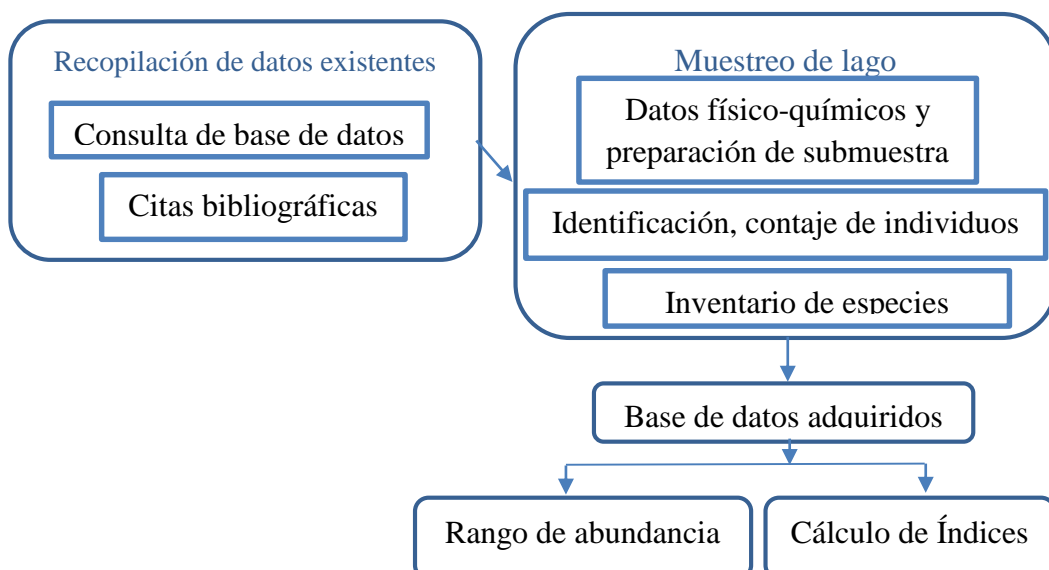


**Caracterización del fitoplancton**

- ✓ Mandil.
- ✓ Mascarilla.
- ✓ Gafas de protección.
- ✓ Cámara fotográfica.
- ✓ Micro pipeta
- ✓ Fichas de contaje.
- ✓ Glicerina.
- ✓ Microscopio (LEICA DM750).
- ✓ Cámara Sedwich-Rafter.

### 4.3.3 Planificación metodológica del fitoplancton

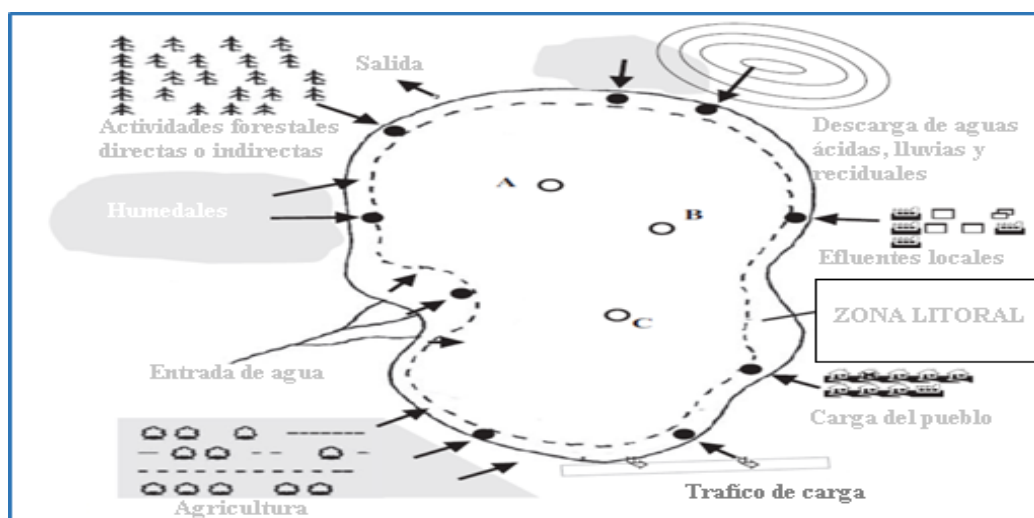
El siguiente esquema detalla la metodología general empleada, incluye recopilación de información, trabajo de campo, gabinete y de laboratorio



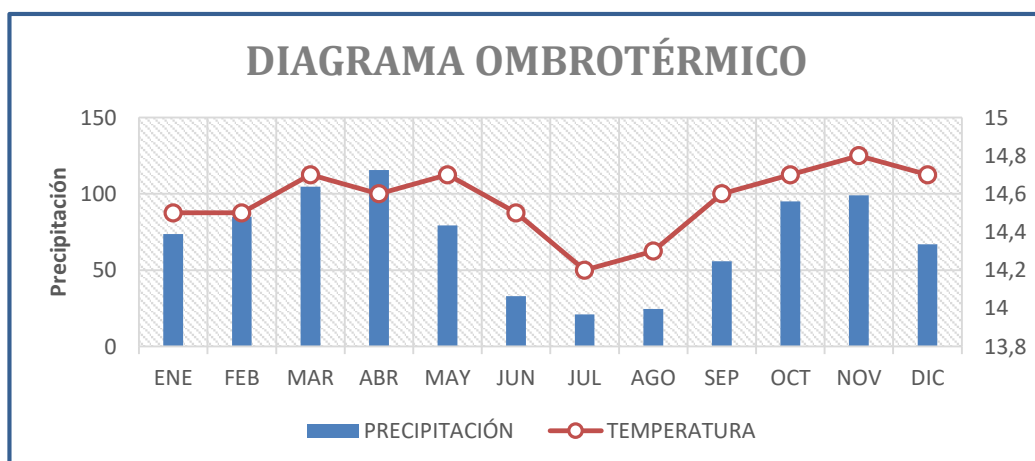
## ¿Qué hacer antes de salir a campo?

Selección de puntos, en base a la revisión de información secundaria que representan la condición general de todo el sistema léntico; para su determinación se realiza las siguientes actividades.

- Identificación de afectaciones directas o indirectas y afluentes de entradas, salidas de agua empleando cartografía temática con su respectiva comprobación a nivel de campo.

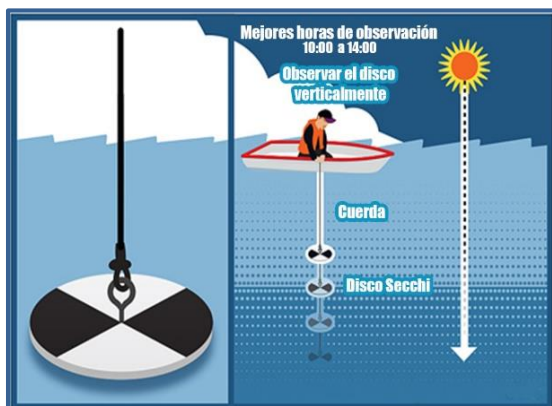


- Georreferenciación de puntos de muestreo, con la finalidad de fijar a nivel de campo los sitios exactos de toma de muestras durante las épocas de máxima precipitación y estiaje de acuerdo a resultados del diagrama ombrotérmico, considerando las variaciones de los factores climáticos y la incidencia sobre los elementos a investigar que tienen relación con la saprobiedad.



#### 4.3.4 Metodología para la toma de muestras

- El muestreo se lo realiza en todos los puntos identificados, en cada uno de ellos se determinará el límite de la zona fótica y afótica empleando el disco secchi de igual manera se tomará directamente los parámetros físicos con el multiparámetros el cual mide (potencial de hidrógeno, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto).



- Red de nylal de 24 micras por arrastre vertical para captura de fitoplancton y se filtra el zooplancton con la red de 64 micras, cada muestra es 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.



- Adicionalmente se toma una muestra de agua 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 fósforo total).

Parámetro por estudiar	Tipo de recipientes	Técnica de preservación	Tiempo máximo de preservación recomendado antes del análisis
Temperatura	P,V		De inmediato
pH	P,V		Analice de inmediato
Amonio	P	Congelar 20°C	7 días
Nitrito	P	Congelar 20°C	2 días
Nitrato	P	Congelar 20°C	48 horas
Fósforo total	P,V	Adicionar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH 2 y refrigerar	28 días
Oxígeno disuelto	V, botellas DBO	Después de acidificación	8 horas

- Identificación del fitoplancton en división, familia y género con la ayuda de un microscopio óptico (LEICA DM750) y claves dicotómicas especializadas en el tema.
- Se aplicará la metodología de sedimentación (decantación) para cada una de las muestras, si no se cuenta con este equipo se procede de manera manual a retirar un volumen de 10ml diarios con la micro pipeta hasta obtener una sub muestra concentrada de 50ml.



- Cuantificación del fitoplancton se homogeniza la sub muestra obtenida, ayudados de una micro pipeta se toma 1 ml colocándola en la cámara Sedgewick-rafter y para evitar el movimiento de la misma se coloca una gota de glicerina cubriendo la misma con el cubre objeto dejando reposar durante 15 minutos, se procederá 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.

Para el análisis de sprobiedad se procederá a utilizar los siguientes índices:



### Índice Shannon-Weaver

Se calculó la diversidad de los puntos muestreo para determinar la clasificación de contaminación con la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Donde S es la riqueza de la especie o número de especie, Pi es la porción de la muestra total; H siempre arroja valores que van desde 0.0-1.5 agua muy contaminada, 1.5-3.0 agua medianamente contaminada, 3.0-5.0 agua muy limpia (Roldán, 1992).

### Índice Polución Orgánica (O.P.I)

Según Palmer (1979), para el cálculo este índice, considera 20 de las algas más tolerantes, las cuales deben tener una densidad mayor a 50 individuos por ml para ser consideradas y se suma los registros de algas presentes, expresado como:

$$OPI = \sum_{i=1}^{20} \text{Valor del índice para cada género}$$

Se considera valores para cada género de algas por Palmer (1979)

<b>GÉNERO</b>	<b>(O.P.I)</b>
Euglena y Oscillatoria	5
Chlamydomonas y Scenedesmus	4
Chlorella, Navicula y Nitzschia	3
Ankistrodesmus, Phacus, Stigeoclonium y Synedra	2
Anacystis, Closterium, Cyclotella, Gomphonema, Leponciclis, Melosira, Micractinium, Pandorina Y Phormidium	1

Para la interpretación de resultados según Ramírez (2000)

<b>VALORES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Mayor o igual a 20	Alta polución orgánica
15-19	Polución orgánica intermedia
Menor que 15	Baja contaminación orgánica

### Índice de Pantle – Buck

A este índice se le adicionó el concepto de abundancia relativa de los organismos de la muestra y se estableció el grado sapróbico de cada especie según las listas de Liebmann (1962) citado por Bick (1963)

<b>GÉNERO</b>	<b>Oligosapróbico</b>	<b>Beta-mesapróbico</b>	<b>Alfa-mesopróbico</b>	<b>Polisapróbico</b>
Oscillatoria	X			
Closterium			X	
Cyclotella		X		
Euglena				X
Melosira		X		
Mycrocistis				
Navicula			X	
Nitzchia		X		
Scenedesmus		X		
Pediastrum		X		
Staurastrum			X	

Sus valores son ponderados según la agrupación

<b>VALOR (S)</b>	
Oligosapróbico	1
Beta-mesosapróbico	2
Alfa-mesosapróbico	3
Polisapróbico	4

Para su relación a porcentajes obtenidos se verifica

	<b>VALOR H</b>	<b>RELACIÓN A PORCENTAJES</b>
Ocasional	1	0-33,33%
Frecuente	2	33,34-66.66%
Muy frecuente	3	66,67-100%

Para el cálculo se utiliza la fórmula que Pantle y Buck modificó:

$$s = \frac{\sum s * h}{\sum h}$$

Donde,

s = Valor sapróbico de Lista de Liebmann (1962)

h = Abundancia de cada genero

Los valores se interpretan de la siguiente manera

VALOR	NIVEL DE SAPROBIOS	CARACTERÍSTICAS
1.0 – 1.5	Oligosaprobico	Ausencia de contaminación orgánica
1.5 – 2.5	β- mesosaprobico	Contaminación orgánica débil
2.5 – 3.5	α- mesosaprobico	Contaminación orgánica fuerte
3.5 – 4.0	Polisaprobico	Contaminación orgánica muy fuerte

### Índice de Palmer

Se fundamentó en el índice propuesto por Pantle y Buck, el índice de polución orgánica se basa en la presencia de varios géneros de algas. Existe presencia si tiene más de 50 organismos/ml.

$$s = \frac{\sum s * h * g}{\sum h}$$

Donde,

s = Valor sapróbico de Lista de Liebmann (1962)

h = Abundancia de cada genero

g = Valores para cada género de algas

Para designar los valores de abundancia, se verifica

ABUNDANCIA RELATIVA	VALOR H	RELACIÓN A PORCENTAJES
Raro	1	0-33,33%
Frecuente	2	33,34-66.66%
Abundante	3	66,67-100%

Se considera para la formula los valores g

GÉNERO	Valor (g)
Euglena y Oscillatoria	5
Chlamydomonas y Scenedesmus	4
Chlorella, Navicula y Nitzschia	3
Ankistrodesmus, Phacus, Stigeoclonium y Synedra	2
Anacystis, Closterium, Cyclotella, Gomphonema, Leponciclis, Melosira, Micractinium, Pandorina Y Phormidium	1

Los valores que se obtengan se interpretan

VALORES	NIVEL	CARACTERÍSTICAS
1-1,25	Oligo-sapróbico	No cargado a levemente cargado
1,5	Entre oligo-sapróbico y $\beta$ mesosapróbico	Contaminación orgánica leve
1,75-2,25	$\beta$ mesosapróbico	Contaminación orgánica moderada
2,5	Entre $\beta$ y $\alpha$ mesosapróbico	Contaminación orgánica crítica
2,75-3,25	$\alpha$ mesosapróbico	Fuerte contaminación orgánica
3.75-4,25	Polysapróbico	Excesiva contaminación orgánica

Una vez aplicado los índices y cuantificado el fitoplancton, los géneros con densidad mayor a 50 individuos por 1 ml son considerados bioindicadores, para su selección se utilizaron las 20 algas más tolerantes, las cuales se derivó de los registros obtenidos (Palmer, 1979).

### 4.3.5 Explicación de la guía

**División:** Agrupación vegetal en el que se encuentra el fitoplancton. 1

**Clase:** Grupo que comprende varios ordenes vegetales 2

**Orden:** Categoría taxonómica entre clase y familia. 3

**Familia:** Agrupación jerárquica que divide a los organismos del orden en varios grupos con las mismas características. 4

**Género:** Característica general. 5

**Imagen:** Fotografía que acompaña a cada género. 6

**Carácter indicador:**

Sin carácter indicador

Con carácter indicador

9

**Nivel de saprobiedad:**

Contenido en nutrientes y oxígeno de las aguas donde se desarrolla el fitoplancton. 10

**Mapas:** Representación gráfica del lugar y puntos estratégicos de muestreo. 11

**Descripción:** Se describe los principales caracteres y rasgos de morfología, longitudes estándar según el género, los cuales se utilizan como elementos identificativos. 7

**Hábitat:** Se relaciona el ecosistema en el que se puede encontrar o se desarrolla el género. 8

1 **DIETEBORONTEPHYTA (DIETELLARIOPHYCEAE)** 

2 Clases: Coscinodiscophyceae  
3 Orden: Aulacoseirales  
4 Familia: Aulacoseiraceae  
5 Género: *Aulacoseira*

6 

7 Descripción:  
Células cilíndricas que suelen verse en la vista de la cintura, crecen en colonia lineales, unidas entre sí mediante una unión de espigas; debido a su crecimiento poseen mantos de válvulas circulares relativamente altos, sin llevar a cabo cambios en la morfología del frustule.

8 Hábitat:  
Prosperan en lagos profundos durante la circulación invernal o durante el verano en encaños de agua lo suficientemente superficiales (Thwaites, 1848).

9 Carácter indicador

10 Nivel de Saprobiidad:

11 Mapa base de lago Caricocha (Mojanda)  
  
Mapa de puntos de muestreo  


Guía ilustrada de fitoplancton del lago Caricocha (Mojanda)



Clase: Conjugatophyceae  
 Orden: Desmidiales  
 Familia: Desmidiaceae  
 Género: *Cosmarium*



Descripción:

Células diminutas (<math><1 \mu\text{m}</math>) o relativamente grande (<math><200 \mu\text{m}</math>), con una constricción central profunda (istmo) que separa a la célula en dos partes simétricas semicirculares, que posee una superficie y un margen de ondulaciones formado por verrugas o gránulos de tamaño uniforme.

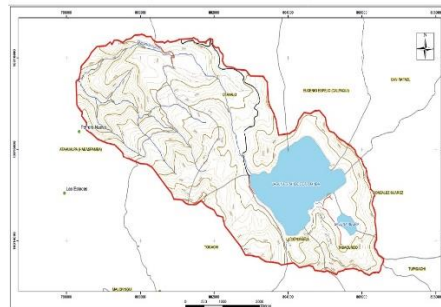
Hábitat:

Es común en ambientes ácidos, lagos oligotróficos, estanques, lagunas alcalinas y eutróficas (Ralfs, 1848).

Carácter indicador



Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)

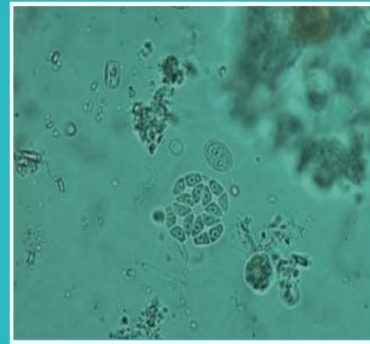


Mapa de puntos de muestreo





Clase: Trebouxiophyceae  
 Orden: Chlorellales  
 Familia: Oocystaceae  
 Género: *Crucigeniella*



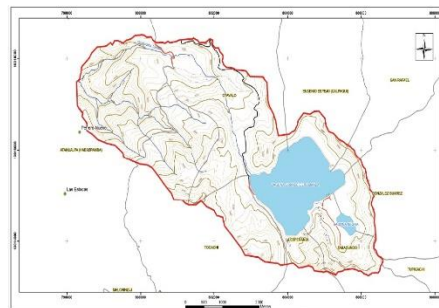
Descripción:

Consiste en cuatro células verdes (cuadradas y aplanadas), dispuestas en una cruz de manera que una brecha puede estar presente en el centro de la colonia; las colonias son solitarias o contiguas para formar cenobios múltiples de 8-16 células. Las células en la vista superficial son elipsoides a ovoides, triangulares o rectangulares, estas tienen un cloroplasto parietal, con o sin pirenoide de 5-10  $\mu\text{m}$ .

Carácter indicador



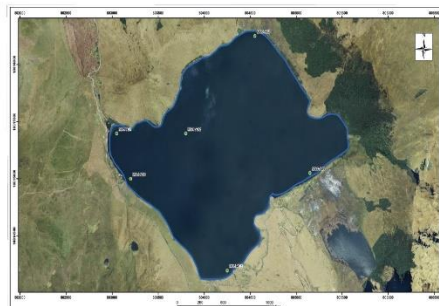
Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)



Hábitat:

Se encuentra en estanques y lagos (Morren, 1830).

Mapa de puntos de muestreo





Clase: Trebouxiophyceae  
 Orden: Chlorellales  
 Familia: Clorellaceae  
 Género: *Dictyosphaerium*



Descripción:

Las células son esféricas a ampliamente ovaladas, en racimos de cuatro, unidas por fragmentos de pared celular q irradian de un centro común.

A veces se puede discernir un sobre mucilaginoso claro indefinido; el cloroplasto es en forma de copa, parietal que cubre la mayor parte de la pared celular.

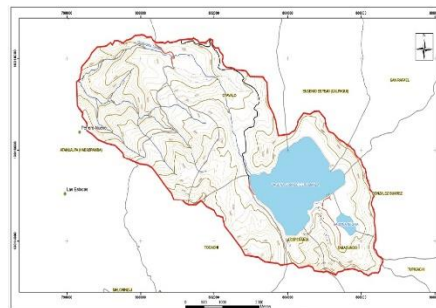
Hábitat:

Es común encontrarlos en estanques, lagos y ríos (Nägeli, 1849).

Carácter indicador



Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)



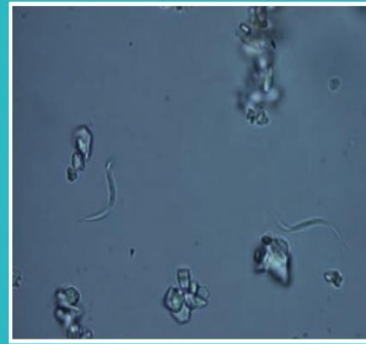
Mapa de puntos de muestreo







Clase: Chlorophyceae  
 Orden: Sphaeropleales  
 Familia: Selenastraceae  
 Género: *Monoraphidium*



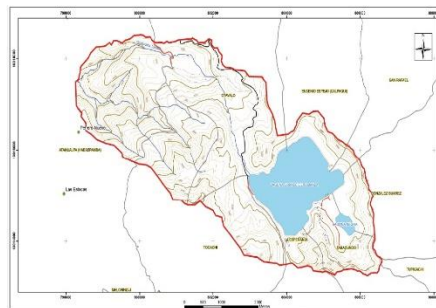
#### Descripción:

Las células son simple (1-5  $\mu\text{m}$  de ancho, 1-100  $\mu\text{m}$  de largo) tienen un único cloroplasto, casi llenando la célula, rara vez se encuentran unidas en un extremo y más o menos en forma de huso, curvas, sigmoidales o torcidas en espiral. Sus extremos celulares son puntiagudos o curvos, la pared celular es delgada y lisa sin vaina de mucílago; el cloroplasto es simple parietal y no tiene pirenoide.

Carácter indicador



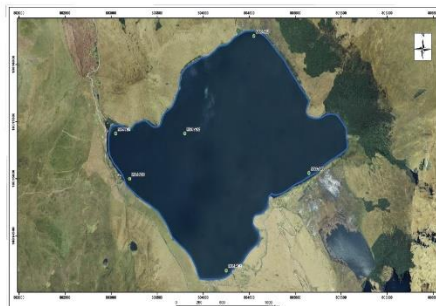
Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)



#### Hábitat:

Es abundante en los lagos, embalses y pequeños estanques eutróficos (John, Whitton y Brook, 2002).

Mapa de puntos de muestreo





Clase: Trebouxiophyceae  
 Orden: Chlorellales  
 Familia: Oocystaceae  
 Género: *Oocystis*



Descripción:

Se lo divide en colonias de (2-16 células), las células son elipsoides o de forma limosa, con polos redondeados (4-50  $\mu\text{m}$  de largo), las células tienen de uno a varios cloroplastos parietales de forma variable con o sin pirenoide, en la pared celular pueden estar encerradas dos tres células parentales que se agranda de manera que parece una envoltura gelatinosa.

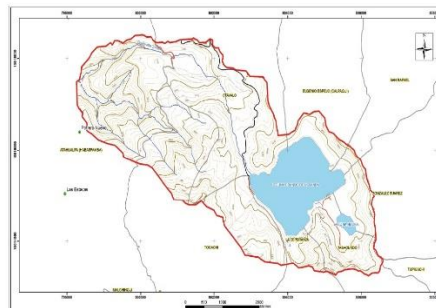
Hábitat:

Se encuentra en zanjas, pantanos, estanques y lagos (Braun, 1855).

Carácter indicador



Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)

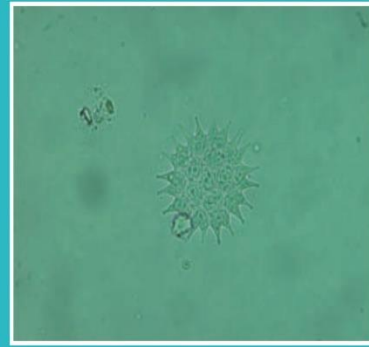


Mapa de puntos de muestreo





Clase: Chlorophyceae  
 Orden: Sphaeropleales  
 Familia: Hydrodictyaceae  
 Género: *Pediastrum*



Descripción:

Célula circular a veces irregularmente subcircular, con 16 o más células que tienden a estar en anillos concéntricos; cada anillo tiene un número definido de células, las células periféricas poseen cerdas o algo semejante a cuernos no encontradas en las células interiores (poliédricas), paredes celulares lisas, finamente reticuladas o altamente granuladas con decoraciones diversas; cloroplasto único, parietal, con un pirenoide.

Hábitat:

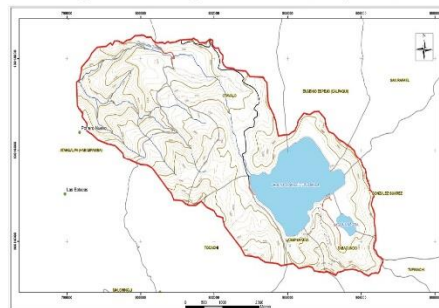
Se localiza en ríos, estanques, lagos y extremadamente en cuerpos ricos de nutrientes (Mayen, 1829).

Carácter indicador



Nivel de Saprobiedad: Beta - mesosapróbico

Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)



Mapa de puntos de muestreo





Clase: Chlorophyceae  
 Orden: Sphaeropleales  
 Familia: Scenedesmaceae  
 Género: *Scenedesmus*



#### Descripción:

Colonia de 4-8 células, aplanadas, con ejes largos de celdas paralelas, lateralmente contiguas, dispuestas en series lineales o alternas con celdas elipsoidales, ovales o en forma de media luna o estrechándose hacia cada extremo; espinas ausentes, cloroplasto parietal, generalmente con un pirenoide.

El tamaño de la célula varía mucho de una especie a otra, algunas tienen ornamentaciones, espinas y otras crestas.

#### Hábitat:

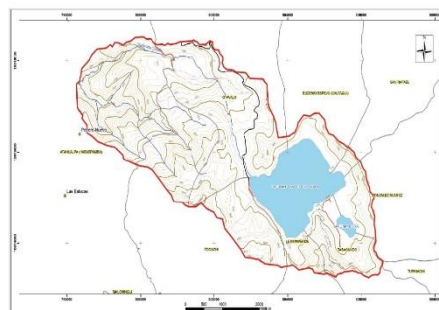
Es abundante en aguas dulces ricas en nutrientes (Mayen, 1829).

Carácter indicador

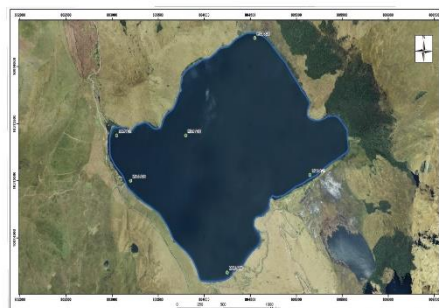


Nivel de Saprobiedad: Beta - mesosapróbico

Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)



Mapa de puntos de muestreo





Clase: Chlorophyceae  
 Orden: Chlamydomonadales  
 Familia: Sphaerocystidaceae  
 Género: *Sphaerocystis*



Descripción:

Células de 7-20  $\mu\text{m}$  de ancho de colonia esférica, constituido por 4-32-(64) células esféricas dispersas a lo largo del mucílago colonial; células con paredes celulares lisas, cloroplasto único parietal en forma de copa, volviéndose masivo en las células más viejas y hay un pirenoide.

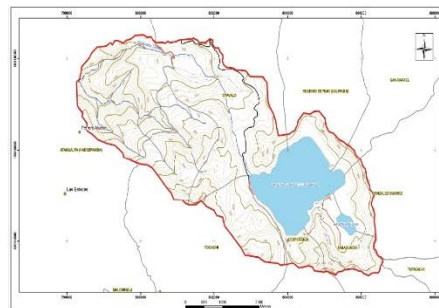
Hábitat:

Se lo localiza en zanjas, estanques y lagos (Chodat, 1897).

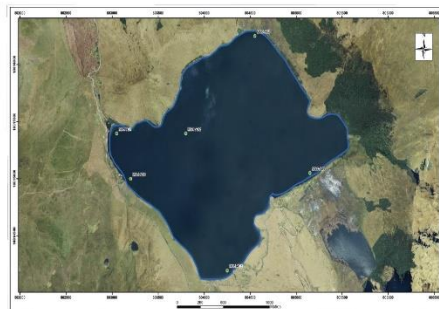
Carácter indicador



Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)



Mapa de puntos de muestreo





Clase: Conjugatophyceae  
 Orden: Desmidiaceae  
 Familia: Desmidiaceae  
 Género: *Staurastrum*



Descripción:

Forma celular profundamente constreñidas en el centro, formando dos segmentos a menudo algo retorcido, generalmente más ancho que largo; los cloroplastos suelen ser uno por semicélula.

La superficie celular puede estar adornada con gránulos o espinas que terminan a menudo con dos o cuatro espinas simples.

Hábitat:

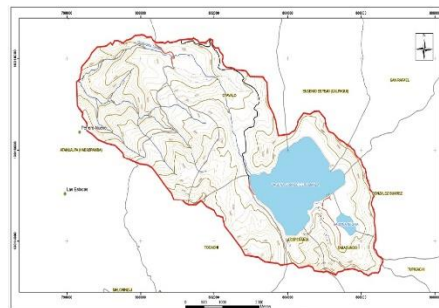
Se encuentra en aguas oligotróficas, estanques pantanosos y lagos (Ralfs, 1848).

Carácter indicador

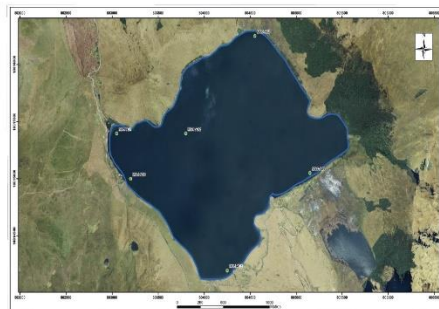


Nivel de Saprobiedad: Alfa - mesosapróbico

Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)

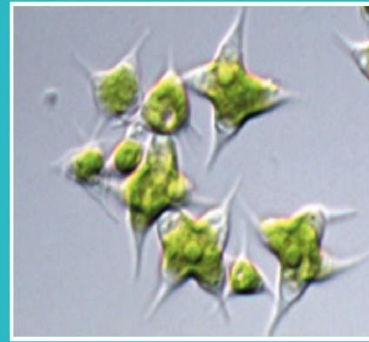


Mapa de puntos de muestreo





Clase: Chlorophyceae  
 Orden: Sphaeropleales  
 Familia: Hydrodictyaceae  
 Género: *Tetraedron*



Descripción:

Células solitarias, triangulares o piramidales, cuadrangulares o poligonales, con una espina dorsal en cada ángulo, pared celular finamente granulada y fina, cloroplasto único que llena completamente la célula.

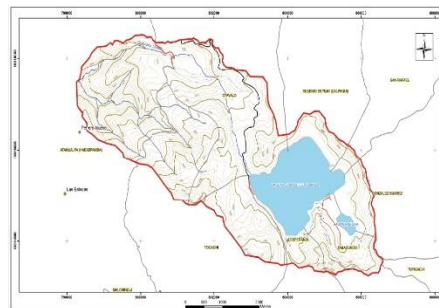
Hábitat:

Se lo encuentra ampliamente distribuido en lagos y estanques templados hasta habitas tropicales (Kützing, 1845).

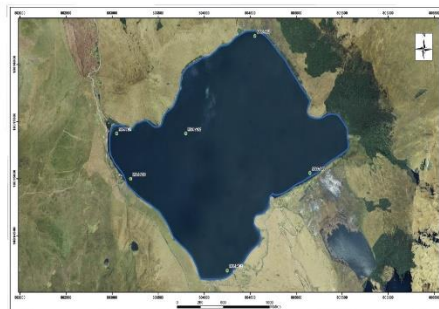
Carácter indicador



Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)



Mapa de puntos de muestreo





Clase: Chlorophyceae  
 Orden: Sphaeropleales  
 Familia: Scenedesmaceae  
 Género: *Tetrastrum*



Descripción:

Colonia de cuatro celdas planas con una pequeña apertura, células triangulares, en forma de corazón u ovoides, las paredes son lisa pero con granulaciones observadas, células uninucleadas; cloroplastos 1-4 y parietal discoide, con o sin pirenoide, especies con o sin espinas largas o cortas en la cara externa de la célula.

Hábitat:

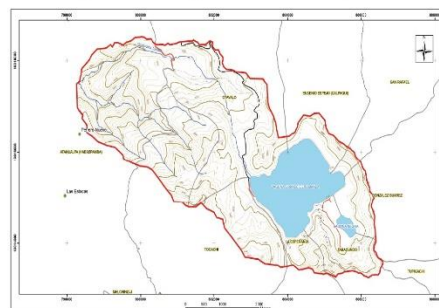
Se localiza en estanques y lagos (Wehr y Sheath, 2003).

Carácter indicador

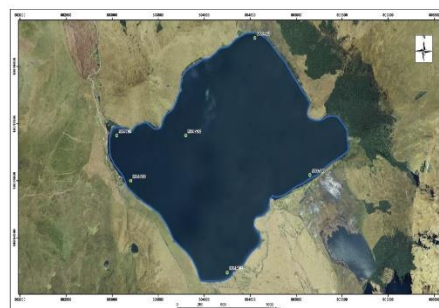


Nivel de Saprobiedad: Alfa - mesosapróbico

Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)



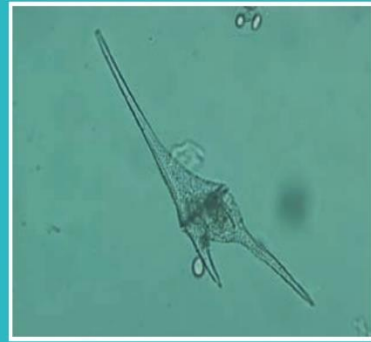
Mapa de puntos de muestreo







Clase: Dinophyceae  
 Orden: Gonyaulacales  
 Familia: Ceratiaceae  
 Género: *Ceratium*



Descripción:

Alga unicelular de gran tamaño, su longitud varía de 40 a 400  $\mu\text{m}$ , posee dos cuernos formados a partir de placas postcelulares, con un cuerno apical que pueden tener un poro apical y un antapical, placas fuertemente adornadas, de color amarillo pálido a dorado.

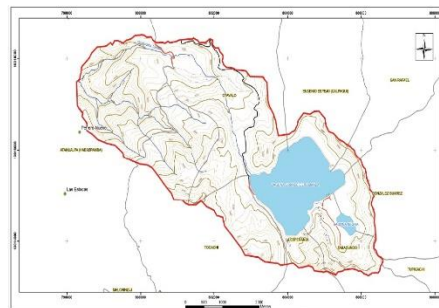
Hábitat:

Se lo localiza en aguas cálidas, estancadas y soportan tenciones de oxígeno muy bajas (Bellinger y Sigee, 2015).

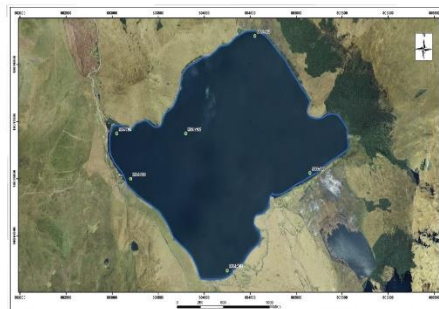
Carácter indicador



Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)



Mapa de puntos de muestreo





Clase: Dinophyceae  
 Orden: Gymnodiniales  
 Familia: Gymnodiniaceae  
 Género: *Gymnodinium*



Descripción:

Células unicelulares flageladas de formas de contornos descontinuos, que forman colonias de cadena larga otras encerradas en quistes hialinos temporales, cloroplastos presentes o ausentes, células aproximadamente ovals pero a veces aplastados dorsiventralmente.

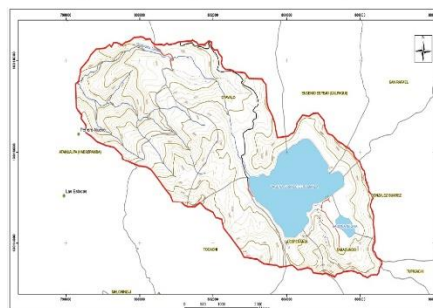
Hábitat:

Se observan relativamente en aguas dulces y son mucho más frecuentes y diversos en los hábitats marinos. (Bellinger y Sigee, 2010).

Carácter indicador



Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)



Mapa de puntos de muestreo





Clase: Euglenophyceae  
 Orden: Euglenales  
 Familia: Phacaceae  
 Género: *Phacus*



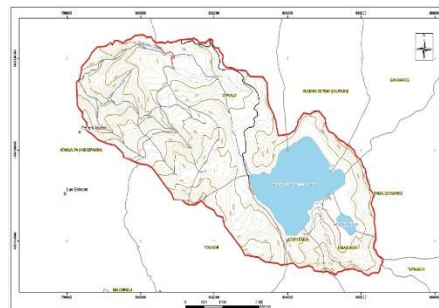
#### Descripción:

Células solitarias y la célula rígida (sin metabolismo), con forma ovoide o forma de pera algo retorcida y muy comprimida (parecido a una lámina o hoja), con un caudal reto o ligeramente doblado de longitud las células pueden ser tan comprimidas y transparentes, a menudo hay una brida lateral pronunciada llamada quilla, poseen cloroplastos discoidales sin pirenoide, mientras otros poseen grandes cloroplastos discoidales con pirenales.

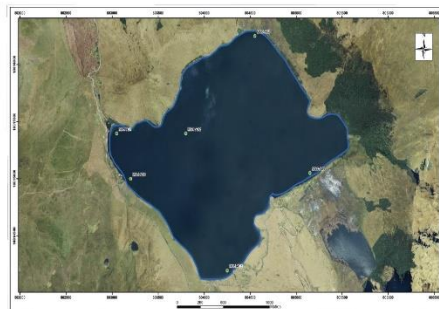
#### Carácter indicador



Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)



Mapa de puntos de muestreo





Clase: Coscinodiscophyceae  
 Orden: Aulacoseirales  
 Familia: Aulacoseiraceae  
 Género: *Aulacoseira*



Descripción:

Células cilíndricas que suelen verse en la vista de la cintura, crecen en colonia lineales, unidas entre sí mediante una unión de espigas; debido a su crecimiento poseen mantos de válvulas circulares relativamente altos, sin llevar a cabo cambios en la morfología del frustule.

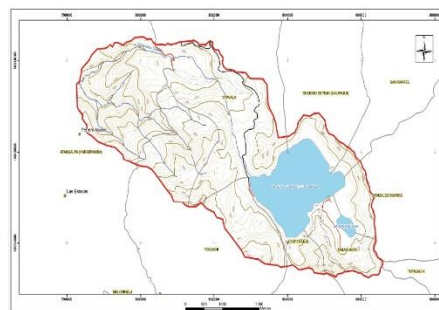
Hábitat:

Prosperan en lagos profundos durante la circulación invernal o durante el verano en cuerpos de agua lo suficientemente superficiales (Thwaites, 1848).

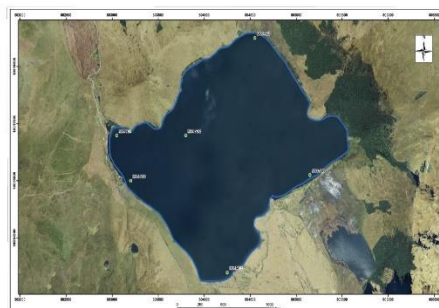
Carácter indicador



Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)



Mapa de puntos de muestreo





Clase: Bacillariophyceae  
 Orden: Cocconeidales  
 Familia: Cocconeidaceae  
 Género: *Cocconeis*



Descripción:

Células con flexión o curvatura, a lo largo del eje apical, las válvulas son elípticas o casi circulares, las estrías a menudo son uniseriadas; la valvula de rafe tiene una región diferenciada cerca del borde y un manto bien definido. Tienen la capacidad de secuestrar el exceso de nutrientes de los cuerpos de aguas.

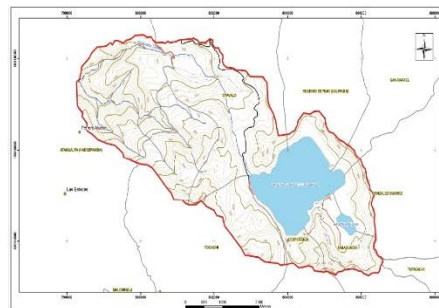
Hábitat:

Se localiza regularmente en lagos y lagunas (Boyer, 1927).

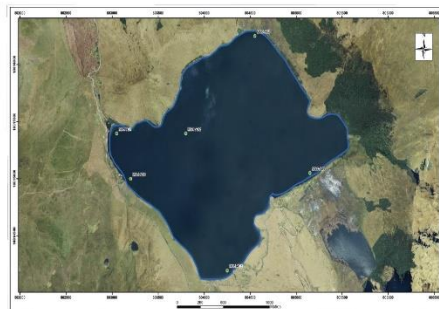
Carácter indicador



Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)

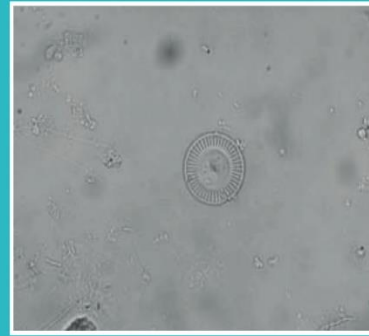


Mapa de puntos de muestreo





Clase: Mediophyceae  
 Orden: Thalassiosirales  
 Familia: Stephanodiscaceae  
 Género: *Cyclotella*



#### Descripción:

Células en forma de disco con válvulas de forma circular que tiene una superficie ligeramente ondulada sin espinas, con pequeños túbulos que podías confundirse con espinas, el área central esta irregularmente punteada y distinta del área concéntrica, que está regularmente estriada, las células suelen ser solitarias pero pueden estar unida a hilos miciliginosos; existen varios cloroplastos discoides habitualmente dispuestos alrededor del margen celular.

#### Hábitat:

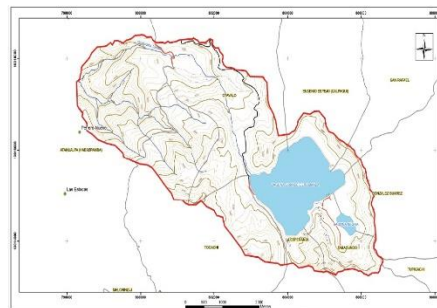
Se encuentra en lagos, ríos, habitas marinos y de agua salobre (Brébisson, 1838).

Carácter indicador



Nivel de Saprobiedad: Beta mesosapróbico

Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)



Mapa de puntos de muestreo





Clase: Fragilariophyceae  
 Orden: Fragilariales  
 Familia: Fragilariaceae  
 Género: *Fragilaria*



Descripción:

Penachos o frustres alargados unidos por sus caras de válvulas para formar una cadena similar a una cinta llamada colonia, válvulas fusiforme ligeramente hinchadas en el centro (gibosas) o con los extremos hinchados con superficies de válvulas con estrías finas.

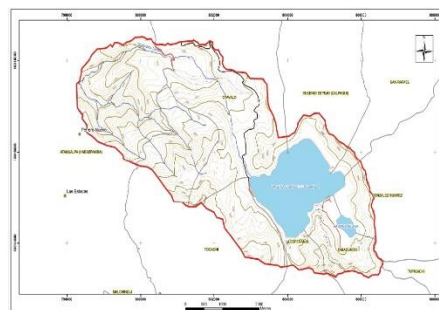
Hábitat:

Es frecuente encontrarlas en aguas corrientes estancadas o mesotróficas (Lyngbye, 1819).

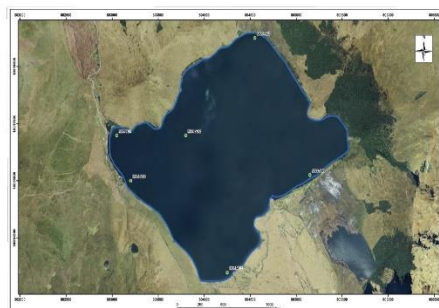
Carácter indicador



Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)



Mapa de puntos de muestreo





Clase: Bacillariophyceae  
 Orden: Naviculales  
 Familia: Naviculaceae  
 Género: *Navicula*



Descripción:

Célula móvil (movimiento naviculoide), con un cloroplasto en forma de H; de ápices celulares redondeados, con dos cloroplastos en forma de placas presentes a ambos lados del eje apical a las válvulas simétricas; la valva se encuentra ornamentada con marcas puntiformes organizadas en líneas perpendiculares al rafe.

Hábitat:

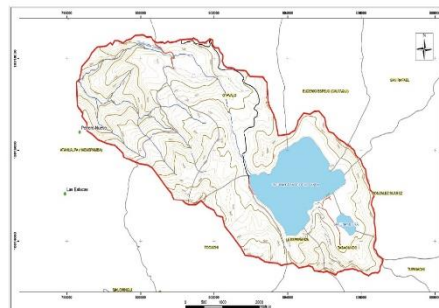
Se localizan en lagos, arroyos y ríos (Wehr y Sheath, 2003).

Carácter indicador



Nivel de Saprobiedad: Alfa - mesosapróbico

Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)



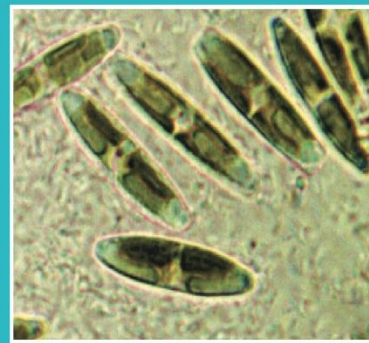
Mapa de puntos de muestreo







Clase: Bacillariophyceae  
 Orden: Bacillariaceae  
 Familia: Bacillariaceae  
 Género: *Nitzschia*



**Descripción:**

Especie pennada de válvulas generalmente largas, rectas y estrechas, pero pueden ser ovoides o incluso ligeramente sigmoides, células solitarias, pero pueden formar colonias estrelladas o vivir en un tubo de mucílago separado por una línea media. Normalmente las células contienen dos plastidios orientados hacia cada polo de la célula; el sistema rafe en *Nitzschia* es fibulado y está normalmente sobre o cerca del margen de la superficie de la válvula, el rafe está cerca de los márgenes opuestos de las dos válvulas de un fruste.

**Hábitat:**

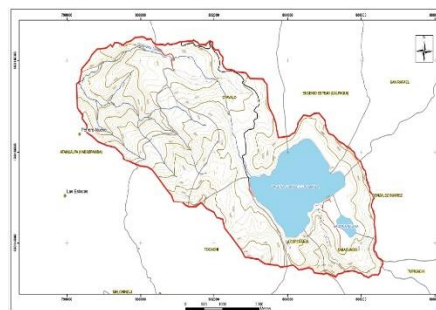
Se localiza en aguas de alta montaña y templadas hasta los polos y tienen una tolerancia a la salinidad (Hassall, 1845).

Carácter indicador



Nivel de Saprobiedad: Beta - mesosapróbico

Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)

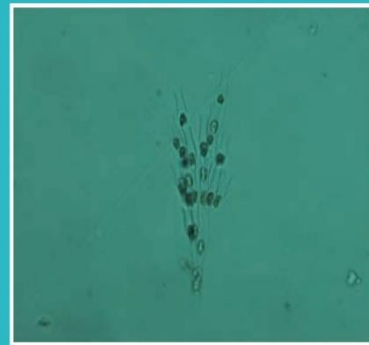


Mapa de puntos de muestreo





Clase: Chrysophyceae  
 Orden: Chromulinales  
 Familia: Dinobryaceae  
 Género: *Dinobryon*



Descripción:

Célula de vida libre, solitarias o unidas en colonias ramificadas; estos son ramificados o dendroides con cada nuevo lorica emergiendo del cuello abierto y atado por medio de un tallo.

Cada lorica contiene una célula biflagelada unida a la base de la lorica mediante un fino hilo citoplasmático, generalmente hay dos cloroplastos por célula con granulos de crisolaminarina en la base; la lorica puede ser clara o de color marrón, lisa o adornada.

Hábitat:

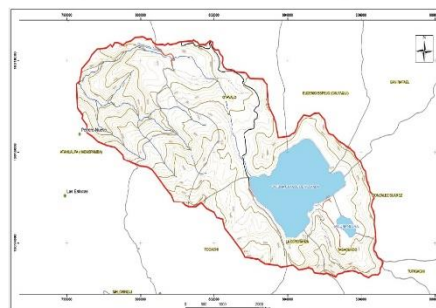
Prefiere vivir en aguas dulce con bajo contenido de sales (Ehrenberg, 1834).

Carácter indicador

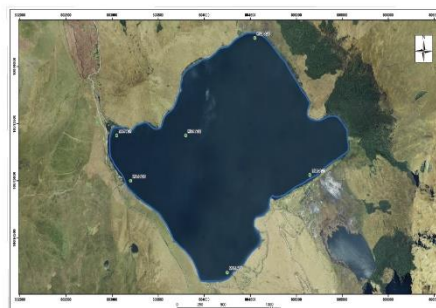


Nivel de Saprobiedad: Beta mesosapróbico

Mapa base de lago Caricocha (*Mojanda*)



Mapa de puntos de muestreo



## 5. CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 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 fitoplanctonica 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 saporiedad  $\beta$ - 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  $\beta$ - 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.

## **5.2 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 fitoplanctonicos permiten determinar la saprobiedad de los sistemas lénticos por su corto ciclo de vida y su rápida respuesta a los cambios del ambiente.

## 6. 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 Ambienta*, 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 l'Ainé 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.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). *Tratamiento de agua para consume humano: Manual I*. Lima: CEPIS/OPS, 2004.
- Chodat, R. (1897). *Algues pélagiques nouvelles*. Bulletin de l'Herbier Boissier 5: 119-120.
- Chodat, R. (1895). *Materiaux pour servir a l'histoire des Protococcoedées*. Bulletin de l'Herbier Boissier 3: 109-114.
- Dujardin, F. (1841). *Histoire naturelle des Zoophytes Infusoires*. Oxford, Paris: Librarie Encyclopédique de Roret.
- Desmideae and Diatomaceae*. With upwards of one hundred plates, illustrating the various species. London, Edinburgh, Paris y Leipzig: J.B Bailliére.
- Ehrenberg, C. G. (1834). *Dritter Beitrag zur Erkenntniss grosser organisation in der Richtung des Kleinsten Raumes*. Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1833: 145-336.
- Espino, G., Hernández, S. y Carbajal, 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.
- Gleick, P. H. (1996). Water resources. En S. H. Schneider. (Ed.), *In Encyclopedia of Climate and Weather* (pp. 817-823). New York: Oxford University Press.
- Hassall, A. H. (1845). A history of the British freshwater algae, including descriptions of the *desmideae and diatomaceae*. London: Spottiswoode.
- Hutchinson, G. E. (1967). A Treatise on Limnology. II. Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. New York, John Wiley y Sons, Inc., 1115pp.
- John, D. M., Whitton, B. A. y Brook, A. j. (Eds.).(2002). The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae. London: Printed in the United Kingdom at the University Press, Cambridge.
- Kützing, F. T. (1845). *Phycologia germanica*. Nordhausen: W. köhne.
- Liebmann, H. (1962). *Handbuch der frischwasser-und Abwasser-biologie*. 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.
- Meyen, F. J. (1829). Beobachtungen über einige niedere Algenformen. Nova Acta Physico-Medica Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae Naturae, 14: 768-778.
- Morren, C. (1830). Mémoire sur un végétal microscopique d'un nouveau genre, proposé sous le nom de Crucigénie, et sur un instrument que l'auteur nomme Microsoter, ou conservateur des petites choses. En J. V. Audouin (Ed.), *Annales des Sciences Naturelles* (pp. 404-426). Paris: Crochard, Libraire - Éditeur.

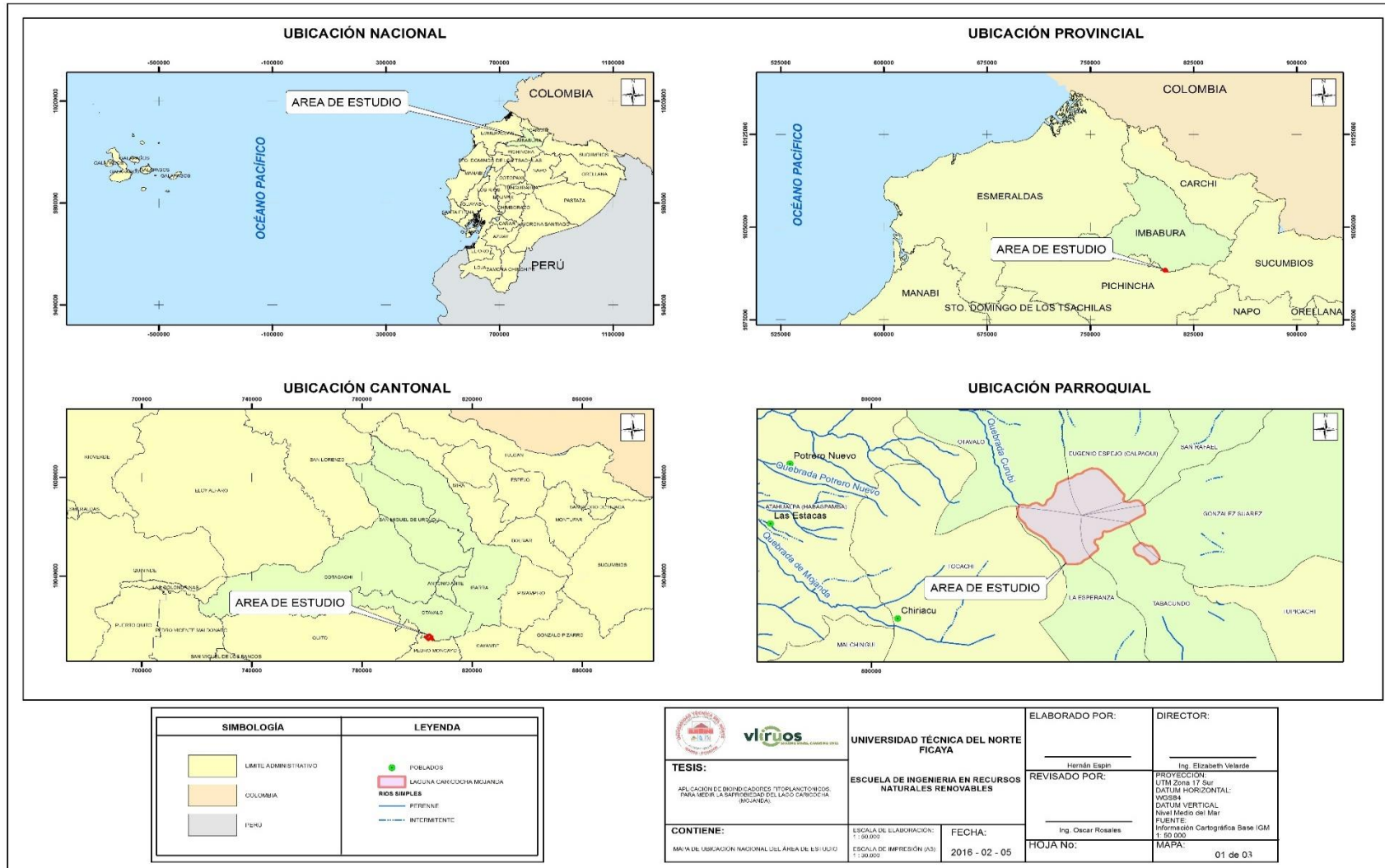
- Nägeli, C. (1849). Gattungen einselliger Algen, physiologisch und systematisch bearbeitet. En X.
- Ralfs, R. (1848). The British desmidie AE. London: Reeve Benham y Reeve.
- Ramírez, A. y Viña, G. (1998). *Limnología Colombiana*. Bogotá: Editorial Panamericana.
- Ramírez, J. (2000). *Fitoplancton de 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.
- Rott, E. (1981a). *Ein Beitrag zur Algenflora andiner hochlandseen de Ecuador (Sudamerika)*. Ber.nat.-med.Ver.Innsbruck, (68), 13-29.
- 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.
- Streble, H. y Krauter, D. (2005). *Atlas de microorganismos de agua dulce - La vida en una gota de agua*. España: ediciones Omega S.A.
- Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA). *IV Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental*. Presidencia de la República. Ecuador, marzo 2003.
- Thwaites, G. H. (1848). Further observations on the Diatomaceae with descriptions of new genera and species. *Annals and Magazine of Natural History* 1: 162-172.
- Utermöhl, H. (1958). Zur Vermollkommung der quantitativen Phytoplankton - Methodik. *Limnol*, (9), 1-38. doi: 10.1093/plankt/22.12.2255



- 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.
- Vives, J., (2003). *Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros físico-químicos y contaminantes marinos* Santa Marta: Cargraphics-Impresión Digital.
- Wehr, J. D., Sheath, R. G. y Kociolek J. P. (2003). *Freshwater Algae of North America*. Oxford, Paris: Elsevier.
- Wetzel, R. G. (Ed.). (1981). *Limnología*. Barcelona: Editorial Omega.
- Zhen-Gang, J, (2008). En J. Zhen-Gang, *Hydrodynamis and wáter quality: Modeling rivers, lake and esturies*, (p. 245). Jhon Wiley y Sons, Inc.

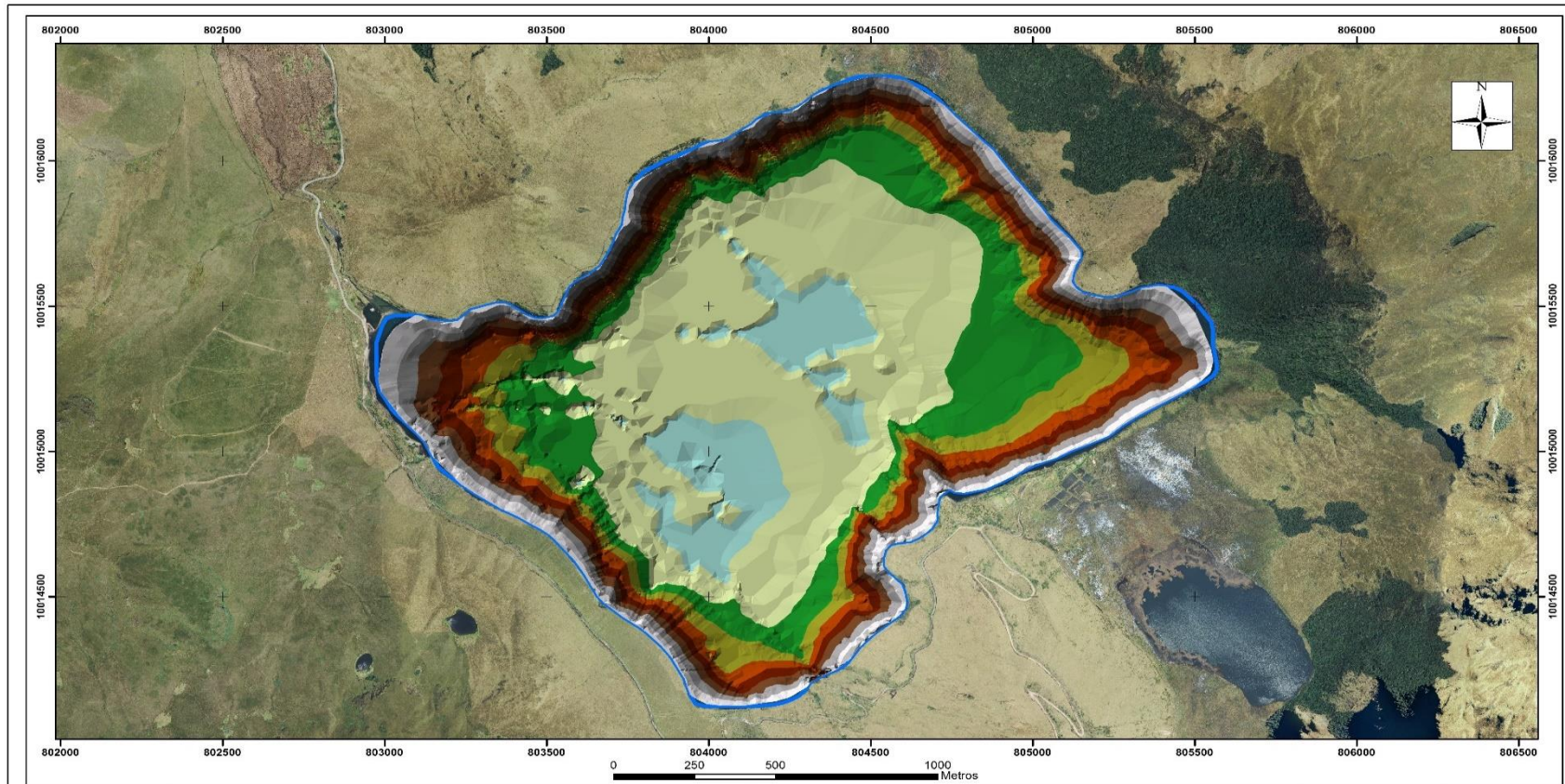
## **ANEXOS**

Anexo 1: Mapas



SIMBOLOGÍA	LEYENDA

<p><b>TESIS:</b>          APLICACIÓN DE BIOMONITORES FITOPLANCTONICOS PARA MEDIR LA CONTAMINACIÓN DEL LAGO CARACUCHA (INGUENIA).</p>	<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FICAYA</b></p> <p><b>ESCUELA DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES</b></p>	ELABORADO POR:	DIRECTOR:
		<p>Hernán Espín</p>	<p>Ing. Elizabeth Velarde</p>
<p><b>CONTIENE:</b>          MAPA DE UBICACIÓN NACIONAL DEL AREA DE ESTUDIO</p>	<p>ESCALA DE ELABORACIÓN:          1:50.000</p> <p>ESCALA DE IMPRESIÓN (A3):          1:30.000</p>	REVISADO POR:	PROYECCIÓN:
		<p>Ing. Oscar Rosales</p>	<p>UTM Zona 17 Sur</p> <p>DATUM HORIZONTAL:          WGS84</p> <p>DATUM VERTICAL:          Nivel Medio del Mar</p> <p>FUENTE:          Información Cartográfica Base IGM 1:50.000</p>
		HOJA No:	MAPA:
			01 de 03



SIMBOLOGÍA	LEYENDA
LAGO CARICOCHA MOJANDA	<b>BATIMETRIA</b>
RGB	-17.222 - -5
Red: Band_1	-29.444 - -17.222
Green: Band_2	-41.667 - -29.444
Blue: Band_3	-53.889 - -41.667
	-66.111 - -53.889
	-78.333 - -66.111
	-90.556 - -78.333
	-102.778 - -90.556
	-121.7 - -102.778

**viruos**
  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FICAYA

**TESIS:**
  
 APLICACION DE BIOINDICADORES FITOPLANCTONICOS PARA MEDIR LA CONTAMINACION DEL LAGO CARICOCHA (MOJANDA)

**CONTIENE:**
  
 MANA BAI BAI INCO

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FICAYA**
  
**ESCUELA DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ESCALA DE ELABORACION:** 1:50.000
   
**ESCALA DE IMPRESION (A3):** 1:30.000

**FECHA:** 2016 - 03 - 12

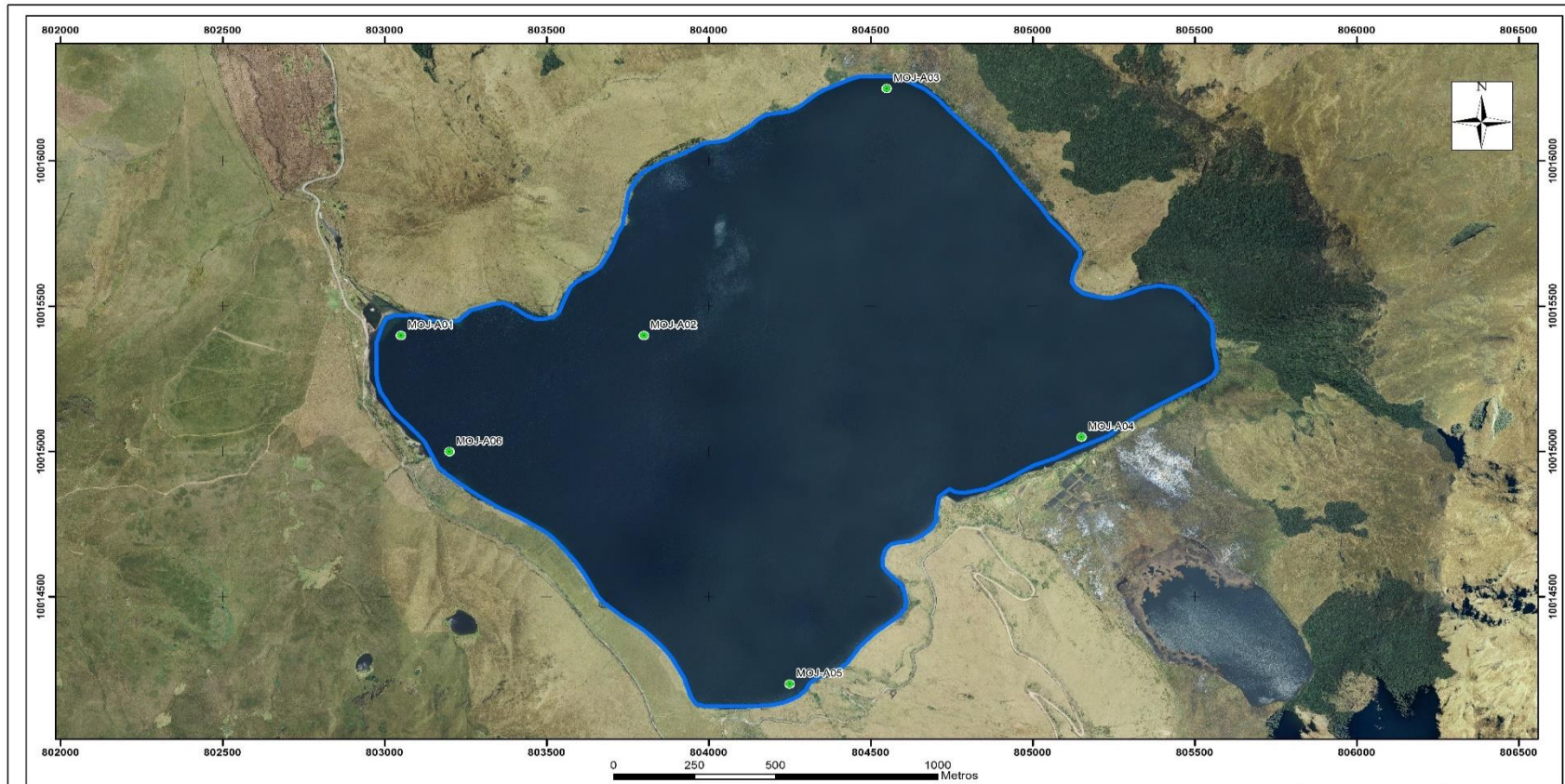
**ELABORADO POR:**
  
 Hernán Espín

**DIRECTOR:**
  
 Ing. Elizabeth Velarde

**REVISADO POR:**
  
 Ing. Oscar Rosales

**HOJA No.:**
  
 MAPA: 02 de 03

**PROYECCION:**
  
 UTM Zona 17 Sur
   
 DATUM HORIZONTAL:
   
 WGS84
   
 DATUM VERTICAL:
   
 Nivel Medio del Mar
   
 FUENTE:
   
 Información Cartográfica Base IGM 1:50.000



SIMBOLOGÍA	LEYENDA
LAGO CARICOCCHA MOJANDA <small>ortofotografía.ecw</small> <b>RGB</b> Red: Band_1 Green: Band_2 Blue: Band_3	PUNTOS GPS

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FICAYA</b>		ELABORADO POR: _____ Hernán Espín	DIRECTOR: _____ Ing. Elizabeth Velarde
	<b>ESCUELA DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES</b>		REVISADO POR: _____ Ing. Oscar Rosales	PROYECCIÓN: UTM Zona 17 Sur DATUM HORIZONTAL: WGS84 DATUM VERTICAL: Nivel Medio del Mar FUENTE: Información Cartográfica Base IGM 1:50.000
<b>TESIS:</b> APLICACION DE BIOMONITORES FITOPLANCTONICOS PARA MEDIR LA CONTAMINACION DEL LAGO CARICOCCHA (MOJANDA).	ESCALA DE ELABORACION: 1:50.000 ESCALA DE IMPRESION (A3): 1:30.000	FECHA: 2016 - 03 - 28	HOJA No: _____	MAPA: 03 de 03
<b>CONTIENE:</b> MAPA DE PUNTOS DE MONITOREO				

Anexo 2: Proceso de índices de saprobiedad del mes de abril época de máxima precipitación.

Saprobiedad a partir del fitoplancton bioindicador según OPI

GÉNERO	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	Nº de individuos	OPI
<i>Cosmarium</i>	4	9	4	10	8	8	12	9	3	2	69	
<i>Crucigeniella</i>	1	1	3	4	2	0	2	0	6	0	19	
<i>Dictyosphaerium</i>	235	198	307	239	384	169	266	258	300	182	2538	
<i>Monoraphidium</i>	3	2	4	3	2	1	3	0	4	2	24	
<i>Oocystis</i>	189	181	226	179	284	166	197	174	243	158	1997	
<i>Pediastrum</i>	2	3	2	1	1	2	2	0	2	0	15	
<i>Scenedesmus</i>	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	6	
<i>Sphaerocystis</i>	28	26	22	19	40	11	25	16	19	20	226	
<i>Staurastrum</i>	3	0	2	1	3	2	1	1	2	1	16	
<i>Tetraedron</i>	10	16	22	9	26	8	17	13	19	7	147	
<i>Tetrastrum</i>	16	9	18	30	14	12	8	19	11	20	157	
<i>Ceratium</i>	0	1	0	0	0	1	0	1	0	2	5	
<i>Gymnodinium</i>	3	1	0	1	2	0	0	0	3	0	10	
<i>Phacus</i>	99	92	184	135	199	82	102	59	73	86	1111	2
<i>Aulacoseira</i>	1	2	8	4	5	0	1	0	9	0	30	
<i>Cocconeis</i>	3	6	17	3	1	8	3	1	1	7	50	
<i>Cyclotella</i>	56	43	58	41	58	66	38	46	55	48	509	1
<i>Fragilaria</i>	0	2	7	1	5	3	6	2	4	1	31	
<i>Navicula</i>	0	0	4	0	3	1	2	3	5	0	18	
<i>Nitzschia</i>	0	0	2	2	1	0	0	2	0	1	8	
<i>Dinobryon</i>	8	5	3	0	6	0	9	4	0	8	43	
TOTAL	662	598	893	683	1044	540	695	608	760	546	7029	

Fuente: Palmer (1979).

$$OPI = \sum_{i=1}^{20} 2 + 1$$

$$OPI = 3$$

El punto MOJ-A01 (salida) presenta un valor de 3 en el índice de OPI, por lo que según Ramírez (2000) como el valor es menor que 15, presenta “baja contaminación orgánica”.

Saprobiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Pantle-Buck

GÉNERO	N° de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)	
<i>Cosmarium</i>	69	0,98	1		
<i>Crucigeniella</i>	19	0,27	1		
<i>Dictyosphaerium</i>	2538	36,11	2		
<i>Monoraphidium</i>	24	0,34	1		
<i>Oocystis</i>	1997	28,41	1		
<i>Pediastrum</i>	15	0,21	1	Beta-mesapróbico	2
<i>Scenedesmus</i>	6	0,09	1	Beta-mesapróbico	2
<i>Sphaerocystis</i>	226	3,22	1		
<i>Staurastrum</i>	16	0,23	1	Alfa-mesopróbico	3
<i>Tetraedron</i>	147	2,09	1		
<i>Tetrastrum</i>	157	2,23	1		
<i>Ceratium</i>	5	0,07	1		
<i>Gymnodinium</i>	10	0,14	1		
<i>Phacus</i>	1111	15,81	1		
<i>Aulacoseira</i>	30	0,43	1		
<i>Cocconeis</i>	50	0,71	1		
<i>Cyclotella</i>	509	7,24	1	Beta-mesapróbico	2
<i>Fragilaria</i>	31	0,44	1		
<i>Navicula</i>	18	0,26	1	Alfa-mesopróbico	3
<i>Nitzschia</i>	8	0,11	1	Beta-mesapróbico	2
<i>Dinobryon</i>	43	0,61	1		
TOTAL	7029	100,00			

Fuente: Pantle y Buck (1995).

$$s = \frac{(2 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1)}{(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)}$$

$$s = 2.33$$

Según Pantle-Buck el grado de contaminación en el punto MOJ-A01 (salida) analizada presenta “Contaminación orgánica débil”, ya que valor obtenido es 2.33 con nivel “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Palmer

GÉNERO	Nº de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)		VALOR (g)
<i>Cosmarium</i>	69	0,98	1			
<i>Crucigeniella</i>	19	0,27	1			
<i>Dictyosphaerium</i>	2538	36,11	2			
<i>Monoraphidium</i>	24	0,34	1			
<i>Oocystis</i>	1997	28,41	1			
<i>Pediastrum</i>	15	0,21	1			
<i>Scenedesmus</i>	6	0,09	1			
<i>Sphaerocystis</i>	226	3,22	1			
<i>Staurastrum</i>	16	0,23	1			
<i>Tetraedron</i>	147	2,09	1			
<i>Tetrastrum</i>	157	2,23	1			
<i>Ceratium</i>	5	0,07	1			
<i>Gymnodinium</i>	10	0,14	1			
<i>Phacus</i>	1111	15,81	1			
<i>Aulacoseira</i>	30	0,43	1			
<i>Cocconeis</i>	50	0,71	1			
<i>Cyclotella</i>	509	7,24	1	Beta-mesapróbico	2	1
<i>Fragilaria</i>	31	0,44	1			
<i>Navicula</i>	18	0,26	1			
<i>Nitzschia</i>	8	0,11	1			
<i>Dinobryon</i>	43	0,61	1			
TOTAL	7029	100,00				

Fuente: Roldán (1992).

$$s = \frac{(2 * 1 * 1)}{(1)}$$

$$s = 2$$

En el punto MOJ-A01 (salida) el valor obtenido de 2 mediante la aplicación de la fórmula de Palmer se considera “β- mesosaprobio”.



Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según OPI

GÉNERO	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	N° de individuos	OPI
<i>Cosmarium</i>	9	8	4	10	11	5	4	4	2	1	58	
<i>Crucigeniella</i>	1	0	3	2	2	0	2	0	1	0	11	
<i>Dictyosphaerium</i>	205	167	287	222	347	147	221	241	344	165	2346	
<i>Monoraphidium</i>	1	1	2	0	2	2	1	1	1	1	12	
<i>Oocystis</i>	167	145	203	189	224	124	159	167	257	108	1743	
<i>Pediastrum</i>	0	0	0	0	1	1	2	2	0	2	8	
<i>Scenedesmus</i>	2	1	0	1	0	0	1	0	0	0	5	
<i>Sphaerocystis</i>	22	11	17	13	28	34	19	12	10	17	183	
<i>Staurastrum</i>	3	0	1	1	2	1	2	0	0	1	11	
<i>Tetraedron</i>	13	15	19	14	18	7	16	6	15	1	124	
<i>Tetrastrum</i>	13	19	14	19	14	18	8	13	9	11	138	
<i>Ceratium</i>	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3	
<i>Gymnodinium</i>	1	1	2	0	2	0	0	0	3	0	9	
<i>Phacus</i>	111	95	162	145	134	38	122	37	64	75	983	2
<i>Aulacoseira</i>	1	2	3	4	6	1	0	0	9	0	26	
<i>Cocconeis</i>	0	8	10	3	1	1	4	3	1	7	38	
<i>Cyclotella</i>	33	21	58	33	42	52	31	40	45	61	416	1
<i>Fragilaria</i>	1	2	3	1	5	3	0	4	2	0	21	
<i>Navicula</i>	0	5	0	0	0	2	2	0	4	0	13	
<i>Nitzschia</i>	2	0	1	1	1	0	0	0	0	2	7	
<i>Dinobryon</i>	0	4	8	0	11	0	9	0	7	3	42	
TOTAL	586	506	797	658	851	436	604	530	774	455	6197	

Fuente: Palmer (1979).

$$OPI = \sum_{i=1}^{20} 2 + 1$$

$$OPI = 3$$

El punto MOJ-A02 (punto profundo) presenta un valor de 3 en el índice de OPI, por lo que según Ramírez (2000) como el valor es menor que 15, presenta “baja contaminación orgánica”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Pantle-Buck

GÉNERO	N° de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)	
<i>Cosmarium</i>	58	0,94	1		
<i>Crucigeniella</i>	11	0,18	1		
<i>Dictyosphaerium</i>	2346	37,86	2		
<i>Monoraphidium</i>	12	0,19	1		
<i>Oocystis</i>	1743	28,13	1		
<i>Pediastrum</i>	8	0,13	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Scenedesmus</i>	5	0,08	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Sphaerocystis</i>	183	2,95	1		
<i>Staurastrum</i>	11	0,18	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Tetraedron</i>	124	2,00	1		
<i>Tetrastrum</i>	138	2,23	1		
<i>Ceratium</i>	3	0,05	1		
<i>Gymnodinium</i>	9	0,15	1		
<i>Phacus</i>	983	15,86	1		
<i>Aulacoseira</i>	26	0,42	1		
<i>Cocconeis</i>	38	0,61	1		
<i>Cyclotella</i>	416	6,71	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Fragilaria</i>	21	0,34	1		
<i>Navicula</i>	13	0,21	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Nitzschia</i>	7	0,11	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Dinobryon</i>	42	0,68	1		
TOTAL	6197	100,00			

Fuente: Pantle y Buck (1995).

$$s = \frac{(2 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1)}{(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)}$$

$$s = 2.33$$

Según Pantle-Buck el grado de contaminación en el punto MOJ-A02 (punto profundo) analizada presenta “Contaminación orgánica débil”, ya que valor obtenido es 2.33 con nivel “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Palmer

GÉNERO	Nº de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)		VALOR (g)
<i>Cosmarium</i>	58	0,94	1			
<i>Crucigeniella</i>	11	0,18	1			
<i>Dictyosphaerium</i>	2346	37,86	2			
<i>Monoraphidium</i>	12	0,19	1			
<i>Oocystis</i>	1743	28,13	1			
<i>Pediastrum</i>	8	0,13	1			
<i>Scenedesmus</i>	5	0,08	1			
<i>Sphaerocystis</i>	183	2,95	1			
<i>Staurastrum</i>	11	0,18	1			
<i>Tetraedron</i>	124	2,00	1			
<i>Tetrastrum</i>	138	2,23	1			
<i>Ceratium</i>	3	0,05	1			
<i>Gymnodinium</i>	9	0,15	1			
<i>Phacus</i>	983	15,86	1			
<i>Aulacoseira</i>	26	0,42	1			
<i>Cocconeis</i>	38	0,61	1			
<i>Cyclotella</i>	416	6,71	1	Beta-mesaprófico	2	1
<i>Fragilaria</i>	21	0,34	1			
<i>Navicula</i>	13	0,21	1			
<i>Nitzschia</i>	7	0,11	1			
<i>Dinobryon</i>	42	0,68	1			
TOTAL	6197	100,00				

Fuente: Roldán (1992).

$$s = \frac{(2 * 1 * 1)}{(1)}$$

$$s = 2$$

En el punto MOJ-A02 (punto profundo) el valor obtenido de 2 mediante la aplicación de la fórmula de Palmer se considera “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según OPI

GÉNERO	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	N° de individuos	OPI
<i>Cosmarium</i>	2	11	16	11	7	9	15	2	5	1	79	
<i>Crucigeniella</i>	1	1	0	3	0	4	0	1	8	1	19	
<i>Dictyosphaerium</i>	238	208	292	241	366	196	269	277	288	193	2568	
<i>Monoraphidium</i>	0	1	2	0	2	4	2	1	0	3	15	
<i>Oocystis</i>	203	198	216	178	271	169	185	155	256	184	2015	
<i>Pediastrum</i>	2	0	2	0	1	1	3	0	2	2	13	
<i>Scenedesmus</i>	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	4	
<i>Sphaerocystis</i>	34	22	17	34	11	21	18	16	10	13	196	
<i>Staurastrum</i>	2	1	2	0	3	1	1	1	1	2	14	
<i>Tetraedron</i>	9	11	17	14	22	10	13	7	7	3	113	
<i>Tetrastrum</i>	20	11	14	18	12	18	12	11	18	25	159	
<i>Ceratium</i>	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	4	
<i>Gymnodinium</i>	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	4	
<i>Phacus</i>	97	78	168	121	172	78	74	81	89	91	1049	2
<i>Aulacoseira</i>	0	2	2	0	9	0	1	0	2	0	16	
<i>Cocconeis</i>	12	3	6	2	1	0	5	1	1	1	32	
<i>Cyclotella</i>	56	41	51	44	50	36	30	47	55	62	472	1
<i>Fragilaria</i>	2	0	3	1	4	3	0	4	1	0	18	
<i>Navicula</i>	1	3	3	0	2	1	1	0	2	1	14	
<i>Nitzschia</i>	1	0	0	2	1	0	0	1	2	0	7	
<i>Dinobryon</i>	9	0	0	0	2	0	8	2	2	0	23	
TOTAL	692	591	813	672	937	552	637	608	750	582	6834	

Fuente: Palmer (1979).

$$OPI = \sum_{i=1}^{20} 2 + 1$$

$$OPI = 3$$

El punto MOJ-A03 (entrada 4) presenta un valor de 3 en el índice de OPI, por lo que según Ramírez (2000) como el valor es menor que 15, presenta “baja contaminación orgánica”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Pantle-Buck

GÉNERO	N° de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)	
<i>Cosmarium</i>	79	1,16	1		
<i>Crucigeniella</i>	19	0,28	1		
<i>Dictyosphaerium</i>	2568	37,58	2		
<i>Monoraphidium</i>	15	0,22	1		
<i>Oocystis</i>	2015	29,48	1		
<i>Pediastrum</i>	13	0,19	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Scenedesmus</i>	4	0,06	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Sphaerocystis</i>	196	2,87	1		
<i>Staurastrum</i>	14	0,20	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Tetraedron</i>	113	1,65	1		
<i>Tetrastrum</i>	159	2,33	1		
<i>Ceratium</i>	4	0,06	1		
<i>Gymnodinium</i>	4	0,06	1		
<i>Phacus</i>	1049	15,35	1		
<i>Aulacoseira</i>	16	0,23	1		
<i>Cocconeis</i>	32	0,47	1		
<i>Cyclotella</i>	472	6,91	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Fragilaria</i>	18	0,26	1		
<i>Navicula</i>	14	0,20	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Nitzschia</i>	7	0,10	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Dinobryon</i>	23	0,34	1		
TOTAL	6834	100,00			

Fuente: Pantle y Buck (1995).

$$s = \frac{(2 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1)}{(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)}$$

$$s = 2.33$$

Según Pantle-Buck el grado de contaminación en el punto MOJ-A03 (entrada 4) analizada presenta “Contaminación orgánica débil”, ya que valor obtenido es 2.33 con nivel “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Palmer

GÉNERO	Nº de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)		VALOR (g)
<i>Cosmarium</i>	79	1,16	1			
<i>Crucigeniella</i>	19	0,28	1			
<i>Dictyosphaerium</i>	2568	37,58	2			
<i>Monoraphidium</i>	15	0,22	1			
<i>Oocystis</i>	2015	29,48	1			
<i>Pediastrum</i>	13	0,19	1			
<i>Scenedesmus</i>	4	0,06	1			
<i>Sphaerocystis</i>	196	2,87	1			
<i>Staurastrum</i>	14	0,20	1			
<i>Tetraedron</i>	113	1,65	1			
<i>Tetrastrum</i>	159	2,33	1			
<i>Ceratium</i>	4	0,06	1			
<i>Gymnodinium</i>	4	0,06	1			
<i>Phacus</i>	1049	15,35	1			
<i>Aulacoseira</i>	16	0,23	1			
<i>Cocconeis</i>	32	0,47	1			
<i>Cyclotella</i>	472	6,91	1	Beta-mesaprófico	2	1
<i>Fragilaria</i>	18	0,26	1			
<i>Navicula</i>	14	0,20	1			
<i>Nitzschia</i>	7	0,10	1			
<i>Dinobryon</i>	23	0,34	1			
TOTAL	6834	100,00				

Fuente: Roldán (1992).

$$s = \frac{(2 * 1 * 1)}{(1)}$$

$$s = 2$$

En el punto MOJ-A03 (entrada 4) el valor obtenido de 2 mediante la aplicación de la fórmula de Palmer se considera “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según OPI

GÉNERO	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	N° de individuos	OPI
<i>Cosmarium</i>	3	9	6	18	10	11	13	9	8	4	91	
<i>Crucigeniella</i>	1	1	6	4	5	3	2	0	6	4	32	
<i>Dictyosphaerium</i>	221	187	327	227	398	171	258	299	364	183	2635	
<i>Monoraphidium</i>	1	2	4	4	2	2	3	1	4	3	26	
<i>Oocystis</i>	194	175	235	205	257	149	184	187	277	175	2038	
<i>Pediastrum</i>	4	1	2	2	2	1	1	3	0	2	18	
<i>Scenedesmus</i>	1	0	2	1	0	2	0	0	1	1	8	
<i>Sphaerocystis</i>	24	15	13	10	9	17	13	17	15	9	142	
<i>Staurastrum</i>	2	1	4	0	6	1	0	1	1	2	18	
<i>Tetraedron</i>	13	15	29	27	31	11	14	16	22	10	188	
<i>Tetrastrum</i>	18	8	22	28	16	15	11	23	9	19	169	
<i>Ceratium</i>	1	1	0	0	2	0	1	0	0	0	5	
<i>Gymnodinium</i>	0	1	3	0	2	1	0	0	5	0	12	
<i>Phacus</i>	97	119	198	142	206	71	97	88	101	85	1204	2
<i>Aulacoseira</i>	4	2	8	4	6	1	0	0	12	0	37	
<i>Cocconeis</i>	6	11	22	5	4	1	4	3	1	11	68	
<i>Cyclotella</i>	66	78	59	68	53	37	79	49	36	60	585	1
<i>Fragilaria</i>	2	2	9	1	4	3	0	2	6	2	31	
<i>Navicula</i>	3	0	4	0	2	1	1	3	3	1	18	
<i>Nitzschia</i>	3	0	2	2	1	0	1	0	2	0	11	
<i>Dinobryon</i>	13	8	11	0	13	0	14	0	7	8	74	
TOTAL	677	636	966	748	1029	498	696	701	880	579	7410	

Fuente: Palmer (1979).

$$OPI = \sum_{i=1}^{20} 2 + 1$$

$$OPI = 3$$

El punto MOJ-A04 (entrada 3) presenta un valor de 3 en el índice de OPI, por lo que según Ramírez (2000) como el valor es menor que 15, presenta “baja contaminación orgánica”.

Saprobiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Pantle-Buck

GÉNERO	N° de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)	
<i>Cosmarium</i>	91	1,23	1		
<i>Crucigeniella</i>	32	0,43	1		
<i>Dictyosphaerium</i>	2635	35,56	2		
<i>Monoraphidium</i>	26	0,35	1		
<i>Oocystis</i>	2038	27,50	1		
<i>Pediastrum</i>	18	0,24	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Scenedesmus</i>	8	0,11	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Sphaerocystis</i>	142	1,92	1		
<i>Staurastrum</i>	18	0,24	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Tetraedron</i>	188	2,54	1		
<i>Tetrastrum</i>	169	2,28	1		
<i>Ceratium</i>	5	0,07	1		
<i>Gymnodinium</i>	12	0,16	1		
<i>Phacus</i>	1204	16,25	1		
<i>Aulacoseira</i>	37	0,50	1		
<i>Cocconeis</i>	68	0,92	1		
<i>Cyclotella</i>	585	7,89	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Fragilaria</i>	31	0,42	1		
<i>Navicula</i>	18	0,24	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Nitzschia</i>	11	0,15	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Dinobryon</i>	74	1,00	1		
TOTAL	7410	100,00			

Fuente: Pantle y Buck (1995).

$$s = \frac{(2 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1)}{(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)}$$

$$s = 2.33$$

Según Pantle-Buck el grado de contaminación en el punto MOJ-A04 (entrada 3) analizada presenta “Contaminación orgánica débil”, ya que valor obtenido es 2.33 con nivel “β- mesosaprobio”.



Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Palmer

GÉNERO	Nº de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)		VALOR (g)
<i>Cosmarium</i>	91	1,23	1			
<i>Crucigeniella</i>	32	0,43	1			
<i>Dictyosphaerium</i>	2635	35,56	2			
<i>Monoraphidium</i>	26	0,35	1			
<i>Oocystis</i>	2038	27,50	1			
<i>Pediastrum</i>	18	0,24	1			
<i>Scenedesmus</i>	8	0,11	1			
<i>Sphaerocystis</i>	142	1,92	1			
<i>Staurastrum</i>	18	0,24	1			
<i>Tetraedron</i>	188	2,54	1			
<i>Tetrastrum</i>	169	2,28	1			
<i>Ceratium</i>	5	0,07	1			
<i>Gymnodinium</i>	12	0,16	1			
<i>Phacus</i>	1204	16,25	1			
<i>Aulacoseira</i>	37	0,50	1			
<i>Cocconeis</i>	68	0,92	1			
<i>Cyclotella</i>	585	7,89	1	Beta-mesaprófico	2	1
<i>Fragilaria</i>	31	0,42	1			
<i>Navicula</i>	18	0,24	1			
<i>Nitzschia</i>	11	0,15	1			
<i>Dinobryon</i>	74	1,00	1			
TOTAL	7410	100,00				

Fuente: Roldán (1992).

$$s = \frac{(2 * 1 * 1)}{(1)}$$

$$s = 2$$

En el punto MOJ-A04 (entrada 3) el valor obtenido de 2 mediante la aplicación de la fórmula de Palmer se considera “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según OPI

GÉNERO	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	N° de individuos	OPI
<i>Cosmarium</i>	0	6	9	8	7	9	4	5	5	2	55	
<i>Crucigeniella</i>	3	2	6	1	2	4	2	0	0	4	24	
<i>Dictyosphaerium</i>	222	178	321	200	369	137	205	266	322	251	2471	
<i>Monoraphidium</i>	2	0	1	0	4	2	1	1	6	0	17	
<i>Oocystis</i>	182	152	207	187	236	162	152	141	235	153	1807	
<i>Pediastrum</i>	3	0	1	0	2	2	1	0	2	0	11	
<i>Scenedesmus</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	3	
<i>Sphaerocystis</i>	21	12	28	15	33	4	23	14	11	8	169	
<i>Staurastrum</i>	2	1	0	1	0	1	1	1	1	0	8	
<i>Tetraedron</i>	11	0	22	24	35	10	15	16	13	8	154	
<i>Tetrastrum</i>	9	15	33	20	14	10	15	14	17	5	152	
<i>Ceratium</i>	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	4	
<i>Gymnodinium</i>	3	1	0	0	2	0	0	0	2	0	8	
<i>Phacus</i>	73	84	157	68	131	98	77	61	128	76	953	2
<i>Aulacoseira</i>	1	2	0	4	0	1	0	0	5	0	13	
<i>Cocconeis</i>	3	5	11	2	4	1	4	3	1	8	42	
<i>Cyclotella</i>	47	33	43	48	42	49	46	22	47	44	421	1
<i>Fragilaria</i>	0	1	9	2	3	3	0	2	3	2	25	
<i>Navicula</i>	4	1	0	0	1	2	1	0	3	1	13	
<i>Nitzschia</i>	0	0	1	2	1	0	0	0	1	0	5	
<i>Dinobryon</i>	6	8	7	0	13	0	9	0	2	5	50	
TOTAL	593	501	856	583	901	496	556	546	804	569	6405	

Fuente: Palmer (1979).

$$OPI = \sum_{i=1}^{20} 2 + 1$$

$$OPI = 3$$

El punto MOJ-A05 (entrada 2) presenta un valor de 3 en el índice de OPI, por lo que según Ramírez (2000) como el valor es menor que 15, presenta “baja contaminación orgánica”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Pantle-Buck

GÉNERO	N° de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)	
<i>Cosmarium</i>	55	0,86	1		
<i>Crucigeniella</i>	24	0,37	1		
<i>Dictyosphaerium</i>	2471	38,58	2		
<i>Monoraphidium</i>	17	0,27	1		
<i>Oocystis</i>	1807	28,21	1		
<i>Pediastrum</i>	11	0,17	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Scenedesmus</i>	3	0,05	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Sphaerocystis</i>	169	2,64	1		
<i>Staurastrum</i>	8	0,12	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Tetraedron</i>	154	2,40	1		
<i>Tetrastrum</i>	152	2,37	1		
<i>Ceratium</i>	4	0,06	1		
<i>Gymnodinium</i>	8	0,12	1		
<i>Phacus</i>	953	14,88	1		
<i>Aulacoseira</i>	13	0,20	1		
<i>Cocconeis</i>	42	0,66	1		
<i>Cyclotella</i>	421	6,57	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Fragilaria</i>	25	0,39	1		
<i>Navicula</i>	13	0,20	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Nitzschia</i>	5	0,08	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Dinobryon</i>	50	0,78	1		
TOTAL	6405	100,00			

Fuente: Pantle y Buck (1995).

$$s = \frac{(2 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1)}{(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)}$$

$$s = 2.33$$

Según Pantle-Buck el grado de contaminación en el punto MOJ-A05 (entrada 2) analizada presenta “Contaminación orgánica débil”, ya que valor obtenido es 2.5 con nivel “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Palmer

GÉNERO	Nº de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)		VALOR (g)
<i>Cosmarium</i>	55	0,86	1			
<i>Crucigeniella</i>	24	0,37	1			
<i>Dictyosphaerium</i>	2471	38,58	2			
<i>Monoraphidium</i>	17	0,27	1			
<i>Oocystis</i>	1807	28,21	1			
<i>Pediastrum</i>	11	0,17	1			
<i>Scenedesmus</i>	3	0,05	1			
<i>Sphaerocystis</i>	169	2,64	1			
<i>Staurastrum</i>	8	0,12	1			
<i>Tetraedron</i>	154	2,40	1			
<i>Tetrastrum</i>	152	2,37	1			
<i>Ceratium</i>	4	0,06	1			
<i>Gymnodinium</i>	8	0,12	1			
<i>Phacus</i>	953	14,88	1			
<i>Aulacoseira</i>	13	0,20	1			
<i>Cocconeis</i>	42	0,66	1			
<i>Cyclotella</i>	421	6,57	1	Beta-mesaprófico	2	1
<i>Fragilaria</i>	25	0,39	1			
<i>Navicula</i>	13	0,20	1			
<i>Nitzschia</i>	5	0,08	1			
<i>Dinobryon</i>	50	0,78	1			
TOTAL	6405	100,00				

Fuente: Roldán (1992).

$$s = \frac{(2 * 1 * 1)}{(1)}$$

$$s = 2$$

En el punto MOJ-A05 (entrada 2) el valor obtenido de 2 mediante la aplicación de la fórmula de Palmer se considera “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según OPI

GÉNERO	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	N° de individuos	OPI
<i>Cosmarium</i>	0	6	0	8	8	6	4	6	5	0	43	
<i>Crucigeniella</i>	0	2	6	0	2	4	2	0	0	0	16	
<i>Dictyosphaerium</i>	220	156	315	183	355	131	197	244	301	241	2343	
<i>Monoraphidium</i>	3	0	1	0	0	2	1	4	0	0	11	
<i>Oocystis</i>	141	235	153	122	235	167	131	201	184	120	1689	
<i>Pediastrum</i>	2	0	2	0	1	0	0	0	2	2	9	
<i>Scenedesmus</i>	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	4	
<i>Sphaerocystis</i>	4	23	14	11	21	33	19	17	28	8	178	
<i>Staurastrum</i>	2	1	0	1	1	1	2	2	1	2	13	
<i>Tetraedron</i>	11	5	22	15	30	14	11	16	9	8	141	
<i>Tetrastrum</i>	9	9	33	20	14	10	15	9	6	17	142	
<i>Ceratium</i>	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	6	
<i>Gymnodinium</i>	1	1	0	0	2	2	0	0	2	0	8	
<i>Phacus</i>	111	69	75	88	131	79	87	62	78	141	921	2
<i>Aulacoseira</i>	5	0	0	2	0	1	2	0	0	0	10	
<i>Cocconeis</i>	3	3	1	2	4	11	4	2	1	5	36	
<i>Cyclotella</i>	55	46	22	47	43	33	42	36	52	58	434	1
<i>Fragilaria</i>	3	0	2	3	2	9	5	0	3	4	31	
<i>Navicula</i>	2	1	0	0	0	1	1	0	2	2	9	
<i>Nitzschia</i>	0	0	0	3	3	0	0	0	1	0	7	
<i>Dinobryon</i>	8	6	7	0	0	0	4	0	2	5	32	
TOTAL	583	565	653	505	852	505	527	602	677	614	6083	

Fuente: Palmer (1979).

$$OPI = \sum_{i=1}^{20} 2 + 1$$

$$OPI = 3$$

El punto MOJ-A06 (entrada 1) presenta un valor de 3 en el índice de OPI, por lo que según Ramírez (2000) como el valor es menor que 15, presenta “baja contaminación orgánica”.

Saprobiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Pantle-Buck

GÉNERO	N° de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)	
<i>Cosmarium</i>	43	0,71	1		
<i>Crucigeniella</i>	16	0,26	1		
<i>Dictyosphaerium</i>	2343	38,52	2		
<i>Monoraphidium</i>	11	0,18	1		
<i>Oocystis</i>	1689	27,77	1		
<i>Pediastrum</i>	9	0,15	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Scenedesmus</i>	4	0,07	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Sphaerocystis</i>	178	2,93	1		
<i>Staurastrum</i>	13	0,21	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Tetraedron</i>	141	2,32	1		
<i>Tetrastrum</i>	142	2,33	1		
<i>Ceratium</i>	6	0,10	1		
<i>Gymnodinium</i>	8	0,13	1		
<i>Phacus</i>	921	15,14	1		
<i>Aulacoseira</i>	10	0,16	1		
<i>Cocconeis</i>	36	0,59	1		
<i>Cyclotella</i>	434	7,13	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Fragilaria</i>	31	0,51	1		
<i>Navicula</i>	9	0,15	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Nitzschia</i>	7	0,12	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Dinobryon</i>	32	0,53	1		
TOTAL	6083	100,00			

Fuente: Pantle y Buck (1995).

$$s = \frac{(2 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1)}{(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)}$$

$$s = 2.33$$

Según Pantle-Buck el grado de contaminación en el punto MOJ-A06 (entrada 1) analizada presenta “Contaminación orgánica débil”, ya que valor obtenido es 2.33 con nivel “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Palmer

GÉNERO	Nº de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)		VALOR (g)
<i>Cosmarium</i>	43	0,71	1			
<i>Crucigeniella</i>	16	0,26	1			
<i>Dictyosphaerium</i>	2343	38,52	2			
<i>Monoraphidium</i>	11	0,18	1			
<i>Oocystis</i>	1689	27,77	1			
<i>Pediastrum</i>	9	0,15	1			
<i>Scenedesmus</i>	4	0,07	1			
<i>Sphaerocystis</i>	178	2,93	1			
<i>Staurastrum</i>	13	0,21	1			
<i>Tetraedron</i>	141	2,32	1			
<i>Tetrastrum</i>	142	2,33	1			
<i>Ceratium</i>	6	0,10	1			
<i>Gymnodinium</i>	8	0,13	1			
<i>Phacus</i>	921	15,14	1			
<i>Aulacoseira</i>	10	0,16	1			
<i>Cocconeis</i>	36	0,59	1			
<i>Cyclotella</i>	434	7,13	1	Beta-mesaprófico	2	1
<i>Fragilaria</i>	31	0,51	1			
<i>Navicula</i>	9	0,15	1			
<i>Nitzschia</i>	7	0,12	1			
<i>Dinobryon</i>	32	0,53	1			
TOTAL	6083	100,00				

Fuente: Roldán (1992).

$$s = \frac{(2 * 1 * 1)}{(1)}$$

$$s = 2$$

En el punto MOJ-A06 (entrada 1) el valor obtenido de 2 mediante la aplicación de la fórmula de Palmer se considera “β- mesosaprobio”.

Proceso de índices de saporiedad del mes de julio época de estiaje

Saporiedad a partir del fitoplancton bioindicador según OPI

GÉNERO	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	N° de individuos	OPI
<i>Cosmarium</i>	3	1	2	5	0	5	2	4	1	2	25	
<i>Crucigeniella</i>	1	2	0	0	0	1	2	0	0	2	8	
<i>Dictyosphaerium</i>	274	195	311	258	366	192	246	215	283	164	2504	
<i>Monoraphidium</i>	0	0	0	2	0	0	2	0	0	3	7	
<i>Oocystis</i>	205	190	177	156	288	177	187	147	233	175	1935	
<i>Pediastrum</i>	0	0	4	0	1	0	1	0	3	0	9	
<i>Scenedesmus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	4	
<i>Sphaerocystis</i>	30	19	17	15	11	8	14	18	14	9	155	
<i>Staurastrum</i>	3	0	0	1	1	2	1	1	2	0	11	
<i>Tetraedron</i>	4	7	3	3	12	2	5	6	4	11	57	
<i>Tetrastrum</i>	11	5	7	16	11	9	11	17	10	8	105	
<i>Ceratium</i>	0	2	0	0	3	1	0	0	0	3	9	
<i>Gymnodinium</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	
<i>Phacus</i>	124	82	139	145	113	66	142	52	63	78	1004	2
<i>Aulacoseira</i>	3	0	5	0	7	0	3	2	0	3	23	
<i>Cocconeis</i>	0	9	4	0	0	3	0	0	0	6	22	
<i>Cyclotella</i>	57	43	30	42	57	59	45	33	54	48	468	1
<i>Fragilaria</i>	0	0	2	1	1	0	2	2	0	1	9	
<i>Navicula</i>	3	2	0	0	0	1	2	0	0	2	10	
<i>Nitzschia</i>	0	0	2	0	1	0	0	1	0	1	5	
<i>Dinobryon</i>	2	0	3	0	2	0	0	3	1	0	11	
TOTAL	720	557	707	646	874	526	665	501	669	518	6383	

Fuente: Palmer (1979).

$$OPI = \sum_{i=1}^{20} 2 + 1$$

$$OPI = 3$$

El punto MOJ-A01 (salida) presenta un valor de 3 en el índice de OPI, por lo que según Ramírez (2000) como el valor es menor que 15, presenta “baja contaminación orgánica”.



Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Pantle-Buck

GÉNERO	N° de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)	
<i>Cosmarium</i>	25	0,39	1		
<i>Crucigeniella</i>	8	0,13	1		
<i>Dictyosphaerium</i>	2504	39,23	2		
<i>Monoraphidium</i>	7	0,11	1		
<i>Oocystis</i>	1935	30,31	1		
<i>Pediastrum</i>	9	0,14	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Scenedesmus</i>	4	0,06	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Sphaerocystis</i>	155	2,43	1		
<i>Staurastrum</i>	11	0,17	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Tetraedron</i>	57	0,89	1		
<i>Tetrastrum</i>	105	1,64	1		
<i>Ceratium</i>	9	0,14	1		
<i>Gymnodinium</i>	2	0,03	1		
<i>Phacus</i>	1004	15,73	1		
<i>Aulacoseira</i>	23	0,36	1		
<i>Cocconeis</i>	22	0,34	1		
<i>Cyclotella</i>	468	7,33	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Fragilaria</i>	9	0,14	1		
<i>Navicula</i>	10	0,16	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Nitzschia</i>	5	0,08	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Dinobryon</i>	11	0,17	1		
TOTAL	6383	100,00			

Fuente: Pantle y Buck (1995).

$$s = \frac{(2 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1)}{(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)}$$

$$s = 2.33$$

Según Pantle-Buck el grado de contaminación en el punto MOJ-A01 (salida) analizada presenta “Contaminación orgánica débil”, ya que valor obtenido es 2.33 con nivel “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Palmer

GÉNERO	Nº de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)		VALOR (g)
<i>Cosmarium</i>	25	0,39	1			
<i>Crucigeniella</i>	8	0,13	1			
<i>Dictyosphaerium</i>	2504	39,23	2			
<i>Monoraphidium</i>	7	0,11	1			
<i>Oocystis</i>	1935	30,31	1			
<i>Pediastrum</i>	9	0,14	1			
<i>Scenedesmus</i>	4	0,06	1			
<i>Sphaerocystis</i>	155	2,43	1			
<i>Staurastrum</i>	11	0,17	1			
<i>Tetraedron</i>	57	0,89	1			
<i>Tetrastrum</i>	105	1,64	1			
<i>Ceratium</i>	9	0,14	1			
<i>Gymnodinium</i>	2	0,03	1			
<i>Phacus</i>	1004	15,73	1			
<i>Aulacoseira</i>	23	0,36	1			
<i>Cocconeis</i>	22	0,34	1			
<i>Cyclotella</i>	468	7,33	1	Beta-mesaprófico	2	1
<i>Fragilaria</i>	9	0,14	1			
<i>Navicula</i>	10	0,16	1			
<i>Nitzschia</i>	5	0,08	1			
<i>Dinobryon</i>	11	0,17	1			
TOTAL	6383	100,00				

Fuente: Roldán (1992).

$$s = \frac{(2 * 1 * 1)}{(1)}$$

$$s = 2$$

En el punto MOJ-A01 (salida) el valor obtenido de 2 mediante la aplicación de la fórmula de Palmer se considera “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según OPI

GÉNERO	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	N° de individuos	OPI
<i>Cosmarium</i>	2	2	3	0	3	0	4	4	3	2		23	
<i>Crucigeniella</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2		4	
<i>Dictyosphaerium</i>	261	185	283	264	325	181	234	265	273	135		2406	
<i>Monoraphidium</i>	0	2	0	0	0	3	2	0	0	0		7	
<i>Oocystis</i>	164	182	169	143	257	199	172	167	217	135		1805	
<i>Pediastrum</i>	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0		4	
<i>Scenedesmus</i>	1	0	1	0	2	0	0	0	1	0		5	
<i>Sphaerocystis</i>	28	14	22	14	13	7	11	14	10	7		140	
<i>Staurastrum</i>	2	0	0	0	1	2	0	1	0	0		6	
<i>Tetraedron</i>	0	5	2	3	4	2	5	4	4	9		38	
<i>Tetrastrum</i>	7	4	3	8	7	6	5	5	7	9		61	
<i>Ceratium</i>	2	0	3	0	5	1	2	0	0	1		14	
<i>Gymnodinium</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0		3	
<i>Phacus</i>	124	95	89	53	125	77	58	75	54	61		811	2
<i>Aulacoseira</i>	5	0	0	0	5	0	2	2	0	7		21	
<i>Cocconeis</i>	0	2	1	0	0	3	2	0	0	4		12	
<i>Cyclotella</i>	39	24	16	44	34	57	48	37	41	29		369	1
<i>Fragilaria</i>	2	2	0	1	0	0	2	0	0	1		8	
<i>Navicula</i>	4	1	0	0	0	0	1	0	0	1		7	
<i>Nitzschia</i>	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0		4	
<i>Dinobryon</i>	5	0	0	0	2	1	0	0	1	0		9	
TOTAL	650	518	592	530	785	539	553	574	613	403		5757	

Fuente: Palmer (1979).

$$OPI = \sum_{i=1}^{20} 2 + 1$$

$$OPI = 3$$

El punto MOJ-A02 (punto profundo) presenta un valor de 3 en el índice de OPI, por lo que según Ramírez (2000) como el valor es menor que 15, presenta “baja contaminación orgánica”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Pantle-Buck

GÉNERO	N° de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)	
<i>Cosmarium</i>	23	0,40	1		
<i>Crucigeniella</i>	4	0,07	1		
<i>Dictyosphaerium</i>	2406	41,79	2		
<i>Monoraphidium</i>	7	0,12	1		
<i>Oocystis</i>	1805	31,35	1		
<i>Pediastrum</i>	4	0,07	1	Beta-mesapróbico	2
<i>Scenedesmus</i>	5	0,09	1	Beta-mesapróbico	2
<i>Sphaerocystis</i>	140	2,43	1		
<i>Staurastrum</i>	6	0,10	1	Alfa-mesopróbico	3
<i>Tetraedron</i>	38	0,66	1		
<i>Tetrastrum</i>	61	1,06	1		
<i>Ceratium</i>	14	0,24	1		
<i>Gymnodinium</i>	3	0,05	1		
<i>Phacus</i>	811	14,09	1		
<i>Aulacoseira</i>	21	0,36	1		
<i>Cocconeis</i>	12	0,21	1		
<i>Cyclotella</i>	369	6,41	1	Beta-mesapróbico	2
<i>Fragilaria</i>	8	0,14	1		
<i>Navicula</i>	7	0,12	1	Alfa-mesopróbico	3
<i>Nitzschia</i>	4	0,07	1	Beta-mesapróbico	2
<i>Dinobryon</i>	9	0,16	1		
TOTAL	5757	100,00			

Fuente: Pantle y Buck (1995).

$$s = \frac{(2 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1)}{(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)}$$

$$s = 2.33$$

Según Pantle-Buck el grado de contaminación en el punto MOJ-A02 (punto profundo) analizada presenta “Contaminación orgánica débil”, ya que valor obtenido es 2.33 con nivel “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Palmer

GÉNERO	Nº de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)		VALOR (g)
<i>Cosmarium</i>	23	0,40	1			
<i>Crucigeniella</i>	4	0,07	1			
<i>Dictyosphaerium</i>	2406	41,79	2			
<i>Monoraphidium</i>	7	0,12	1			
<i>Oocystis</i>	1805	31,35	1			
<i>Pediastrum</i>	4	0,07	1			
<i>Scenedesmus</i>	5	0,09	1			
<i>Sphaerocystis</i>	140	2,43	1			
<i>Staurastrum</i>	6	0,10	1			
<i>Tetraedron</i>	38	0,66	1			
<i>Tetrastrum</i>	61	1,06	1			
<i>Ceratium</i>	14	0,24	1			
<i>Gymnodinium</i>	3	0,05	1			
<i>Phacus</i>	811	14,09	1			
<i>Aulacoseira</i>	21	0,36	1			
<i>Cocconeis</i>	12	0,21	1			
<i>Cyclotella</i>	369	6,41	1	Beta-mesapróbico	2	1
<i>Fragilaria</i>	8	0,14	1			
<i>Navicula</i>	7	0,12	1			
<i>Nitzschia</i>	4	0,07	1			
<i>Dinobryon</i>	9	0,16	1			
TOTAL	5757	100,00				

Fuente: Roldán (1992).

$$s = \frac{(2 * 1 * 1)}{(1)}$$

$$s = 2$$

En el punto MOJ-A02 (punto profundo) el valor obtenido de 2 mediante la aplicación de la fórmula de Palmer se considera “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según OPI

GÉNERO	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	N° de individuos	OPI
<i>Cosmarium</i>	5	3	9	7	0	5	11	4	3	2	49	
<i>Crucigeniella</i>	0	3	1	3	0	1	2	0	2	0	12	
<i>Dictyosphaerium</i>	266	201	297	244	241	188	239	247	277	193	2393	
<i>Monoraphidium</i>	0	2	0	1	2	1	3	0	0	2	11	
<i>Oocystis</i>	194	186	209	188	276	198	193	133	211	162	1950	
<i>Pediastrum</i>	2	0	1	2	1	0	2	0	0	2	10	
<i>Scenedesmus</i>	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	4	
<i>Sphaerocystis</i>	28	17	13	11	9	7	17	20	28	17	167	
<i>Staurastrum</i>	0	1	0	1	1	1	0	1	3	0	8	
<i>Tetraedron</i>	5	11	6	8	17	3	8	6	4	9	77	
<i>Tetrastrum</i>	13	5	14	27	15	12	11	16	11	17	141	
<i>Ceratium</i>	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	5	
<i>Gymnodinium</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	4	
<i>Phacus</i>	99	62	88	125	163	42	56	39	73	86	833	2
<i>Aulacoseira</i>	1	2	4	0	5	2	1	2	7	0	24	
<i>Cocconeis</i>	2	7	13	5	0	4	3	0	0	4	38	
<i>Cyclotella</i>	53	38	27	39	47	60	36	41	38	31	410	1
<i>Fragilaria</i>	3	6	2	1	1	3	2	2	0	1	21	
<i>Navicula</i>	2	0	2	0	2	1	2	0	0	0	9	
<i>Nitzschia</i>	1	0	2	0	1	0	0	0	0	1	5	
<i>Dinobryon</i>	3	7	3	0	2	0	7	3	1	0	26	
TOTAL	679	553	692	664	785	529	593	515	660	527	6197	

Fuente: Palmer (1979).

$$OPI = \sum_{i=1}^{20} 2 + 1$$

$$OPI = 3$$

El punto MOJ-A03 (entrada 4) presenta un valor de 3 en el índice de OPI, por lo que según Ramírez (2000) como el valor es menor que 15, presenta “baja contaminación orgánica”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Pantle-Buck

GÉNERO	N° de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)	
<i>Cosmarium</i>	49	0,79	1		
<i>Crucigeniella</i>	12	0,19	1		
<i>Dictyosphaerium</i>	2393	38,62	2		
<i>Monoraphidium</i>	11	0,18	1		
<i>Oocystis</i>	1950	31,47	1		
<i>Pediastrum</i>	10	0,16	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Scenedesmus</i>	4	0,06	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Sphaerocystis</i>	167	2,69	1		
<i>Staurastrum</i>	8	0,13	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Tetraedron</i>	77	1,24	1		
<i>Tetrastrum</i>	141	2,28	1		
<i>Ceratium</i>	5	0,08	1		
<i>Gymnodinium</i>	4	0,06	1		
<i>Phacus</i>	833	13,44	1		
<i>Aulacoseira</i>	24	0,39	1		
<i>Cocconeis</i>	38	0,61	1		
<i>Cyclotella</i>	410	6,62	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Fragilaria</i>	21	0,34	1		
<i>Navicula</i>	9	0,15	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Nitzschia</i>	5	0,08	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Dinobryon</i>	26	0,42	1		
TOTAL	6197	100,00			

Fuente: Pantle y Buck (1995).

$$s = \frac{(2 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1)}{(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)}$$

$$s = 2.33$$

Según Pantle-Buck el grado de contaminación en el punto MOJ-A03 (entrada 4) analizada presenta “Contaminación orgánica débil”, ya que valor obtenido es 2.33 con nivel “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Palmer

GÉNERO	Nº de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)		VALOR (g)
<i>Cosmarium</i>	49	0,79	1			
<i>Crucigeniella</i>	12	0,19	1			
<i>Dictyosphaerium</i>	2393	38,62	2			
<i>Monoraphidium</i>	11	0,18	1			
<i>Oocystis</i>	1950	31,47	1			
<i>Pediastrum</i>	10	0,16	1			
<i>Scenedesmus</i>	4	0,06	1			
<i>Sphaerocystis</i>	167	2,69	1			
<i>Staurastrum</i>	8	0,13	1			
<i>Tetraedron</i>	77	1,24	1			
<i>Tetrastrum</i>	141	2,28	1			
<i>Ceratium</i>	5	0,08	1			
<i>Gymnodinium</i>	4	0,06	1			
<i>Phacus</i>	833	13,44	1			
<i>Aulacoseira</i>	24	0,39	1			
<i>Cocconeis</i>	38	0,61	1			
<i>Cyclotella</i>	410	6,62	1	Beta-mesaprófico	2	1
<i>Fragilaria</i>	21	0,34	1			
<i>Navicula</i>	9	0,15	1			
<i>Nitzschia</i>	5	0,08	1			
<i>Dinobryon</i>	26	0,42	1			
TOTAL	6197	100,00				

Fuente: Roldán (1992).

$$s = \frac{(2 * 1 * 1)}{(1)}$$

$$s = 2$$

En el punto MOJ-A03 (entrada 4) el valor obtenido de 2 mediante la aplicación de la fórmula de Palmer se considera “β- mesosaprobio”.



Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según OPI

GÉNERO	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	N° de individuos	OPI
<i>Cosmarium</i>	3	5	2	5	2	3	7	0	3	0	30	
<i>Crucigeniella</i>	2	0	0	0	2	2	2	0	0	0	8	
<i>Dictyosphaerium</i>	271	222	296	248	385	209	247	243	129	181	2431	
<i>Monoraphidium</i>	0	2	0	1	2	1	3	0	0	2	11	
<i>Oocystis</i>	213	191	218	229	286	223	211	186	196	171	2124	
<i>Pediastrum</i>	1	2	0	2	2	0	2	0	0	0	9	
<i>Scenedesmus</i>	2	0	0	0	2	0	0	0	0	2	6	
<i>Sphaerocystis</i>	31	12	10	8	17	14	24	16	26	22	180	
<i>Staurastrum</i>	4	0	3	0	0	0	3	0	3	0	13	
<i>Tetraedron</i>	7	15	8	4	11	6	10	4	3	5	73	
<i>Tetrastrum</i>	7	3	9	21	12	9	7	14	9	15	106	
<i>Ceratium</i>	0	0	0	0	1	1	0	1	0	2	5	
<i>Gymnodinium</i>	2	1	1	2	0	0	0	0	1	0	7	
<i>Phacus</i>	78	98	108	141	107	88	168	74	81	91	1034	2
<i>Aulacoseira</i>	2	2	4	2	7	0	1	2	0	2	22	
<i>Cocconeis</i>	0	0	8	5	0	0	0	2	0	2	17	
<i>Cyclotella</i>	57	58	61	33	52	42	51	49	47	38	488	1
<i>Fragilaria</i>	0	0	0	4	3	0	5	0	0	2	14	
<i>Navicula</i>	3	0	4	0	0	1	2	0	2	3	15	
<i>Nitzschia</i>	1	0	2	0	1	0	0	0	3	2	9	
<i>Dinobryon</i>	2	6	3	1	3	0	4	3	1	0	23	
TOTAL	686	617	737	706	895	599	747	594	504	540	6625	

Fuente: Palmer (1979).

$$OPI = \sum_{i=1}^{20} 2 + 1$$

$$OPI = 3$$

El punto MOJ-A04 (entrada 3) presenta un valor de 3 en el índice de OPI, por lo que según Ramírez (2000) como el valor es menor que 15, presenta “baja contaminación orgánica”.

Saprobiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Pantle-Buck

GÉNERO	N° de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)	
<i>Cosmarium</i>	30	0,45	1		
<i>Crucigeniella</i>	8	0,12	1		
<i>Dictyosphaerium</i>	2431	36,69	2		
<i>Monoraphidium</i>	11	0,17	1		
<i>Oocystis</i>	2124	32,06	1		
<i>Pediastrum</i>	9	0,14	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Scenedesmus</i>	6	0,09	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Sphaerocystis</i>	180	2,72	1		
<i>Staurastrum</i>	13	0,20	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Tetraedron</i>	73	1,10	1		
<i>Tetrastrum</i>	106	1,60	1		
<i>Ceratium</i>	5	0,08	1		
<i>Gymnodinium</i>	7	0,11	1		
<i>Phacus</i>	1034	15,61	1		
<i>Aulacoseira</i>	22	0,33	1		
<i>Cocconeis</i>	17	0,26	1		
<i>Cyclotella</i>	488	7,37	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Fragilaria</i>	14	0,21	1		
<i>Navicula</i>	15	0,23	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Nitzschia</i>	9	0,14	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Dinobryon</i>	23	0,35	1		
TOTAL	6625	100,00			

Fuente: Pantle y Buck (1995).

$$s = \frac{(2 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1)}{(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)}$$

$$s = 2.33$$

Según Pantle-Buck el grado de contaminación en el punto MOJ-A04 (entrada 3) analizada presenta “Contaminación orgánica débil”, ya que valor obtenido es 2.33 con nivel “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Palmer

GÉNERO	Nº de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)		VALOR (g)
<i>Cosmarium</i>	30	0,45	1			
<i>Crucigeniella</i>	8	0,12	1			
<i>Dictyosphaerium</i>	2431	36,69	2			
<i>Monoraphidium</i>	11	0,17	1			
<i>Oocystis</i>	2124	32,06	1			
<i>Pediastrum</i>	9	0,14	1			
<i>Scenedesmus</i>	6	0,09	1			
<i>Sphaerocystis</i>	180	2,72	1			
<i>Staurastrum</i>	13	0,20	1			
<i>Tetraedron</i>	73	1,10	1			
<i>Tetrastrum</i>	106	1,60	1			
<i>Ceratium</i>	5	0,08	1			
<i>Gymnodinium</i>	7	0,11	1			
<i>Phacus</i>	1034	15,61	1			
<i>Aulacoseira</i>	22	0,33	1			
<i>Cocconeis</i>	17	0,26	1			
<i>Cyclotella</i>	488	7,37	1	Beta-mesaprófico	2	1
<i>Fragilaria</i>	14	0,21	1			
<i>Navicula</i>	15	0,23	1			
<i>Nitzschia</i>	9	0,14	1			
<i>Dinobryon</i>	23	0,35	1			
TOTAL	6625	100,00				

Fuente: Roldán (1992).

$$s = \frac{(2 * 1 * 1)}{(1)}$$

$$s = 2$$

En el punto MOJ-A04 (entrada 3) el valor obtenido de 2 mediante la aplicación de la fórmula de Palmer se considera “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según OPI

GÉNERO	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	N° de individuos	OPI
<i>Cosmarium</i>	2	4	9	5	5	2	4	2	8	0	41	
<i>Crucigeniella</i>	0	2	0	1	2	0	2	0	0	0	7	
<i>Dictyosphaerium</i>	181	151	287	222	354	145	195	247	283	275	2340	
<i>Monoraphidium</i>	1	0	0	0	3	0	1	1	0	0	6	
<i>Oocystis</i>	152	141	235	133	241	135	166	156	244	175	1778	
<i>Pediastrum</i>	2	0	0	0	2	0	1	0	0	0	5	
<i>Scenedesmus</i>	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	3	
<i>Sphaerocystis</i>	25	16	21	17	30	15	11	27	12	10	184	
<i>Staurastrum</i>	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	5	
<i>Tetraedron</i>	9	4	11	21	30	14	17	11	10	12	139	
<i>Tetrastrum</i>	3	5	16	12	5	10	11	14	18	9	103	
<i>Ceratium</i>	2	3	0	0	0	0	2	0	0	0	7	
<i>Gymnodinium</i>	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	6	
<i>Phacus</i>	88	66	86	99	57	75	60	77	61	72	741	2
<i>Aulacoseira</i>	4	0	0	6	0	1	0	0	0	0	11	
<i>Cocconeis</i>	0	0	0	2	4	3	5	3	0	0	17	
<i>Cyclotella</i>	34	33	43	30	42	30	34	41	25	39	351	1
<i>Fragilaria</i>	6	0	0	4	3	4	0	2	0	0	19	
<i>Navicula</i>	2	0	0	2	1	0	1	0	0	1	7	
<i>Nitzschia</i>	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	
<i>Dinobryon</i>	0	8	0	0	2	0	0	0	2	0	12	
TOTAL	517	434	708	556	786	436	511	581	664	593	5786	

Fuente: Palmer (1979).

$$OPI = \sum_{i=1}^{20} 2 + 1$$

$$OPI = 3$$

El punto MOJ-A05 (entrada 2) presenta un valor de 3 en el índice de OPI, por lo que según Ramírez (2000) como el valor es menor que 15, presenta “baja contaminación orgánica”.

Saprobiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Pantle-Buck

GÉNERO	N° de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)	
<i>Cosmarium</i>	41	0,71	1		
<i>Crucigeniella</i>	7	0,12	1		
<i>Dictyosphaerium</i>	2340	40,44	2		
<i>Monoraphidium</i>	6	0,10	1		
<i>Oocystis</i>	1778	30,73	1		
<i>Pediastrum</i>	5	0,09	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Scenedesmus</i>	3	0,05	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Sphaerocystis</i>	184	3,18	1		
<i>Staurastrum</i>	5	0,09	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Tetraedron</i>	139	2,40	1		
<i>Tetrastrum</i>	103	1,78	1		
<i>Ceratium</i>	7	0,12	1		
<i>Gymnodinium</i>	6	0,10	1		
<i>Phacus</i>	741	12,81	1		
<i>Aulacoseira</i>	11	0,19	1		
<i>Cocconeis</i>	17	0,29	1		
<i>Cyclotella</i>	351	6,07	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Fragilaria</i>	19	0,33	1		
<i>Navicula</i>	7	0,12	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Nitzschia</i>	4	0,07	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Dinobryon</i>	12	0,21	1		
TOTAL	5786	100,00			

Fuente: Pantle y Buck (1995).

$$s = \frac{(2 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1)}{(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)}$$

$$s = 2.33$$

Según Pantle-Buck el grado de contaminación en el punto MOJ-A05 (entrada 2) analizada presenta “Contaminación orgánica débil”, ya que valor obtenido es 2.5 con nivel “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Palmer

GÉNERO	Nº de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)		VALOR (g)
<i>Cosmarium</i>	41	0,71	1			
<i>Crucigeniella</i>	7	0,12	1			
<i>Dictyosphaerium</i>	2340	40,44	2			
<i>Monoraphidium</i>	6	0,10	1			
<i>Oocystis</i>	1778	30,73	1			
<i>Pediastrum</i>	5	0,09	1			
<i>Scenedesmus</i>	3	0,05	1			
<i>Sphaerocystis</i>	184	3,18	1			
<i>Staurastrum</i>	5	0,09	1			
<i>Tetraedron</i>	139	2,40	1			
<i>Tetrastrum</i>	103	1,78	1			
<i>Ceratium</i>	7	0,12	1			
<i>Gymnodinium</i>	6	0,10	1			
<i>Phacus</i>	741	12,81	1			
<i>Aulacoseira</i>	11	0,19	1			
<i>Cocconeis</i>	17	0,29	1			
<i>Cyclotella</i>	351	6,07	1	Beta-mesaprófico	2	1
<i>Fragilaria</i>	19	0,33	1			
<i>Navicula</i>	7	0,12	1			
<i>Nitzschia</i>	4	0,07	1			
<i>Dinobryon</i>	12	0,21	1			
TOTAL	5786	100,00				

Fuente: Roldán (1992).

$$s = \frac{(2 * 1 * 1)}{(1)}$$

$$s = 2$$

En el punto MOJ-A05 (entrada 2) el valor obtenido de 2 mediante la aplicación de la fórmula de Palmer se considera “β- mesosaprobio”.

Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según OPI

GÉNERO	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	N° de individuos	OPI
<i>Cosmarium</i>	0	4	5	5	5	2	4	2	4	0	31	
<i>Crucigeniella</i>	0	2	0	4	0	0	2	0	0	1	9	
<i>Dictyosphaerium</i>	185	157	266	213	345	185	167	253	271	254	2296	
<i>Monoraphidium</i>	0	0	0	0	3	0	1	2	0	0	6	
<i>Oocystis</i>	142	132	233	128	239	131	157	148	243	171	1724	
<i>Pediastrum</i>	0	0	2	0	2	0	1	1	0	0	6	
<i>Scenedesmus</i>	0	1	0	1	0	1	1	0	0	2	4	
<i>Sphaerocystis</i>	22	15	21	13	19	11	14	24	9	13	161	
<i>Staurastrum</i>	1	1	0	1	0	1	0	0	1	2	7	
<i>Tetraedron</i>	4	4	9	21	22	14	15	11	10	12	122	
<i>Tetrastrum</i>	9	5	9	12	2	10	9	14	11	3	84	
<i>Ceratium</i>	2	2	0	0	1	0	2	0	0	1	8	
<i>Gymnodinium</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	
<i>Phacus</i>	145	62	83	70	52	57	57	50	68	124	768	2
<i>Aulacoseira</i>	0	0	0	4	0	1	0	0	5	0	10	
<i>Cocconeis</i>	0	0	0	2	3	0	5	3	0	5	18	
<i>Cyclotella</i>	39	29	28	45	42	46	42	37	53	31	392	1
<i>Fragilaria</i>	0	4	0	0	3	4	0	2	0	2	15	
<i>Navicula</i>	0	1	0	2	1	0	1	2	1	0	8	
<i>Nitzschia</i>	2	0	0	1	1	0	0	0	0	1	5	
<i>Dinobryon</i>	0	4	0	0	2	0	4	0	3	0	13	
TOTAL	553	423	656	522	742	463	482	549	679	623	5690	

Fuente: Palmer (1979).

$$OPI = \sum_{i=1}^{20} 2 + 1$$

$$OPI = 3$$

El punto MOJ-A06 (entrada 1) presenta un valor de 3 en el índice de OPI, por lo que según Ramírez (2000) como el valor es menor que 15, presenta “baja contaminación orgánica”.

Saprobiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Pantle-Buck

GÉNERO	N° de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)	
<i>Cosmarium</i>	31	0,54	1		
<i>Crucigeniella</i>	9	0,16	1		
<i>Dictyosphaerium</i>	2296	40,35	2		
<i>Monoraphidium</i>	6	0,11	1		
<i>Oocystis</i>	1724	30,30	1		
<i>Pediastrum</i>	6	0,11	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Scenedesmus</i>	4	0,07	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Sphaerocystis</i>	161	2,83	1		
<i>Staurastrum</i>	7	0,12	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Tetraedron</i>	122	2,14	1		
<i>Tetrastrum</i>	84	1,48	1		
<i>Ceratium</i>	8	0,14	1		
<i>Gymnodinium</i>	3	0,05	1		
<i>Phacus</i>	768	13,50	1		
<i>Aulacoseira</i>	10	0,18	1		
<i>Cocconeis</i>	18	0,32	1		
<i>Cyclotella</i>	392	6,89	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Fragilaria</i>	15	0,26	1		
<i>Navicula</i>	8	0,14	1	Alfa-mesoprófico	3
<i>Nitzschia</i>	5	0,09	1	Beta-mesaprófico	2
<i>Dinobryon</i>	13	0,23	1		
TOTAL	5690	100,00			

Fuente: Pantle y Buck (1995).

$$s = \frac{(2 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1) + (3 * 1) + (2 * 1)}{(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)}$$

$$s = 2.33$$

Según Pantle-Buck el grado de contaminación en el punto MOJ-A06 (entrada 1) analizada presenta “Contaminación orgánica débil”, ya que valor obtenido es 2.33 con nivel “β- mesosaprobio”.



Sapróbiedad a partir del fitoplancton bioindicador según Palmer

GÉNERO	Nº de individuos	PROMEDIO %	CALIFICACIÓN (H)	CLASIFICACIÓN SAPRÓBIANO (S)		VALOR (g)
<i>Cosmarium</i>	31	0,54	1			
<i>Crucigeniella</i>	9	0,16	1			
<i>Dictyosphaerium</i>	2296	40,35	2			
<i>Monoraphidium</i>	6	0,11	1			
<i>Oocystis</i>	1724	30,30	1			
<i>Pediastrum</i>	6	0,11	1			
<i>Scenedesmus</i>	4	0,07	1			
<i>Sphaerocystis</i>	161	2,83	1			
<i>Staurastrum</i>	7	0,12	1			
<i>Tetraedron</i>	122	2,14	1			
<i>Tetrastrum</i>	84	1,48	1			
<i>Ceratium</i>	8	0,14	1			
<i>Gymnodinium</i>	3	0,05	1			
<i>Phacus</i>	768	13,50	1			
<i>Aulacoseira</i>	10	0,18	1			
<i>Cocconeis</i>	18	0,32	1			
<i>Cyclotella</i>	392	6,89	1	Beta-mesaprófico	2	1
<i>Fragilaria</i>	15	0,26	1			
<i>Navicula</i>	8	0,14	1			
<i>Nitzschia</i>	5	0,09	1			
<i>Dinobryon</i>	13	0,23	1			
TOTAL	5690	100,00				

Fuente: Roldán (1992).

$$s = \frac{(2 * 1 * 1)}{(1)}$$

$$s = 2$$

En el punto MOJ-A06 (entrada 1) el valor obtenido de 2 mediante la aplicación de la fórmula de Palmer se considera “β- mesosaprobio”.