



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

**COMPARACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE FITOPLANCTON ENTRE  
LA ÉPOCA SECA Y LLUVIOSA EN UNA LAGUNA ALTOANDINA DE  
LA CORDILLERA ORIENTAL DEL SUR DE LOS ANDES DEL  
ECUADOR**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de: BIÓLOGO**

**AUTOR:**

**ALEXANDRA ESTEFANIA VIDAL CADMILEMA**

**DIRECTOR:**

**BLGO. EDWIN ZARATE HUGO MSc.**

**Cuenca, Ecuador**

**2025**



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi Familia y comunidad, por apoyarme en este tiempo de estudio en la carrera, por motivarme y creer en mí. Y a todas aquellas personas que quieran explorar el estudio del Agua en los lagos Andinos, con el objetivo de promover y cuidar la continuidad de la vida.



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a todas las personas que me han permitido estudiar, aprender, trabajar y compartir sobre la cultura y la naturaleza, en este caso la importancia de los cuerpos de agua en la ecología. Agradezco a mis padres y familia por su apoyo inigualable e incomparable para cumplir esta meta, a mi director de tesis Mgt. Edwin Zárate y tribunal académico Mgt. David Siddons por el tiempo y el espacio dedicado a este propósito y por compartir el entusiasmo, la fuerza y el conocimiento por lo que hacen y sostener la dirección de este proyecto; a la Universidad del Azuay por promover el aprendizaje y el impulso de descubrir la ciencia. A mis compañeros biólogos, amigos y amigas que han apoyado con cada palabra y acción de aliento el proyecto; cada uno me ha enseñado que es posible el trabajo en comunidad ya que es en Propósito, Fe, Esperanza y Voluntad, que este proyecto es Victorioso.



## INDICE

### CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
INDICE .....	IV
RESUMEN.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL .....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
METODOLOGÍA .....	3
ÁREA DE ESTUDIO .....	3
Cobertura vegetal y taxonomía del suelo.....	3
Clima .....	4
MÉTODOS DE CAMPO .....	5
Transparencia .....	5
Muestreo de Fitoplancton .....	6
Parámetros físicos y Químicos .....	6
MÉTODOS DE LABORATORIO .....	6
Identificación y cuantificación de fitoplancton .....	6
Análisis de datos .....	7
Riqueza.....	7
Abundancia relativa.....	7
Diversidad alfa .....	7
RESULTADOS GENERALES.....	8
Riqueza.....	8
Abundancia relativa por Género .....	9
Diferencias por época de muestreo .....	10
Abundancia relativa por familia.....	10
Patrones de composición de géneros por época de muestreo.....	11
Análisis por zonas .....	15
Análisis de los métodos de muestreo .....	17
Esfuerzo de Muestreo.....	19
DISCUSIÓN.....	20
ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD.....	20
ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD POR ZONA.....	21
CONCLUSIONES .....	22
RECOMENDACIONES .....	22
ANEXOS.....	27
RANKING DE ABUNDANCIA .....	27



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista satélite de la laguna de Maylas-Gualaceo. ....	5
Figura 2. Riqueza de especies por método .....	9
Figura 3. Abundancia de individuos por género .....	9
Figura 4. Análisis clúster según abundancia de géneros de fitoplancton.....	10
Figura 5. Curva rango abundancia representativa de Familias de Fitoplancton correspondientes a los meses de Marzo (1 Periodo invernal), Mayo (2 Época de transición invierno-verano) y Septiembre (3 Verano) .....	11
Figura 6. Abundancia de especies registradas en el mes de marzo. ....	13
Figura 7. Abundancia de especies registradas en el mes de mayo. ....	14
Figura 8. Abundancia de especies registradas en el mes de Septiembre.....	14
Figura 9. Clúster de zonas de muestreo. Zona limnética muestreo en diferentes profundidades superficial (CS), a 4 metros de profundidad (C4m) y a 8 metros de profundidad (C8m). Zona litoral orilla izquierda (O1) y orilla derecha (O2).....	16
Figura 10. Géneros coincidentes y exclusivos encontrados en las diferentes zonas de muestreo (Superficie, 4M,8M).....	17
Figura 11. Esfuerzo de Muestreo.....	20



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Índices de Biodiversidad por Método.....	15
Tabla 2. Composición de géneros por época de muestreo.....	18
Tabla 3. Índices de Biodiversidad por Muestreo.....	24



## RESUMEN

La diversidad de Fitoplancton presente en los lagos de montaña posibilita el desarrollo de evaluaciones ambientales de los cuerpos de agua y su capacidad de retención de luz, lo cual se vincula directamente con el desarrollo de la cadena trófica y el desarrollo del fitoplancton dentro de un ecosistema acuático, ya que refleja el estado de eutrofización presente. El siguiente trabajo estudió la comparación de la diversidad de fitoplancton entre la época seca y lluviosa en una laguna alto andina de la cordillera oriental del sur de los andes del Ecuador. Se colectaron datos de variables fisicoquímicas y morfométricas, determinando la colonización del fitoplancton taxonómicamente a nivel de familia y género, según distintas profundidades y épocas climáticas dentro del cuerpo de agua dentro de un año.

**Palabras clave:** Eutrofización, Laguna Altoandina, Fitoplancton, Limnología.

*Cordinador/Director de Tesis*

*Autor/Estudiante*



## ABSTRACT

The diversity of phytoplankton present in mountain lakes is oriented towards the development of the study of water bodies and their light retention capacity, which is directly linked to the development of the trophic chain and the development of phytoplankton within an aquatic ecosystem, as it reflects the state of eutrophication present. The following work studied the comparison of phytoplankton diversity between the dry and rainy seasons in a high Andean lagoon in the eastern cordillera of the southern Andes of Ecuador. Data on physicochemical and morphometric variables were collected, as well as chlorophyll samples and the percentage of light intensity passing through the sample in different seasons within the Maylas-Llaviuco lagoon was quantified as transmittance and transparency; determining phytoplankton colonization taxonomically at the family and genus level, according to different depths within the water body.

**Key words:** Eutrophication, High Andean lagoon, Phytoplankton, Limnology.

*Thesis Coordinator/Director*

*Student/Author*

# COMPARACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE FITOPLANCTON ENTRE LA ÉPOCA SECA Y LLUVIOSA EN UNA LAGUNA ALTOANDINA DE LA CORDILLERA ORIENTAL DEL SUR DE LOS ANDES DEL ECUADOR.

## INTRODUCCIÓN

Las características de las lagunas alto-andinas son el reflejo de varios factores en los cuales destacan la formación geológica, los tipos de suelo, el clima, la vegetación circundante, entre otras (Figueroa, 2017). Originalmente los estudios de ecosistemas acuáticos alto-andinos se limitaban a test físico-químicos. En el avance de los estudios en ecología a través del tiempo, varios grupos de científicos desarrollaron protocolos de evaluación de los cuerpos de agua en los cuales se consideraron las comunidades bióticas, llevando la investigación a un estudio más profundo que considera la biodiversidad y las cadenas tróficas, en donde el fitoplancton constituye la base de un cuerpo acuático.

Las lagunas alto-andinas se caracterizan por ubicarse en sistemas de humedales parcial o totalmente separadas de la zona urbana gracias a la presencia de barreras o corredores montañosos, siempre presentan varios aportes fluviales. (MAE, 2017). Pueden tener una elevada productividad y constituir reservorios de agua importantes que son esenciales para mantener la diversidad biológica de plancton y comunidades de vertebrados e invertebrados (Sánchez *et al*, 2012). El fitoplancton incluye organismos que forman parte de esta comunidad entre los cuales se destacan las diatomeas, considerados los productores primarios más abundantes (Gasca & Suárez-Morales, 1996).

El fitoplancton tiene una función esencial en los ecosistemas altoandinos ya que actúan como transformadores de la energía que circula a niveles tróficos superiores donde pueden encontrarse organismos de importancia para el ecosistema y el consumo humano. Por lo que, podemos afirmar que las características que presentan las comunidades de Fitoplancton presente en estas lagunas, son un reflejo de la productividad y características de las mismas.



Los organismos del fitoplancton responden rápidamente a los cambios ambientales y, por lo tanto, la composición de especies en la comunidad es un indicador trófico de las características de las masas de agua (Gasca & Suárez-Morales, 1996). La necesidad y la exposición a la energía radiante del sol ha permitido que las algas desarrollen pigmentos accesorios que les permiten tener éxito captando energía a diferentes intervalos de luz o dentro del espectro fotosintéticamente activo. La energía captada permite sintetizar materia orgánica en diferentes hábitats, en su mayoría determinados por la profundidad o transparencia del agua. La rápida respuesta de las algas a los cambios ambientales, se da gracias a sus historias de vida cortas, estrategias reproductivas y estructuras especializadas (Bojorque-García & Cantoral, 2016).

Las algas, por su pronta capacidad de respuesta, son muy sensibles ante la concentración de nutrientes, principalmente el fósforo y nitrógeno, por lo que se pueden encontrar cuerpos de agua dentro de una gradiente trófica que van de oligotróficas a eutróficas (Bojorque-García & Cantoral, 2016), estas últimas son estados tróficos muy productivos, donde existe una excesiva proliferación de fitoplancton, lo que trae grandes desequilibrios en los cuerpos de agua, entre los principales están los cambios en las propiedades físicoquímicas y pérdida de biodiversidad; lo que produce la pérdida de la calidad del agua. Las lagunas altoandinas se caracterizan por ser de agua fría, con concentraciones de Clorofila "a" (Chl-a) bajas y con menor transparencia del agua, en relación con lagos de montaña de otras regiones del planeta (Van Colen, W.R. et al. 2016).

La biodiversidad de fitoplancton es de esencial importancia para mantener el equilibrio en los cuerpos de agua, como es el caso de las lagunas alto andinas y aunque la información está en constante desarrollo, se considera aún escasa, por lo que realizar investigaciones en este campo en áreas geográficas poco estudiadas, como es el caso de las lagunas altoandinas de la cordillera occidental de los Andes, por lo que estudiarlas es importante para contribuir al conocimiento de este campo.

## **Objetivo General**

Determinar la diversidad de fitoplancton en la laguna de Maylas en las épocas seca y lluviosa.



## **Objetivos específicos**

- Identificar las especies de fitoplancton presentes en diferentes ambientes de la laguna de Maylas.
- Caracterizar la estructura y la diversidad de la comunidad de fitoplancton en la laguna de Maylas.

## **METODOLOGÍA**

### **Área de Estudio**

El área de estudio está dentro del Bosque Collay al sur de la cordillera de los Andes ecuatorianos, en la cuenca hidrográfica del río San Francisco, que tiene su origen en el sector del cerro Curiquingue y pertenece al Sistema Hidrográfico Gualaceo-Paute (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2020). La laguna de Maylas está en la cabecera del río San Francisco que va en dirección noreste. El río recoge las aguas de drenajes intermedios como son; las quebradas Ashnayacu, Churucus, Chaucan y Oceró por su margen izquierdo; y por su margen derecho las quebradas Maylas, Leones, Chorro Blanco, Palmas, Calvario y Uchucay (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2020) cuyas vertientes desembocan en el océano Pacífico (Anderson, 1964).

### **Cobertura vegetal y taxonomía del suelo**

En el área de estudio se encuentran ecosistemas considerados frágiles, ya que engloba páramos húmedales e incluso bosques montanos, existe la presencia de gramíneas y una gran cantidad de epífitas, como bromelias, líquenes y musgos. Además, de especies de fauna silvestre como osos de anteojos, felinos de monte y distintas aves especialistas de páramos (MAE, 2012) y acuáticas como la trucha y las algas que son características dentro de estos ambientes lacustres. El proyecto está trazado dentro del rango de alturas entre los 3200-3600 msnm y ocupa el piso alto andino, de acuerdo con la clasificación de pisos zoo geográficos de (Albuja, 2012). Su suelo es de cobertura irregular, con un encajonamiento de fuertes pendientes a lo largo del río San Francisco, correspondiente a valles aluviales (Valencia, 2018). Se encuentran suelos no alofánicos, ya que se conforman de

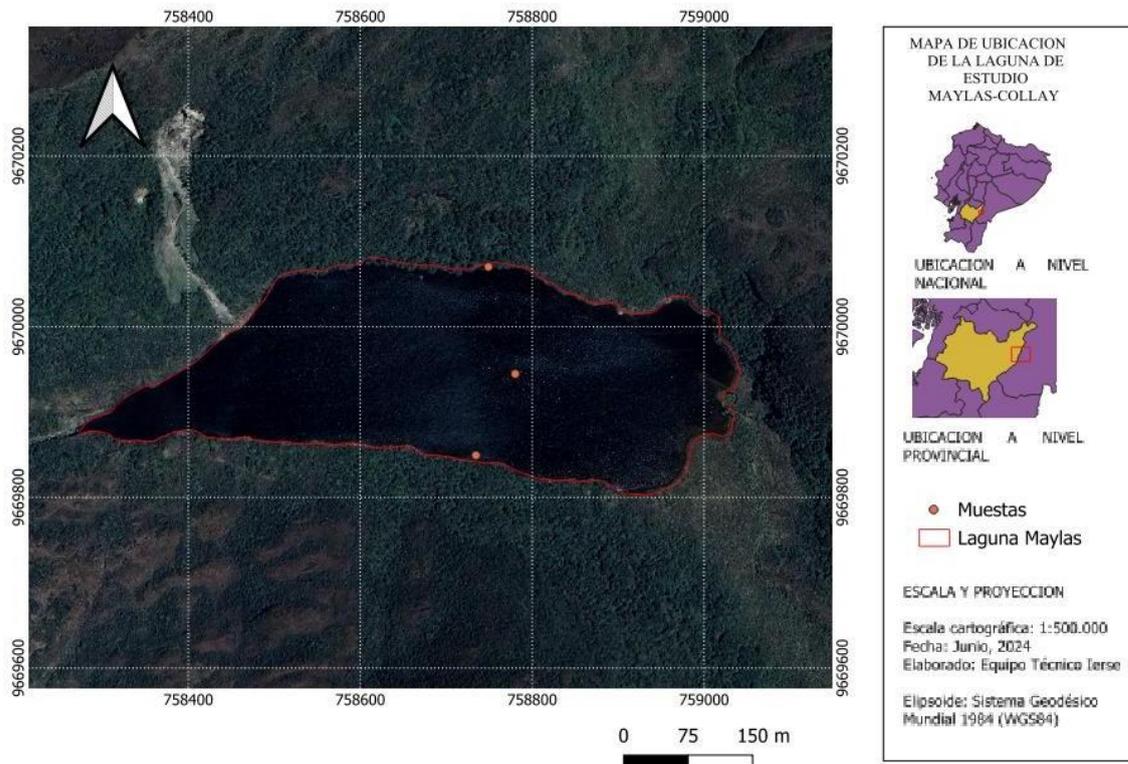


arcilla, la cual no tiene gran compactación y no permite que los nutrientes se concentren y estén de una manera disponible para las plantas en su gran mayoría. La geomorfología del sector es típicamente montañosa, con valles y geoformas en su mayoría con ondulaciones montañosas, correspondientes a suelo arsénico, volcánico (Buytaert et al., 2006).

## **Clima**

Se caracteriza por climas fríos y lluvia durante la mayor parte del año. La temporada de lluvias, se extiende de noviembre a mayo y la temporada seca, de junio a octubre. Durante la temporada de lluvias, se pueden esperar precipitaciones más intensas y frecuentes. Es una zona donde la humedad es muy elevada, se caracteriza por ser alta durante todo el año debido a la presencia de vientos húmedos de la selva amazónica y su valor promedio anual es de 87%, los valores mínimos son de 84% y máximos de 90%. Las precipitaciones varían entre los 1800 a 2500 mm y la temperatura media anual está alrededor de los 5° y 8 °C en los páramos y 17 °C en las partes bajas de la subcuenca del río San Francisco (Gutiérrez, A & Sigüencia, A).

A lo largo del margen de la laguna existe acceso peatonal, lo que facilita el turismo, pero podría inferir en la eutrofización de los ecosistemas acuáticos del sector y disturba la fauna nativa. A pesar de esto, podemos recalcar que esta caracterización permite a las lagunas de Maylas ser sustento de agua para valiosos ecosistemas en las cordilleras, bosques andinos y páramo, a los cuales contribuiría a regular su ciclo hídrico.



*Figura 1.-Vista satélite de la laguna de Maylas-Gualaceo.  
Latitud: -2.9839385 Longitud: -78.671476  
Altitud:3.296msnm  
Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador IERSE, 2024. Escala 1:5000*

## Métodos de Campo

Se realizó un diseño que engloba el estudio de la diversidad de fitoplancton identificando a nivel de familias y géneros para detectar cambios espaciales y temporales en el ecosistema lacustre.

## Transparencia

Se determinó la zona fótica con el disco de Secchi, el cual se bajó suavemente al agua mediante una cuerda graduada en metros. El disco se sumergió hasta que ya no se pudo ver desde la superficie del agua (Pereira-Sandoval, 2019). La profundidad a la que desaparece el disco se conoce como la profundidad de Secchi. Esta profundidad podrá utilizarse para estimar la profundidad de la zona fótica, que puede variar según la turbidez del agua y la cantidad de material en suspensión. En general, la zona fótica se extiende desde la superficie hasta una profundidad donde la luz del sol es apenas suficiente para que las plantas y algas puedan realizar la fotosíntesis y producir oxígeno (profundidad de compensación). Esta capa es



importante porque es donde se producirá la mayor parte de la actividad biológica en los cuerpos de agua (Ledesma, 2012)

### **Muestreo de Fitoplancton**

Las muestras de fitoplancton fueron tomadas en la zona litoral (orillas) y zona limnética a tres profundidades: superficial, 4m y 8m de profundidad, mediante la botella de Van Dorn en ambos casos. Los muestreos se ejecutaron en tres periodos, los dos primeros dentro de la época lluviosa (marzo, mayo) y el tercero en la época seca (septiembre). Podemos ver la ubicación de las estaciones de muestreo (Figura 1). La botella de Van Dorn (que consiste en un cilindro sintético con dos tapas) se lanzó abierta desde el bote y se dejó caer en el agua. Cuando alcanzó la profundidad deseada, se cerró la válvula inferior para que el agua en el interior de la botella no se mezclara con la del exterior. Luego, la botella se subió a la superficie y se realizó la filtración in-situ usando una red de fitoplancton de poro de 50  $\mu\text{m}$ , receptando así la muestra para su análisis en el laboratorio de Limnología (Salas, 2015). Realizamos de esta manera la filtración de 8 litros de agua en cada profundidad y una en cada una de las orillas. Además, se realizó un muestreo cualitativo haciendo un arrastre de la red, en dirección transversal, entre las orillas. Las muestras filtradas se concentran aproximadamente en 100 ml de agua, la cual se conservó con 5 ml de lugol, para la identificación en laboratorio (Uriza, 2016).

### **Parámetros físicos y Químicos**

Los datos de parámetros físico químicos correspondientes pH, Oxígeno disuelto, Temperatura y conductividad; se tomaron in situ usando las sondas portátiles HI99130-Ph/EC/TDS meter-HANNA y ProSolo- Professional Series/YSI.

### **Métodos de Laboratorio**

#### **Identificación y cuantificación de fitoplancton**

La composición del fitoplancton se analizó mediante microscopía invertida. Se realizó el conteo de unidades (células o colonias) mediante el método directo, colocando una alícuota entre porta y cubre objeto y realizando barrido en la totalidad de la alícuota (Villafañe y Reid 1995; Paesky 2013). Los conteos se



realizaron hasta completar 200 unidades por cada estación de muestreo de la laguna.

## **Análisis de datos**

Con esta información calculamos las métricas de riqueza, abundancias relativas e índices de diversidad de Shannon, mediante el paquete Vegan del software estadístico R versión 4.1.0 a través de la interfaz R-Studio (R Core Team, 2022).

### **Riqueza**

Para el análisis de riqueza se consideraron solo los taxones principales fitoplancton a nivel de Familia y género. La Riqueza, en este caso, está determinada por cantidad de géneros encontrados

### **Abundancia relativa**

Abundancia se refiere a la cantidad de individuos de una especie presente en un área determinada o en una comunidad biológica específica. Es una medida cuantitativa que permite evaluar el tamaño o porcentaje de una población o la densidad de una especie en un ecosistema en relación con el total de individuos de todas las especies presentes en un ecosistema. Los datos de la cantidad de individuos de cada género se pueden presentar como número total o en porcentaje, lo que proporciona información sobre la diversidad y la estructura de una comunidad (Mandujan, 2019).

### **Diversidad alfa.**

#### **Índice de Shannon**

Este índice mide la biodiversidad específica de una comunidad. El valor resultante del índice de Shannon proporciona una medida cuantitativa de la diversidad de especies de fitoplancton en la muestra. Cuanto mayor sea el valor de Shannon, mayor será la diversidad. Este índice se utilizó para comparar la diversidad en diferentes ubicaciones y a lo largo del tiempo para comprender mejor los cambios en las poblaciones de fitoplancton.

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i * \ln(p_i))$$



$H'$ , índice de Shannon.

$S$ , es el número total de especies en la comunidad.

$p_i$ , representa la proporción o la abundancia relativa de la especie  $i$  en la comunidad (es decir, el número de individuos de la especie  $i$  dividido por el número total de individuos en la comunidad).

$\ln$  denota el logaritmo natural (logaritmo en base  $e$ ).

### **Análisis Clúster**

Un diagrama clúster es una herramienta gráfica que se utiliza para organizar y representar ideas, conceptos o datos relacionados entre sí en forma de un grupo o red de nodos interconectados. En Biología y Ecología, este tipo de diagrama es particularmente útil para describir relaciones complejas entre diferentes elementos de un ecosistema, procesos biológicos, o taxonomías de organismos (Lejarza, 2018).

## **RESULTADOS**

Se realizó una descripción de la comunidad de fitoplancton mediante un análisis de riqueza, abundancia e índices de diversidad. Los análisis de resultados fueron realizados de forma general, por época de muestreo y por estaciones de muestreo.

### **Resultados generales**

A continuación, se presentan los resultados incluyendo los tres muestreos realizados.

#### **Riqueza**

La riqueza se centra en la cantidad de géneros registrados en los muestreos. Se registraron 44 géneros pertenecientes a 40 Familias. El método de filtrado muestra consistentemente mayor riqueza en comparación con el método de arrastre (Tabla 1, Figura 2). Esto evidencia que el método de filtrado es más sensible para captar la diversidad total de géneros presentes en el ecosistema, incluyendo especies menos abundantes que podrían pasarse por alto con el arrastre. (Stow, et al., 2007)



## 1.- Índices de Biodiversidad por Método

Método	Riqueza	Shannon	Dominancia
Filtrado	44	3.04	12.47
Arrastre	30	2.73	11.81

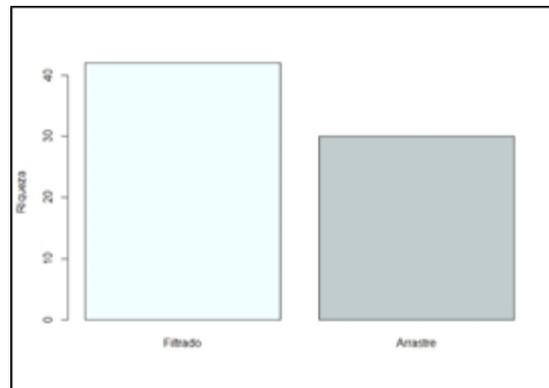


Figura 2. Riqueza de especies por método

## Abundancia relativa por Género

Podemos observar los géneros más abundantes son Desmidium (Figura 3) con una cantidad cercana a los 600 individuos, seguidos de Chlamydomonas, Oedogonium, y Closterium con valores entre 250 a 150 individuos. Los géneros con menor representación incluyen Aphanochaete, Asterococcus, Chroococcus, y Aulacoseira.

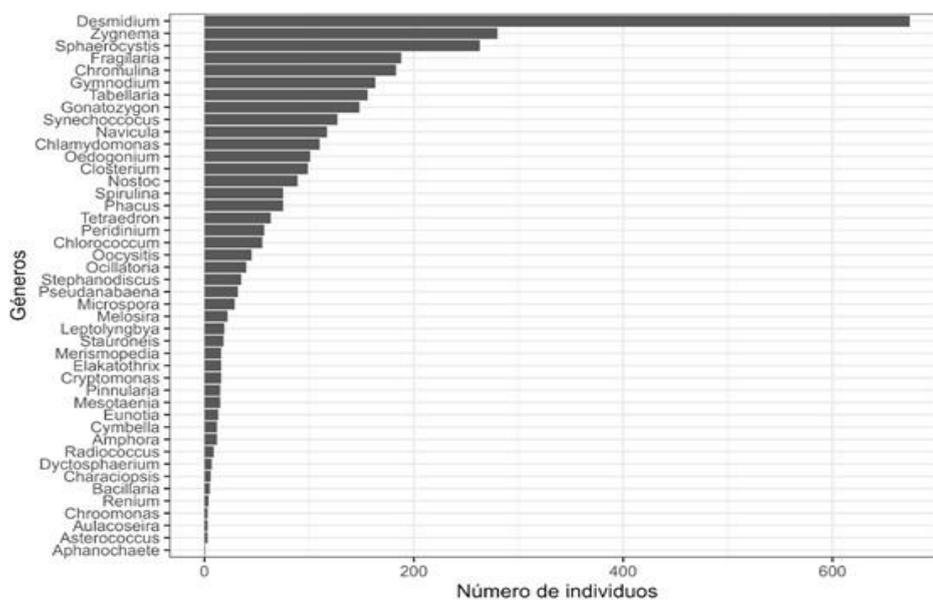


Figura 3.-Abundancia de individuos por género



Con el fin de categorizar los géneros en función de su abundancia se identificaron rangos. Se puede ver a través de un clúster los rangos identificados corresponden a géneros muy dominantes a poco dominantes o raros (Figura.4). El análisis clúster según la abundancia de géneros de fitoplancton muestra cómo se agrupan los géneros basándose en cuatro rangos de abundancia. según esto podemos clasificarlos en géneros muy dominantes, abundantes, moderadamente abundantes y géneros poco abundantes. Se destacan aquellos géneros que son dominantes en las muestras como *Desmidiium* que mostró una clara dominancia, agrupándose separado del resto debido a su alta abundancia. Otros géneros, como *Zygnema* y *Fragilaria*, tuvieron patrones también de abundancia, formando un segundo clúster. El tercer grupo de géneros fue el más grande, que podríamos clasificarlos como de abundancia moderada y un cuarto grupo constituido fueron poco abundantes.

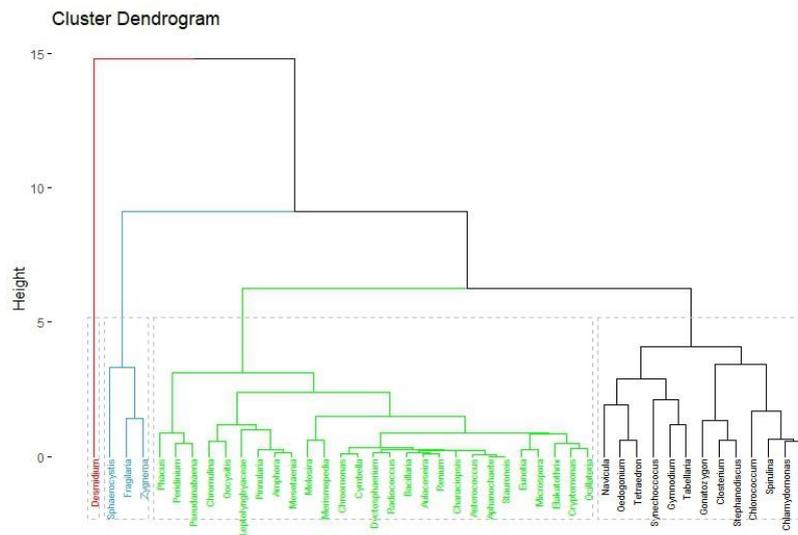


Figura 4.-Análisis clúster según abundancia de géneros de fitoplancton

### Diferencias por época de muestreo

Se refleja cómo la composición de familias y géneros varía entre las épocas lluviosa y seca. Los cambios ambientales que seguramente se presentan en cada estación del año, influyeron en los agrupamientos. Mediante gráficos identificamos géneros clave que dominan el ecosistema en diferentes condiciones, lo que puede ser indicativo de cambios ecológicos y adaptaciones específicas.

### Abundancia relativa por familia

La curva de rango-abundancia de diferentes familias en tres muestreos (Figura 5) realizados en los meses de Marzo (1, época de invierno), Mayo (2, transición invierno verano) y Septiembre



(época de verano). Se registraron 40 familias en total, en los tres periodos de muestreo. La familia Desmidiaceae es la más abundante en los tres muestreos, aunque su abundancia es ligeramente mayor en el Muestreo 2. Le sigue Chromulinaceae con una cantidad ligeramente menor, pero también considerable. Sphaeropheacea y Zygnemataceae son los siguientes en abundancia, aunque en menor número en comparación con los dos primeros géneros. Otras familias con abundancia todavía notoria incluyen Sphaeropleaceae (presente en el Muestreo 2) y Zygnemataceae (Muestreo 3). El Muestreo 3, aunque presenta una mayor abundancia de Desmidiaceae, el resto de familias presentan una distribución gradual, lo que indica una distribución de abundancias más equilibrada entre las familias (De León, 2003).

Las curvas del muestreo 1 y 2 presentan un patrón similar, sin embargo, evidencian la dominancia más marcada de varias familias que luego tienen un descenso pronunciado, lo que sugiere que en estas muestras hay menor diversidad y una mayor abundancia de individuos en pocas familias. Por ejemplo, *Chromulinaceae* es notable en invierno, pero no aparece destacada en verano, mientras que *Fragilariaceae* es más prominente en verano.

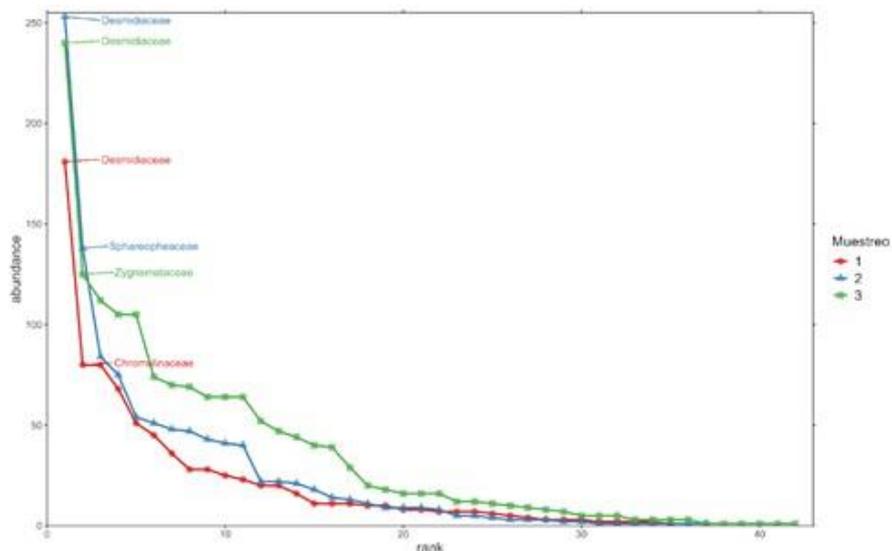


Figura 5.-Curva rango abundancia representativa de Familias de Fitoplancton correspondientes a los meses de Marzo (1 Periodo invernal), Mayo (2 Época de transición invierno-verano) y Septiembre (3 Verano).

### Patrones de composición de géneros por época de muestreo

Podemos ver las métricas de diversidad por épocas de muestreo (Tabla 2). Este análisis corresponde a las épocas lluviosa (marzo), época de transición húmeda – seca (mayo) y época seca (septiembre).



**Tabla 2.- Composición de géneros por época muestreo**

<b>Muestreo</b>	<b>Riqueza</b>	<b>Shannon</b>	<b>Dominancia</b>
<b>Marzo</b>	34	2.88	11.16
<b>Mayo</b>	32	2.56	7.42
<b>Septiembre</b>	36	3.01	14.55

Se muestra la riqueza de las especies de fitoplancton identificadas durante las diferentes épocas evidenciando también patrones claros de dominancia y diversidad en la comunidad fitoplanctónica en la laguna de Maylas. (Figura 6). Las especies *Chrysococcus* y *Mougeotia* sobresalen con las mayores abundancias. Especies como *Tetmemorus* y *Arthodesmus* muestran abundancias moderadas, lo que sugiere que mantienen una presencia significativa, pero sin alcanzar el nivel de dominancia de las principales. Una proporción considerable de géneros muestra baja frecuencia, lo que refleja la alta especialización y posible competencia en este ecosistema durante la época lluviosa. En general la tendencia indica que la abundancia total se concentra en unas pocas especies dominantes, lo que sugiere una comunidad menos equitativa durante este periodo. Este patrón es característico de un ecosistema sometido a ciertas condiciones ambientales (no analizadas en este estudio), que favorece a especies con adaptaciones específicas.



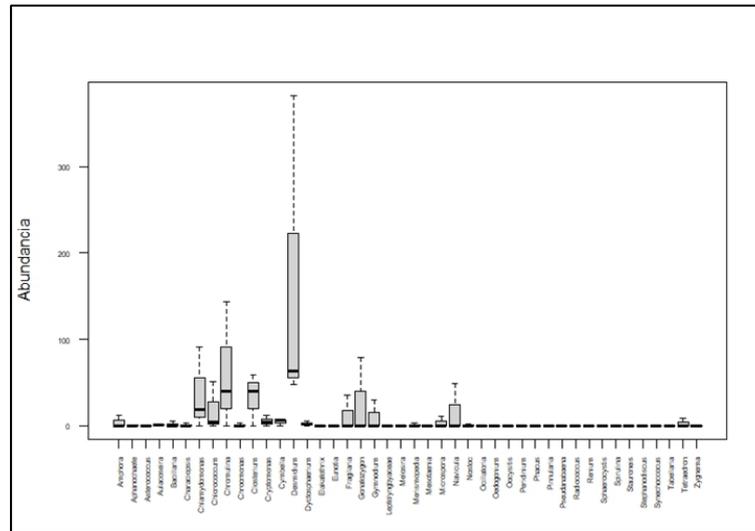


Figura 7.- Abundancia de especies registradas en el mes de mayo.

Para cada época, se puede evidenciar, a través del barplot, que al igual al muestreo en los meses anteriores la dominancia cambia (Figura 8). Durante la época seca (septiembre), la riqueza y equitatividad de los géneros fueron las más altas del estudio. Se observó un aumento en la diversidad, con una distribución más equilibrada entre los géneros dominantes. Los géneros Desmidiium, Gonatozygon y Arthodesmus presentaron las mayores abundancias, mientras que otros como Chromulina y Fragilaria estuvieron moderadamente representados. La menor dominancia de unas pocas especies y la mayor distribución de abundancias sugieren condiciones ambientales más favorables para una comunidad fitoplanctónica diversa y estable.

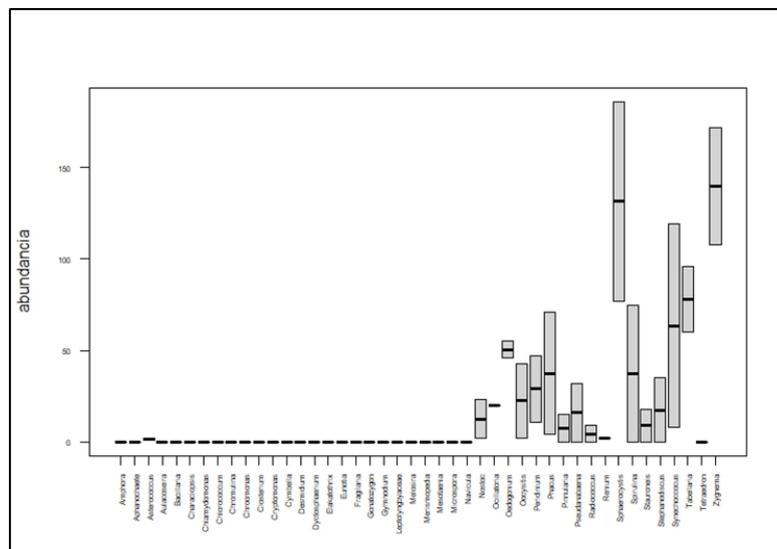


Figura 8.- Abundancia de especies registradas en el mes de Septiembre.



## Análisis por zonas

### **Análisis de composición de especies entre las zonas Limnética y Litoral.**

En el análisis de composición se puede observar en los muestreos correspondientes a diferentes zonas de la laguna (Figura 9), en la zona limnética y en la zona litoral (orillas izquierda y derecha de la laguna). Se puede notar que la zona limnética superficial (CS) es diferente al resto de las zonas muestreadas según su composición de géneros. Las zonas profundas de la laguna presentaron una composición más similar a las orillas (Casco, 2003).

Este análisis revela cómo posiblemente las características físicas y químicas del agua influyen en la distribución de las especies. En la zona limnética, las muestras tomadas en el centro de la laguna (CS, C4m, C8m) presentan una mayor similitud entre sí, especialmente entre las profundidades fótica (C4m) y afótica (C8m). Esto sugiere que estas capas posiblemente comparten condiciones ambientales similares, como menos luz y disponibilidad de nutrientes, que influyen en la composición de los géneros. La superficie (CS) se diferencia ligeramente de las capas más profundas, probablemente debido a una mayor exposición a la luz y la interacción con la atmósfera, lo que permite un mejor desarrollo de géneros específicos.

Zona litoral: Las muestras de las orillas izquierda (O1) y derecha (O2) forman un clúster separado de las zonas profundas, reflejando la influencia de factores locales como la entrada de nutrientes desde el suelo circundante. Dentro de la zona litoral, la composición de géneros en O1 y O2 es bastante homogénea, lo que indica que las condiciones ambientales en ambas orillas son similares.

La separación de los clústeres entre la zona limnética superficial (CS), con las zonas profundas y la zona litoral resalta el cambio en las condiciones ambientales espaciales en la composición de géneros (Escalante et al., 2020).

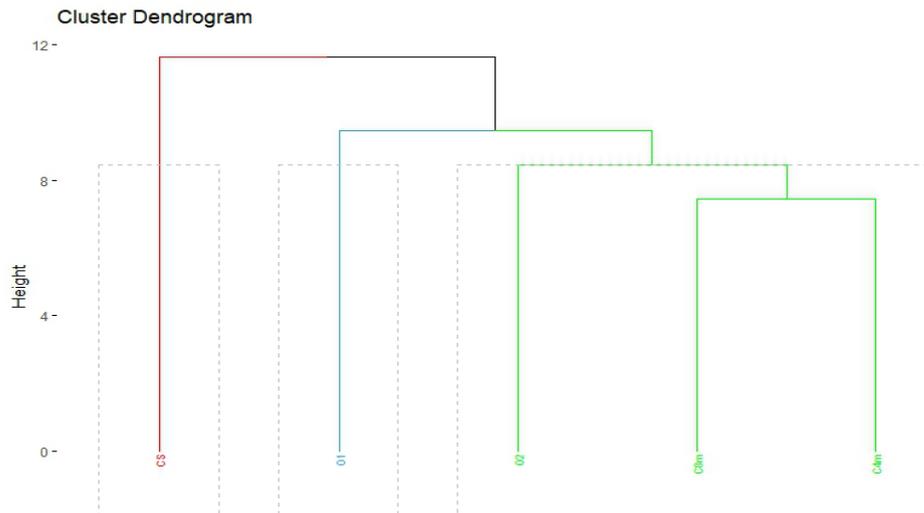
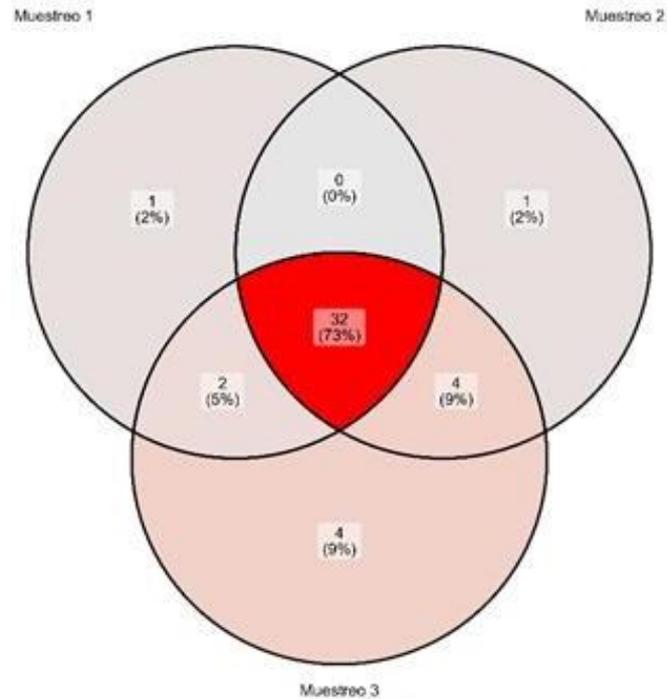


Figura 9.- Clúster de zonas de muestreo. Zona limnética muestreo en diferentes profundidades superficial (CS), a 4 metros de profundidad (C4m) y a 8 metros de profundidad (C8m). Zona litoral orilla izquierda (O1) y orilla derecha (O2).

### **Géneros coincidentes encontrados en la zona limnética.**

En relación a los géneros coincidentes entre las diferentes épocas de muestreo (Figura 10) se puede observar que el área central (en rojo) muestra que 32 géneros (73%) son compartidos por las tres muestras y en todas las profundidades. En cuanto a los géneros exclusivos en cada época de muestreo se puede mencionar que el muestreo 1 tiene 1 género exclusivo (Aphanochaete), representando el 2% del total. El muestreo 2 también tiene 1 género único (Chroomonas) (2%). El muestreo 3 tiene 4 géneros exclusivos (Characiopsis y Aulacoseira), lo que corresponde al 9%. Llama la atención que entre las intersecciones de los muestreos 1 y 2 no tienen géneros coincidentes. Muestreo 1 y Muestreo 3 tienen 2 géneros no coincidentes (5%) (Asterococcus y Aulacoseira). Entre el muestreo 2 y el muestreo 3 tienen 4 géneros no coincidentes (Bacillaria, Cymbella, Amphora, Eunotia) correspondientes al 9%. Estos resultados sugieren que existe un ligero cambio en la composición de especies entre las épocas del año, lo que destaca una ligera diferenciación en la composición debido posiblemente a factores como la disponibilidad de nutrientes.



*Figura 10.-Géneros coincidentes y exclusivos encontrados en las diferentes zonas de muestreo (Superficie, 4M,8M).*

#### **Análisis de los métodos de muestreo.**

Se muestra las diferencias en los índices de biodiversidad (riqueza, índice de Shannon y dominancia) del fitoplancton registrados mediante el método de filtrado en los tres muestreos realizados, claramente se puede observar que el método de filtrado logra registrar mayor diversidad de géneros en la comunidad de fitoplancton. (Tabla 3).



Se muestran los resultados de los índices de biodiversidad (riqueza, índice de Shannon y dominancia) del fitoplancton registrados mediante el método de arrastre y filtrado en los tres muestreos correspondientes a las épocas lluviosa (marzo), de transición (mayo) y seca (septiembre). En donde la riqueza es más alta en septiembre (época seca), aunque menor en comparación con los valores obtenidos por el método de filtrado, indicando que el arrastre captura principalmente géneros dominantes en la superficie. En marzo (época lluviosa), la riqueza es la más baja, reflejando las limitaciones del método para capturar la diversidad en condiciones de alta turbidez y menor luz (Escalante et al., 2020). En el mes de mayo (transición) presenta valores intermedios, sugiriendo condiciones más equilibradas respecto a las otras dos épocas. El índice de Shannon es más alto en septiembre, lo que indica una mayor equitatividad en la distribución de géneros durante la época seca. Marzo muestra el índice más bajo, señalando una comunidad menos diversa y dominada por pocas especies adaptadas a las condiciones de turbidez. En mayo, el índice tiene un valor moderado, reflejando la transición hacia una comunidad más equilibrada (Rondón, 2004). La dominancia es más alta en mayo, sugiriendo que una o pocas especies predominan durante esta época de transición. En septiembre, la dominancia es menor, indicando una comunidad más balanceada. Marzo presenta valores intermedios de dominancia, destacando la presencia de géneros altamente adaptados a las condiciones restrictivas de la época lluviosa. Los resultados muestran que septiembre tiene la comunidad más equilibrada, mientras que mayo y marzo presentan mayor dominancia de algunas especies, destacando cómo las condiciones estacionales influyen en la estructura del fitoplancton (Tabla 3).



**Tabla 3.- Índices de Biodiversidad por Muestreo**

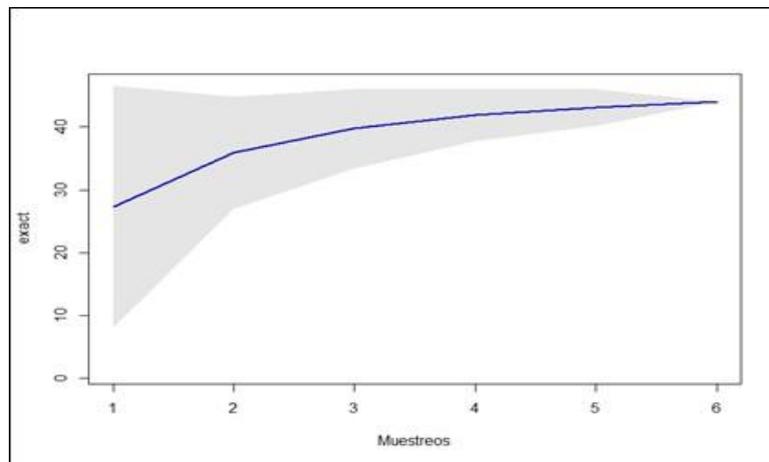
<b>Muestreo</b>	<b>Método</b>	<b>Riqueza</b>	<b>Shannon</b>	<b>Dominancia</b>
<b>1</b>	Filtrado	34	2.88	11.16
	Arrastre	7	1.55	3.81
<b>2</b>	Filtrado	32	2.56	7.42
	Arrastre	27	2.70	11.94
<b>3</b>	Filtrado	36	3.01	14.55
	Arrastre	28	2.78	12.63

### **Esfuerzo de Muestreo**

Se observa la representación al esfuerzo de muestreo (Figura 11) el cual evalúa la suficiencia del número de muestras recolectadas en relación con la diversidad observada. La curva de acumulación muestra cómo aumenta la riqueza de especies conforme se incrementa el número de muestras analizadas. En relación a la tendencia de acumulación de géneros en el muestreo, las curvas tienden a estabilizarse en las últimas muestras, lo que indica que el esfuerzo fue suficiente para capturar la mayoría de los géneros presentes en el ecosistema estudiado. Esto implica que se alcanzó un nivel aceptable de representatividad de la comunidad de fitoplancton, reduciendo la probabilidad de exclusión de géneros significativos. Además de la diferencia entre métodos de muestreo, el método de filtrado muestra un mayor nivel de captura de riqueza y diversidad, siendo más efectivo para detectar géneros menos abundantes. El método de arrastre, aunque menos eficiente en términos de riqueza, muestra una representación adecuada de las especies dominantes. Los valores de riqueza y diversidad fueron más altos en verano, asociado con mejores condiciones para el desarrollo del fitoplancton referentes a mayor luz y temperatura. A diferencia de invierno, la turbidez y la limitación lumínica afectaron la riqueza observada, favoreciendo géneros con adaptaciones específicas. La estabilización de la curva



acumulativa valida que se logró un esfuerzo representativo, permitiendo inferencias notables sobre la biodiversidad y dominancia de géneros (Samanez, 2014).



*Figura 11.-Esfuerzo de Muestreo.*

## DISCUSIÓN

Se realizó un diseño de muestreo para diagnosticar la diversidad de fitoplancton a nivel de familias y géneros para detectar cambios en la estructura de la comunidad en las diferentes zonas y a lo largo de la época de invierno y verano, en donde se determinaron 44 géneros correspondientes a un total de 40 familias.

### **Estructura de la comunidad**

El estudio indica que la riqueza de géneros fue mayor en la época seca, particularmente en el muestreo de septiembre. Esto posiblemente se atribuye a condiciones ambientales favorables, como mayor penetración de luz y temperaturas más altas, que promueven el desarrollo de comunidades fitoplanctónicas más diversas. En contraste, la época lluviosa presenta una riqueza menor posiblemente debido posiblemente al mayor ingreso de agua (Sommer, 1993). Las especies que se mantienen y proliferan en la época de invierno posiblemente están particularmente adaptadas a la menor penetración de luz típicas de la época lluviosa. Estas especies son eficientes en la absorción de nutrientes y se benefician de las condiciones ambientales, como la alta entrada de nutrientes y sólidos suspendidos (Samanez, 2014)

El análisis de abundancia sugiere que pocos géneros son dominantes, como *Crysooccus*, *Tetmemorus*, *Arthodesmus* y *Gonatozygon*, mientras que las demás tienen menor dominancia



Sin embargo, la dominancia de las especies sufre cambios según la época de muestreo, siendo *Chrysococcus* y *Mougeotia* los géneros más dominantes en el muestreo 1 (invierno). En el muestreo 2 (transición invierno verano), *Tetmemorus* es el género mayormente dominante. En el muestreo 3 (verano), *Gonatozygon* y *Arthodesmus* son los géneros con mayor abundancia.

En cuanto a la diversidad, el muestreo 2 y el muestreo 3 presentan una mayor diversidad y menor dominancia de una sola especie en comparación con el muestreo 1. Esto puede indicar que las condiciones cambiantes al largo del año en la laguna favorecen ciertas especies sobre otras (Castellanos Osorio et al., 2005) lo cual es típico en ecosistemas con limitaciones ambientales, como la altitud, la temperatura y la alta radiación UV en relación a la zona en donde se encuentren en lagunas alto-andinas (Arias, 2024).

Las familias Desmidiaceae y Zygnemataceae destacaron por su abundancia en los tres periodos de muestreo. Sin embargo, su distribución en relación al resto de la comunidad de fitoplancton fue más equilibrada durante la época seca. En la época lluviosa, el ecosistema presentó una mayor predominancia de un número limitado de familias y géneros, reflejando condiciones menos estables. Las curvas rango-abundancia indican que, mientras en la época lluviosa solo unos pocos géneros dominaron la comunidad, en la época seca la distribución fue más equitativa, favoreciendo una mayor estabilidad ecológica.

En cuanto al género y familias en distinción por épocas de muestreo, se pudo observar que, en la época lluviosa, los géneros *Chrysococcus* y *Mougeotia* dominaron, mostrando adaptaciones a condiciones de menor penetración de luz. Por otro lado, durante la época seca, géneros como *Gonatozygon* y *Arthodesmus* predominaron, posiblemente beneficiándose de las mejores condiciones de luz y temperatura.

## **Estructura de la comunidad por zona**

En cuanto a la distribución de géneros y familias por estaciones de muestreo; en la Zona Limnética y Litoral (De Mitrovich et al., 2009.). La composición de géneros en la zona limnética presentó mayor similitud entre las capas profundas (4 y 8 metros), debido posiblemente a condiciones homogéneas de menor luz y disponibilidad de nutrientes. La zona litoral mostró una diversidad, que posiblemente está influenciada por la entrada de nutrientes desde las orillas y la mayor actividad biológica en aguas poco profundas.

Es necesario resaltar el análisis según los métodos de muestreo de filtrado y arrastre ya que sugieren lo siguiente (Tabla 3). El método de Filtrado registra mayores índices de riqueza y



diversidad (Shannon) en todos los muestreos. Su capacidad para capturar organismos desde distintas capas de la columna de agua lo hace ideal para estudios integrales de biodiversidad. Por ejemplo, en septiembre, se registró una riqueza de 36 géneros y un índice de Shannon de 3.01. Esto sugiere que el método de filtrado es más adecuado para estudios de diversidad y riqueza, mientras que el método de arrastre es útil para identificar patrones de dominancia (Méndez, 2014).

## **CONCLUSIONES**

El estudio de la laguna de Maylas reveló una diversidad significativa de fitoplancton, la composición de las especies entre las épocas seca y lluviosa. Los cambios estacionales afectan tanto la abundancia y riqueza, como a la distribución del fitoplancton, sugiriendo una correlación directa con las condiciones climáticas, de altitud y alta radiación UV.

Se logró identificar un número significativo de géneros, sin embargo, todavía existe un gran potencial para los estudios taxonómicos en las lagunas Alto-andinas. En este estudio los taxones encontrados no se determinaron a nivel de especie, por lo que algunas de ellas son probablemente nuevas especies.

## **RECOMENDACIONES**

Se deben profundizar los estudios con continuos monitoreos limnológicos en conjunto con información de niveles de clorofila y factores físico químicos del cuerpo de agua, ya que a partir de estos se puede evaluar y monitorear los posibles impactos antropogénicos dentro de la reserva, para posteriormente implementar medidas de mitigación, conservación y manejo de los ecosistemas acuáticos y terrestres altoandinos.



## REFERENCIA

- Albuja, Luis, Almendáriz A, Ramiro Barriga, Luis Montalvo, Freddy Cáceres, and José Luis Román Carrión. 2012. *Fauna de Vertebrados Del Ecuador*.
- Anderson, D. V. 1964. "A Lake as a Rain Gauge." *International Association of Scientific Hydrology. Bulletin* 9 (3): 31–34. <https://doi.org/10.1080/02626666409493668>.
- Arhonditsis, G.B., H.W. Paerl, L.M. Valdes-Weaver, C.A. Stow, L.J. Steinberg, and K.H. Reckhow. 2007. "Application of Bayesian Structural Equation Modeling for Examining Phytoplankton Dynamics in the Neuse River Estuary (North Carolina, USA)." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 72 (1–2): 63–80. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.09.022>.
- Arhonditsis, George B., Craig A. Stow, Hans W. Paerl, Lexia M. Valdes-Weaver, Laura J. Steinberg, and Kenneth H. Reckhow. 2007. "Delineation of the Role of Nutrient Dynamics and Hydrologic Forcing on Phytoplankton Patterns along a Freshwater–Marine Continuum." *Ecological Modelling* 208 (2–4): 230–46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.06.010>.
- Arias Cuasapaz, Valeria Stephania, and Juan Camilo Arias Marín. 2024. "Diversidad fitoplanctónica y su relación con el estado trófico del lago andino el voladero, provincia del Carchi." bachelorThesis. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15624>.
- Biodiversidad, Conservación y Desarrollo*. n.d. Accessed March 19, 2025. [https://books.google.com/books/about/Biodiversidad\\_Conservaci%C3%B3n\\_y\\_Developmento.html?hl=es&id=Mmx8EAAAQBAJ](https://books.google.com/books/about/Biodiversidad_Conservaci%C3%B3n_y_Developmento.html?hl=es&id=Mmx8EAAAQBAJ).
- Bonanseña, M., C. Ledesma, C. Rodriguez, and A. S. R. Delgado. 2012. "Concentración de Clorofila-a y Límite de Zona Fótica En El Embalse Río Tercero (Argentina) Utilizando Imágenes Del Satélite CBERS-2B." *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 7 (3): 61–71. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.847>.
- Buytaert, Wouter, Jozef Deckers, and Guido Wyseure. 2006. "Description and Classification of Nonallophanic Andosols in South Ecuadorian Alpine Grasslands (Páramo)." *Geomorphology* 73 (3): 207–21. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.06.012>.
- Cantoral Uriza, Enrique Arturo and Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla. Querétaro, Mexico. 2016. "The ecological importance of algae in rivers." *Hidrobiológica* 26 (1): 1–8. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2016v26n1/Cantoral>.



- Casco, María Adela. 2003. “Efecto de la fluctuación de nivel del agua en la biomasa, la diversidad y las estrategias del perifiton de los embalses.” *Limnetica* 22 (1): 115–34. <https://doi.org/10.23818/limn.22.08>.
- Castellanos Osorio, Iván A., Benigno Pataleón López, and G. Aceves. 2005. “Distribución y abundancia del zooplancton del complejo lagunar Chacahua-La Pastoría, Oaxaca, México.” *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76 (001). <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2005.001.351>.
- De León, Lizet. 2003. “Abundancia y diversidad del fitoplancton en el Embalse de Salto Grande (Argentina – Uruguay). Ciclo estacional y distribución espacial.” *Limnetica* 22 (1): 103–13. <https://doi.org/10.23818/limn.22.07>.
- Díaz-Quirós, Catherina, and Carlos Alberto Rivera-Rondón. 2004. “Diatomeas de Pequeños Ríos Andinos y Su Utilización Como Indicadoras de Condiciones Ambientales.” *Caldasia* 26 (2): 381–94.
- Dodson, Stanley I., Shelley E. Arnott, and Kathryn L. Cottingham. 2000. “THE RELATIONSHIP IN LAKE COMMUNITIES BETWEEN PRIMARY PRODUCTIVITY AND SPECIES RICHNESS.” *Ecology* 81 (10): 2662–79. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[2662:TRILCB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[2662:TRILCB]2.0.CO;2).
- Escalante, Tania, Ana M. Varela-Anaya, Elkin A. Noguera-Urbano, Leslie M. Elguea-Manrique, Leticia M. Ochoa-Ochoa, Ana L. Gutiérrez-Velázquez, Pedro Reyes-Castillo, et al. 2020. “Evaluation of Five Taxa as Surrogates for Conservation Prioritization in the Transmexican Volcanic Belt, Mexico.” *Journal for Nature Conservation* 54 (April):125800. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125800>.
- Grijalva Endara, Ana de las Mercedes. 2023. *La calidad del agua y la eutrofización en la zona estuarina del Estero Salado en Guayaquil, Ecuador, 2020*. 1°. CID - Centro de Investigación y Desarrollo. [https://doi.org/10.37811/cli\\_w952](https://doi.org/10.37811/cli_w952).
- Kite, G. W. 1982. “Analysis of Lake Victoria Levels.” *Hydrological Sciences Journal* 27 (2): 99–110. <https://doi.org/10.1080/02626668209491093>.
- López-Téllez, Ma. Concepción López-Téllez. 2020. “Mandujano, S. y Pérez-Solano, L. A. (Eds.) 2019. *Fototrampeo En R: Organización y Análisis de Datos. Volumen I*. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Ver., 248 Pp. [ISBN: 978-607-7579-90-8].” *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Epoca)* 10 (1): 64. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2020.10.1.302>.



- Maila, Maria, Elizabeth Pérez, and Helen Figueroa. 2017. “Estudio Preliminar de Fitoplancton En La Laguna de Colta, Chimborazo-Ecuador.” *CINCHONIA* 15 (1): 102–26.
- Mitrovich, Cecilia Locascio de, Alcira Villagra de Gamundi, Jorgelina Juárez, and Mariana Ceraolo. 2009. “Características limnológicas y zooplancton de cinco lagunas de la Puna - Argentina.”
- Palomeque Villalta, Kevin Daniel, and David Alfonso Falcones Blandin. 2022. “Determinación de comunidades de Fito y Zooplancton en lagunas alto andinas en el páramo del Macizo del Cajas.” bachelorThesis, Universidad del Azuay. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/11895>.
- Pereira-Sandoval, Marcela, Esther Patricia Urrego, Antonio Ruiz-Verdú, Carolina Tenjo, Jesús Delegido, Xavier Soria-Perpinyà, Eduardo Vicente, Juan Soria, and José Moreno. 2019. “Calibration and Validation of Algorithms for the Estimation of Chlorophyll-a Concentration and Secchi Depth in Inland Waters with Sentinel-2.” *Limnetica* 38 (1): 471–87.
- Quirós, Catherina, and Carlos A. Rivera Rondón. 2004. “Diatomeas de Pequeños Ríos Andinos y Su Utilización Como Indicadoras de Condiciones Ambientales.” *Caldasia* 26 (January):381–94.
- Rivera-Rondón, Carlos A. and Catalan, Jordi. 2017. “Diatom Diversity in the Lakes of the Pyrenees: An Iconographic Reference.” *Limnetica*, no. 36 (May), 127–395. <https://doi.org/10.23818/limn.36.10>.
- Seeligmann, Claudia, and Beatriz C. Tracanna. 2009. “Dinámica del fitoplancton en un embalse de alta cota del Noroeste Argentino (Tucumán).” *Limnetica* 28 (1): 105–24. <https://doi.org/10.23818/limn.28.08>.
- Stephania, Arias Cuasapaz Valeria, and Arias Marín Juan Camilo. n.d. “PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO/A EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES.”
- Suárez-Morales, E., and R. Gasca. 1996. “Planktonic Copepods of Bahia De La Ascensión, Caribbean Coast of Mexico: A Seasonal Survey.” *Crustaceana* 69 (2): 162–74. <https://doi.org/10.1163/156854096X00484>.
- Universidad del Cauca, Mónica Patricia Valencia Rojas, Apolinar Figueroa Casas, and Universidad del Cauca. 2015. “Vulnerabilidad de humedales altoandinos ante procesos de cambio: tendencias del análisis.” *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* 14 (26): 29–42. <https://doi.org/10.22395/rium.v14n26a2>.



Van Colen, Willem R., Pablo Mosquera, Maarten Vanderstukken, Koen Goiris, Maria-Cecilia Carrasco, Ellen Decaestecker, Miguel Alonso, Fabián León-Tamariz, and Koenraad Muylaert. 2017. "Limnology and Trophic Status of Glacial Lakes in the Tropical Andes (Cajas National Park, Ecuador)." *Freshwater Biology* 62 (3): 458–73. <https://doi.org/10.1111/fwb.12878>.

Vite Cristobal, Claudio, Jose Luis Alanis Mendez, Maribel Ortiz Dominguez, Juan Manuel Pech Canche, and Eduardo Ramos Hernandez. 2014. "INDICADORES DE DIVERSIDAD, ESTRUCTURA Y RIQUEZA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD VEGETAL EN LOS PAISAJES RURALES." *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 17 (2). <https://doi.org/10.56369/tsaes.1948>.



## ANEXOS

### Ranking de Abundancia

Especie	Rank	Abundance	Proportion	Plower	Pupper	Accum_Freq	Log_Abundance	Rank_Freq
Desmidium	1	674	19.7	11.9	27.5	19.7	2.8	2.3
Zygnema	2	280	8.2	5	11.4	27.9	2.4	4.5
Sphaerocystis	3	263	7.7	3.1	12.3	35.6	2.4	6.8
Fragilaria	4	188	5.5	2.6	8.5	41.1	2.3	9.1
Chromulina	5	183	5.4	-1.7	12.4	46.5	2.3	11.4
Gymnodium	6	163	4.8	1.1	8.5	51.2	2.2	13.6
Tabellaria	7	156	4.6	1.1	8	55.8	2.2	15.9
Gonatozygon	8	148	4.3	0	8.7	60.1	2.2	18.2
Synechococcus	9	127	3.7	1.5	5.9	63.9	2.1	20.5



<b>Navicula</b>	<b>10</b>	<b>117</b>	<b>3.4</b>	<b>1.3</b>	<b>5.6</b>	<b>67.3</b>	<b>2.1</b>	<b>22.7</b>
<b>Chlamydomonas</b>	<b>11</b>	<b>110</b>	<b>3.2</b>	<b>1.3</b>	<b>5.1</b>	<b>70.5</b>	<b>2</b>	<b>25</b>
<b>Oedogonium</b>	<b>12</b>	<b>101</b>	<b>3</b>	<b>0.5</b>	<b>5.4</b>	<b>73.5</b>	<b>2</b>	<b>27.3</b>
<b>Closterium</b>	<b>13</b>	<b>99</b>	<b>2.9</b>	<b>0.7</b>	<b>5.1</b>	<b>76.4</b>	<b>2</b>	<b>29.5</b>
<b>Nostoc</b>	<b>14</b>	<b>89</b>	<b>2.6</b>	<b>1</b>	<b>4.2</b>	<b>79</b>	<b>1.9</b>	<b>31.8</b>
<b>Phacus</b>	<b>15</b>	<b>75</b>	<b>2.2</b>	<b>-1.5</b>	<b>5.9</b>	<b>81.2</b>	<b>1.9</b>	<b>34.1</b>
<b>Spirulina</b>	<b>16</b>	<b>75</b>	<b>2.2</b>	<b>-2.6</b>	<b>7</b>	<b>83.3</b>	<b>1.9</b>	<b>36.4</b>
<b>Tetraedron</b>	<b>17</b>	<b>63</b>	<b>1.8</b>	<b>-0.3</b>	<b>4</b>	<b>85.2</b>	<b>1.8</b>	<b>38.6</b>
<b>Peridinium</b>	<b>18</b>	<b>58</b>	<b>1.7</b>	<b>-0.3</b>	<b>3.7</b>	<b>86.9</b>	<b>1.8</b>	<b>40.9</b>
<b>Chlorococcum</b>	<b>19</b>	<b>55</b>	<b>1.6</b>	<b>-0.1</b>	<b>3.4</b>	<b>88.5</b>	<b>1.7</b>	<b>43.2</b>
<b>Oocystis</b>	<b>20</b>	<b>45</b>	<b>1.3</b>	<b>0.2</b>	<b>2.5</b>	<b>89.8</b>	<b>1.7</b>	<b>45.5</b>
<b>Ocellularia</b>	<b>21</b>	<b>40</b>	<b>1.2</b>	<b>0.2</b>	<b>2.1</b>	<b>91</b>	<b>1.6</b>	<b>47.7</b>



<b>Stephanodiscus</b>	<b>22</b>	<b>35</b>	<b>1</b>	<b>-0.6</b>	<b>2.7</b>	<b>92</b>	<b>1.5</b>	<b>50</b>
<b>Pseudanabaena</b>	<b>23</b>	<b>32</b>	<b>0.9</b>	<b>0.2</b>	<b>1.7</b>	<b>92.9</b>	<b>1.5</b>	<b>52.3</b>
<b>Microspora</b>	<b>24</b>	<b>29</b>	<b>0.8</b>	<b>0.3</b>	<b>1.4</b>	<b>93.8</b>	<b>1.5</b>	<b>54.5</b>
<b>Melosira</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>0.6</b>	<b>-0.8</b>	<b>2.1</b>	<b>94.4</b>	<b>1.3</b>	<b>56.8</b>
<b>Leptolyngbyaceae</b>	<b>26</b>	<b>19</b>	<b>0.6</b>	<b>-0.3</b>	<b>1.4</b>	<b>95</b>	<b>1.3</b>	<b>59.1</b>
<b>Stauroneis</b>	<b>27</b>	<b>18</b>	<b>0.5</b>	<b>-0.5</b>	<b>1.6</b>	<b>95.5</b>	<b>1.3</b>	<b>61.4</b>
<b>Cryptomonas</b>	<b>28</b>	<b>16</b>	<b>0.5</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>96</b>	<b>1.2</b>	<b>63.6</b>
<b>Elakatothrix</b>	<b>29</b>	<b>16</b>	<b>0.5</b>	<b>-0.1</b>	<b>1</b>	<b>96.5</b>	<b>1.2</b>	<b>65.9</b>
<b>Merismopedia</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>0.5</b>	<b>-0.5</b>	<b>1.5</b>	<b>96.9</b>	<b>1.2</b>	<b>68.2</b>
<b>Mesotaenia</b>	<b>31</b>	<b>15</b>	<b>0.4</b>	<b>-0.2</b>	<b>1.1</b>	<b>97.4</b>	<b>1.2</b>	<b>70.5</b>
<b>Pinnularia</b>	<b>32</b>	<b>15</b>	<b>0.4</b>	<b>0.1</b>	<b>0.8</b>	<b>97.8</b>	<b>1.2</b>	<b>72.7</b>
<b>Eunotia</b>	<b>33</b>	<b>13</b>	<b>0.4</b>	<b>-0.4</b>	<b>1.1</b>	<b>98.2</b>	<b>1.1</b>	<b>75</b>



<b>Amphora</b>	<b>34</b>	<b>12</b>	<b>0.4</b>	<b>-0.4</b>	<b>1.1</b>	<b>98.5</b>	<b>1.1</b>	<b>77.3</b>
<b>Cymbella</b>	<b>35</b>	<b>12</b>	<b>0.4</b>	<b>-0.2</b>	<b>0.9</b>	<b>98.9</b>	<b>1.1</b>	<b>79.5</b>
<b>Radiococcus</b>	<b>36</b>	<b>9</b>	<b>0.3</b>	<b>0.1</b>	<b>0.4</b>	<b>99.2</b>	<b>1</b>	<b>81.8</b>
<b>Dyctosphaerium</b>	<b>37</b>	<b>7</b>	<b>0.2</b>	<b>-0.2</b>	<b>0.6</b>	<b>99.4</b>	<b>0.8</b>	<b>84.1</b>
<b>Bacillaria</b>	<b>38</b>	<b>5</b>	<b>0.1</b>	<b>-0.2</b>	<b>0.5</b>	<b>99.5</b>	<b>0.7</b>	<b>86.4</b>
<b>Renium</b>	<b>39</b>	<b>4</b>	<b>0.1</b>	<b>-0.1</b>	<b>0.3</b>	<b>99.6</b>	<b>0.6</b>	<b>88.6</b>
<b>Asterococcus</b>	<b>40</b>	<b>3</b>	<b>0.1</b>	<b>-0.1</b>	<b>0.3</b>	<b>99.7</b>	<b>0.5</b>	<b>90.9</b>
<b>Aulacoseira</b>	<b>41</b>	<b>3</b>	<b>0.1</b>	<b>0</b>	<b>0.2</b>	<b>99.8</b>	<b>0.5</b>	<b>93.2</b>
<b>Characiopsis</b>	<b>42</b>	<b>3</b>	<b>0.1</b>	<b>-0.1</b>	<b>0.3</b>	<b>99.9</b>	<b>0.5</b>	<b>95.5</b>
<b>Chroomonas</b>	<b>43</b>	<b>3</b>	<b>0.1</b>	<b>-0.1</b>	<b>0.3</b>	<b>100</b>	<b>0.5</b>	<b>97.7</b>
<b>Aphanochaete</b>	<b>44</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>100</b>