

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**Comunidad fitoplanctónica en la laguna  
Guitarrachayocc Paras, Ayacucho 2018**

Tesis para optar el título profesional de:  
**Bióloga, Especialidad: Microbiología**

Presentado por:

**Bach. Noemi Gomez Yaguillo**

Asesor:

**Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz**

Ayacucho - Perú

2024

A Dios, a mis padres por apoyarme incondicionalmente durante el proceso de formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por acogerme en sus aulas y materializar mi formación como profesional.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, por ser mi segundo hogar, y a sus docentes por sus enseñanzas y orientaciones en mi afán de superación.

A la Especialidad de Microbiología y sus docentes, por incentivar en mi persona las competencias en el campo de profesión de biólogo.

Al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica (BioSIG) por el apoyo con sus instalaciones y equipos.

A mi asesor, Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz por su apoyo incondicional, paciencia, orientación y sabios consejos, que ha permitido culminar con mi trabajo de investigación pendiente a la obtención del título de Biólogo.

A la Mg. Blga. Carolina Rayme Chalco, por el apoyo brindado en el laboratorio durante la ejecución del trabajo de investigación.

A la Blga. Iris Margot Samanez Valer, por el apoyo en la identificación de fitoplancton en departamento de Limnología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Marcos.

A la Blga. Karen Roa Castro, por su apoyo incondicional durante la identificación de muestras del trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes	5
2.1.1. Nivel internacional	5
2.1.2. Nivel nacional	7
2.1.3. Nivel local	9
2.2. Marco conceptual	10
2.2.1. Lagunas	10
2.2.2. Comunidad biológica	10
2.2.3. Composición de la comunidad	10
2.2.4. Abundancia relativa	10
2.2.5. Diversidad alfa ( $\alpha$ )	10
2.2.6. Diversidad beta ( $\beta$ )	10
2.2.7. Fitoplancton	11
2.2.8. Litoral	11
2.3. Bases teóricas	11
2.3.1. Cuerpos de aguas continentales	11
2.3.2. Lagunas altoandinas	13
2.3.3. Estado trófico de las lagunas	13
2.3.4. El fitoplancton	14
2.3.5. Índices de diversidad biológica	20
III. MATERIALES Y METODOS	25
3.1. Lugar de ejecución	25
3.1.1. Ubicación política	25
3.1.2. Ubicación geográfica	25
3.2. Población y tamaño de muestra	25

3.2.1. Población	25
3.2.2. Muestra	26
3.2.3. Muestreo	26
3.2.4. Caracterización de la laguna	26
3.3. Metodología y recolección de datos	26
3.3.1. Ubicación de las zonas de muestreo	26
3.3.2. Obtención y transporte de la muestra	27
3.3.3. Identificación de taxones	27
3.3.4. Determinación de la abundancia	28
3.3.5. Estimación de la similaridad	28
3.4. Análisis estadístico	28
IV. RESULTADOS	29
V. DISCUSIÓN	43
VI. CONCLUSIONES	49
VII. RECOMENDACIONES	51
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS	59

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo de la laguna Guitarrachayocc, distrito Paras, provincia Cangallo, Ayacucho 2018-2019.	26
Tabla 2. Composición de la comunidad fitoplanctónica y densidad en la laguna Guitarrachayocc, distrito de Paras, provincia Cangallo, Ayacucho 2018-2019.	31
Tabla 3. Similitud (Bray-Curtis) de las zonas de muestreo basado en la comunidad fitoplanctónica, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019.	38
Tabla 4. Similitud (Bray-Curtis) de los meses de muestreo basado en la comunidad fitoplanctónica, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019.	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes (36 más abundantes) de la comunidad fitoplanctónica en la laguna Guitarrachayocc, distrito de Paras, provincia Cangallo, Ayacucho 2018-2019.	33
Figura 2. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad fitoplanctónica (25 más abundantes) por zonas de muestreo en la laguna Guitarrachayocc, distrito de Paras, provincia Cangallo, Ayacucho 2018-2019.	34
Figura 3. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad fitoplanctónica (25 más abundantes) por meses de muestreo en la laguna Guitarrachayocc, distrito de Paras, provincia Cangallo, Ayacucho 2018-2019.	35
Figura 4. Número de taxa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad fitoplanctónica por zonas (a) y meses (b) de muestreo en la laguna Guitarrachayocc, distrito de Paras, provincia Cangallo, Ayacucho 2018-2019.	36
Figura 5. Índice de Simpson y Shannon-Weaner promedio y desviación típica para la comunidad fitoplanctónica por zonas (a) y meses (b) de muestreo en la laguna Guitarrachayocc, distrito de Paras, provincia Cangallo, Ayacucho 2018-2019.	37
Figura 6. Dendograma de similitud (Bray-Curtis) para las zonas de muestreo basado en la comunidad fitoplanctónica, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019.	39
Figura 7. Dendograma de similitud (Bray-Curtis) para los meses de muestreo basado en la comunidad fitoplanctónica, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019.	41

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Resultado de la prueba de normalidad para la densidad de los componentes de la comunidad fitoplanctónica, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019.	61
Anexo 2. Densidad relativa promedio, mínimo y máximo de los componentes de la comunidad fitoplanctónica, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019.	62
Anexo 3. Densidad relativa promedio, mínimo y máximo de los componentes de la comunidad fitoplanctónica por zonas de muestreo, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019.	63
Anexo 4. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que comparar la densidad relativa de los componentes de la comunidad fitoplanctónica en cuatro zonas de muestreo, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019.	64
Anexo 5. Densidad relativa promedio de los componentes de la comunidad fitoplanctónica por zonas de muestreo, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019.	65
Anexo 6. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que comparar la densidad relativa de los componentes de la comunidad fitoplanctónica en diez meses de muestreo, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019.	66
Anexo 7. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que comparar el número de taxones registrados en la comunidad fitoplanctónica por zonas y meses de muestreo, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019.	67
Anexo 8. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que comparar los índices de Simpson y Shannon-Weaner de la comunidad fitoplanctónica por zonas y meses de muestreo, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019.	68
Anexo 9. M Constancia del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Marcos expedida por pasantía para identificar algas continentales.	69

Anexo 10. Mapa de ubicación de las zonas de las zonas de muestreo, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019.	70
Anexo 11. Registro fotográfico de las zonas de muestreo y sobre la colecta de muestras, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019.	71
Anexo 12. Registro fotográfico del procesamiento en laboratorio Bio-SIG de las muestras de fitoplancton, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019.	73
Anexo 13. Registro fotográfico de los principales componentes del fitoplancton, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019.	75
Anexo 14. Matriz de consistencia.	81

## RESUMEN

El fitoplancton cumple la importante función en el flujo de energía de los ecosistemas lénticos, por ello es importante su caracterización, más aún en ambientes que se hallan por encima de los 4500 msnm, del que existe limitada información. Por ello, el trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo general de evaluar la variación de las características comunitarias del fitoplancton (composición, abundancia, diversidad alfa y beta), desde setiembre del 2018 a junio de 2019, en la laguna Guitarrachayoc ubicado en el distrito Paras, provincia Cangallo departamento de Ayacucho. Se desarrolló muestreos en cuatro zonas del litoral de la laguna con frecuencia mensual, por un periodo de 10 meses, desde el mes de setiembre del 2018 a junio del 2019. La toma de muestra se hizo a partir de del filtrado de 32 litros de agua colectada con una red de plancton con una luz de malla de 20  $\mu\text{m}$ . El producto del filtrado fue vertido en una bolsa de polietileno al que se agregó 1 mL de Lugol para su posterior traslado al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para su procesamiento. En una primera etapa se realizaron las identificaciones de los organismos presentes en las muestras cualitativas, para posteriormente cuantificarlas mediante el uso de una cámara de Sedwick-Rafter. Se registró 62 taxa, perteneciente a 33 familias y a cuatro divisiones (Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta y Cyanobacteria) donde el primero de los mencionados fue la más diversa. La abundancia de los componentes del fitoplancton fue heterogénea, con la dominancia de *Botriococcus braunii* que representó en promedio el 70,6%, con una densidad de 3 195 indiv/L, el resto de componentes presentaron abundancias mucho menores. Los índices de diversidad de Simpson y de Shannon-Weaner, señalan como pobre a la comunidad debido a la dominancia de uno de sus componentes. Los índices de similitud, al comparar las zonas de muestreo, registraron promedios mayores a 0,6 lo que nos indica que guardan mucha similitud; para los meses, en la mayoría de los pares comparativos, presentó valores promedios mayores a 0,5, lo que nos indica que los factores ambientales influyen en la estructura de la comunidad.

**Palabras clave:** Léntico, altoandino, plancton, litoral, índices de diversidad.

## I. INTRODUCCIÓN

El Perú alberga un total de 8355 lagunas cuyas dimensiones son mayores a 5000 m<sup>2</sup> y 3246 menores a ese valor, los más preocupante no inventariadas, de acuerdo a los que se afirma en el último inventario de Lagunas Glaciares del Perú de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2014). La ubicación de estos cuerpos de agua principalmente en las zonas más altas de nuestro país, con régimen permanente o temporal y con una gran diversidad de tamaños. Son lagunas con gran potencial de aprovechamiento para diversos usos, tales como la agricultura, energía, piscicultura, abastecimiento humano, industrial y minero. (Luisa, 2005). El creciente interés por conocer y proteger los ecosistemas fluviales, así como lacustres, han determinado la necesidad de estudiar sus cambios en el tiempo, considerando criterios biológicos que permitan estimar el efecto de las intervenciones humanas en ellos (Norris & Hawkins 2000).

Los cuerpos hídricos contienen una diversidad de microorganismos, entre ellos los de origen planctónico (fitoplancton y zooplancton). (Oliva et al., 2014). El fitoplancton es el conjunto de microorganismos acuáticos autótrofos que forman parte esencial del plancton. Está conformado por una gran diversidad de microorganismos, principalmente microalgas y cianobacterias libres o asociadas, distribuidas en diferentes profundidades de la columna de agua, de acuerdo a sus preferencias y requerimientos de crecimiento (Yusuf, 2020). Además, está constituida por organismos productores primarios y base de la cadena trófica, está constituido por organismo más activo en los ecosistemas acuáticos y tiende a ser de gran influencia en la calidad de agua. Estos organismos tienen la capacidad de realizan fotosíntesis, son de tamaño microscópicos y se desarrollan en la zona fótica de las columnas de agua. (Oliva et al., 2014). Su presencia en los ecosistemas acuáticos es de especial relevancia, en vista de que su análisis y su identificación taxonómica ayudan a determinar su estado trófico, además de

determinar posibles variaciones en una dimensión temporal. Esto confiere a los organismos de esta comunidad, la calificación de bioindicadores del estado de los ecosistemas acuáticos (Poot-Delgado et al., 2018; Silva et al., 2018; Yusuf, 2020). Los estudios sobre fitoplancton pueden ser utilizados para inferir sobre el estado de los ambientes acuáticos y son importantes en la caracterización biológica de los ecosistemas lénticos. Además, los organismos fitoplanctónicos responden rápidamente a los cambios en su medio, sea debido a procesos naturales o por actividades antropogénicas (De La Lanza et al., 2000). Las mediciones de diversidad frecuentemente aparecen como base para identificar organismos indicadores del buen funcionamiento de los ecosistemas. Se debe considerar que la evolución de un ecosistema implica el incremento de la diversidad, estructura y organización; por lo que es importante medir la riqueza de organismos y cuantificar la biodiversidad de un hábitat para determinar su aptitud de uso y principalmente el estado ecológico. (Acleto & Zuñiga ,1998)

La importancia de este trabajo se debe a pretender generar conocimientos sobre fitoplancton en lagunas que se hallan a gran altitud, y sus posibles variaciones en una escala espacial (se muestreó en varios lugares) y temporal (se realizaron muestreos durante 10 meses). Los resultados obtenidos muestran la composición, abundancia y diversidad de la comunidad fitoplanctónica de la laguna Guitarrachayocc, distrito Paras.

### **Objetivo general**

Evaluar la variación de las características comunitarias del fitoplancton (composición, abundancia, diversidad alfa y beta), desde setiembre del 2018 a junio de 2019, en la laguna Guitarrachayocc ubicado en el distrito Paras, provincia Cangallo departamento de Ayacucho.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar la composición de la comunidad fitoplanctónica hasta género y/o especie de la laguna Guitarrachayocc, en los meses de setiembre de 2018 a junio de 2019.
2. Estimar la abundancia de la comunidad fitoplanctónica (absoluta y relativa) de la laguna Guitarrachayocc, durante los meses de setiembre de 2018 a junio de 2019.
3. Cuantificar la diversidad alfa ( $\alpha$ ) a través de los índices de Simpson y Shannon-Weaner, de la comunidad fitoplanctónica en la laguna Guitarrachayocc en los meses setiembre de 2018 a junio de 2019.

4. Determinar la diversidad beta ( $\beta$ ) a través del índice de similitud (Bray-Curtis) de la comunidad fitoplanctónica en la laguna Guitarrachayocc en los meses de setiembre de 2018 a junio de 2019.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Nivel internacional

Taboada et al. (2020), afirman que las lagunas ubicadas a gran altura, son escasas, de distribución heterogénea y constituyen ecosistemas frágiles, altamente vulnerables frente a la acción del hombre, así como a efectos naturales. Es por ello que llevaron a cabo un análisis de la diversidad y composición del fitoplancton en la laguna del Siambón, ubicada en las Yungas del Noroeste Argentino. Llegaron a identificar de 39 especies, dos pertenecientes a las Chlorophytas, cinco a las Cyanophytas (cianobacterias) y 32 Bacillariophytas. Registraron dos nuevas especies de diatomeas para la provincia de Tucumán, específicamente *Nitzschia inconspicua* y *Stauroneis anceps*.

El objetivo de una investigación fue evaluar determinar la relación de los factores locales y espaciales con la composición y la abundancia de la comunidad de fitoplancton en diferentes momentos del período de crecida (lluvias). Para esto, realizaron muestreos quincenales entre enero y abril de 2007 en catorce lagunas ubicadas en las zonas cercanas al río Cuiabá, en el Pantanal de Poconé, Brasil. Los resultados indicaron que la comunidad de fitoplancton estaba principalmente compuesta por las clases Cyanophyceae (mayor diversidad) y Cryptophyceae, que era la más abundante. Se observaron diferencias en la riqueza y abundancia de fitoplancton al comparar las diferentes lagunas muestreadas. Además, se determinó que las relaciones son estadísticamente significativas entre la composición del fitoplancton y las variables limnológicas, lo que sugiere que las condiciones locales y espaciales tienen influencia en la comunidad fitoplanctónica de estas lagunas (Loverde-Oliveira et al., 2012).

En el noroeste argentino, se encuentran dos paisajes que se superponen: la meseta de la Puna, con una altitud superior a los 3,500 metros sobre el nivel del

mar, y los Altos Andes. En esta área, pudieron identificar varios tipos de humedales de gran valor biológico, que actúan como oasis en medio de regiones xerofíticas y presentando una biodiversidad única. En dichos ecosistemas poco profundos, estudiaron el fitoplancton, así como las características físicas y químicas del medio. Entre las especies, observaron que las diatomeas son el grupo de fitoplancton, más importante, tanto en abundancia como en diversidad de especies, seguidas de las cianobacterias y las clorofitas. Los euglenoides, que estuvieron representados por solo dos especies, se encontraron en muy pocos lugares (Maidana & Seeligmann, 2014).

Estudiaron el fitoplancton en la Laguna de Colta, ubicada en la Provincia de Chimborazo, Cantón Colta durante el mes de diciembre del 2015. Para el cual ubicaron cinco estaciones de análisis situadas en el centro y norte de la laguna, empleando dos técnicas de toma de muestra, arrastre y filtrado en una red de 30um de poro. Registraron un total de 1758 individuos agrupados en 29 géneros, 27 familias, 21 órdenes y 5 divisiones. Los géneros con mayor representatividad corresponden a *Oocystis* (933 individuos), *Spirogyra* (299 individuos) y *Chlorella* (237 individuos). De acuerdo al índice de diversidad de Shannon-Wiener, existe diversidad alta en la zona turística, diversidad media en zonas de pastoreo con presencia de población y diversidad baja en zonas con presencia de macrófitas emergentes, así como en zona limnética. Con respecto al índice de similitud de Sorensen, los valores fluctúan entre 0% (zona con población-zona de macrófitas) y de 42% (zona de macrófitas-centro de la laguna) (Maila et al., 2017).

Un estudio fue llevado a cabo en seis lagunas del Parque Nacional Cajas (Ecuador) para caracterizar el fitoplancton en relación con los factores físico-químicos del agua en noviembre 2014 a abril 2015. Para la colecta emplearon una red de arrastre abarcando la zona litoral. Registraron 230 morfotipos, los cuales se distribuyeron en 113 géneros, 70 familias, 36 órdenes, 14 clases y 8 filos. Se encontraron relaciones significativas entre ciertos morfotipos y las variables físico-químicas medidas, con los fluoruros y los nitratos los que mejor explicaron las variaciones temporales en las lagunas. También reportaron variaciones significativas en la comunidad a lo largo de los períodos de muestreo, así como en las características físico-químicos del agua. Sin embargo, no lograron identificar un patrón general de fluctuación común para las seis lagunas estudiadas, sino que cada una mostró su propio patrón (Merchán Andrade & Sparer Larriva, 2015).

En la investigación titulada "Aporte al conocimiento del fitoplancton de la laguna del Parque Unzué (Gualeguaychú, Argentina)", se llevó a cabo un estudio para determinar la riqueza y composición del fitoplancton durante un período de un año (2015-2016). Se realizó un total de nueve muestreos en tres zonas de la laguna, los resultados revelaron la presencia de 30 géneros de fitoplancton, que se distribuyeron en las siguientes clases: Bacillariophyceae (11 géneros), Chlorophyta (10 géneros), Euglenophyta (4 géneros), Cyanobacteria (4 géneros) y Dinophyceae (1 género). Algunos de los géneros más comunes y constantes a lo largo de todo el período de estudio incluyeron *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Phacus*, *Navicula*, *Gomphonema* y *Pinnularia*, los cuales son comunes en las lagunas urbanas de la ecorregión pampeana. Además, se destacó la detección del género *Ceratium*, que ha sido señalado como un género invasor en cuerpos de agua dulce de Sudamérica. También se identificaron cianobacterias potencialmente tóxicas, como *Microcystis*, *Aphanocapsa* y *Merismopedia*, lo que resalta la importancia de monitorear la calidad del agua en estas lagunas (Gianello et al., 2018).

### **2.1.2. Nivel nacional**

Durante abril, julio y octubre, se llevaron a cabo evaluaciones hidrobiológicas en tres lagunas altoandinas (Huascacocha, Quimahuanca y Huampo), ubicadas en la provincia de Ambo, Región Huánuco. Recolectaron un total de 27 muestras de fitoplancton en los que se identificaron siete grupos taxonómicos Bacillariophyta, Chlorophyta, Charophyta, Chrysophyta, Cyanophyta, Dinophyta y Euglenophyta. En la laguna Huascacocha, la riqueza varió de 30 y 40 taxones, con Chlorophyta como la predominante, representando entre el 76,7% y 87,9% de la abundancia relativa con el género *Botryococcus*, con un 61,3% de representación.

En la Laguna Quimahuanca, la riqueza fluctuó de 28 y 42 taxa cuyas abundancias relativas varió según el mes de muestreo. Las Chlorophyta fue predominante en abril (48,79%), Bacillariophyta en julio (61,94%), y Charophyta en octubre (94,57%). El género predominante de este último grupo fue *Staurastrum*, con un 61,38% de representación. La Laguna Huampo, presentó una riqueza que osciló entre 23 y 31 taxones con abundancia relativas variables con los meses de muestreo, siendo Bacillariophyta predominante en abril (28,46%), Chrysophyta en julio (72,46%), y Chrysophyta nuevamente en octubre (75,33%); el género más común en esta laguna fue Dinobryon, representando un 74,8% de la comunidad (Cavero Arana et al., 2020).

Determinaron la diversidad del fitoplancton de la Laguna La Viuda (Lima, Perú) de agosto – noviembre 2016, para el cual llevaron a cabo muestreos en diez estaciones. Además, determinaron la calidad del agua como la temperatura, conductividad, pH, salinidad, fosfato, nitrato, nitrógeno, fósforo, metales totales y dureza. También determinaron la abundancia relativa y los índices de diversidad alfa (riqueza, dominancia y equitatividad). Dentro de los resultados reportan que, en agosto, la división Bacillariophyta predominó en la estación I con 75,41%, la división Chlorophyta en la estación II con 66,52% y la estación III con 55,30%, entre tanto en las demás estaciones Chlorophyta fue la más abundante. Los resultados de la diversidad alfa para agosto indicaron que la estación I presentaba una mayor diversidad de especies en comparación con las otras estaciones, y no se observó dominancia en ninguna de ellas. En noviembre, se observó una mayor diversidad en la estación VIII, pero se identificó dominancia en la estación VI, donde prevalecía *Oocystis lacustris* Chodat con un 69.45% de abundancia. La laguna estudiada presentó aguas frías, pH ligeramente ácido, con salinidad y conductividad eléctrica baja, dureza moderada, los niveles de nitratos y fosfatos fueron reducidos y entre los metales más abundantes fueron calcio sílice y magnesio (Huanaco et al., 2018).

En un estudio llevada a cabo en la laguna de Piuray, ubicada en el distrito de Chinchero, provincia de Urubamba, departamento de Cusco, a una altitud de 3750, se realizó un muestreo estratificado (0 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m y 35 m). Colectó individuos pertenecientes a 52 géneros en 6 divisiones, Chlorophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta, Cyanophyta y Chrysophyta, de la comunidad Fitoplanctónica. Se identificó 21 géneros en las Chlorophyta, 22 dentro de las Bacillariophyta, uno en Euglenophyta, al igual que en Pyrrophyta, mientras que en Cyanophyta se identificó seis géneros y finalmente en la división Chrysophyta solo uno. Se resalta que todos los géneros identificados fueron registrados a lo largo de la columna de agua de la laguna (Rosas Zevallos & Miranda Nuñez, 2015).

Roa Castro (2017), determinó la composición y abundancia del fitoplancton en tres ambientes lénticos de la región central del Perú, en dos periodos climáticos (época seca y lluviosa). Para la colecta de muestras filtró 80 litros de agua en la zona litoral de cada punto de muestreo con una red de fitoplancton de 10 micras así mismo determinó los parámetros fisicoquímicos. Identificó 131 taxones distribuidos en 52 familias, 35 órdenes, 13 clases y 7 phylum. Los resultados de

este estudio indican que la comunidad de fitoplancton no varía significativamente a lo largo del tiempo, pero presenta diferencias significativas a nivel espacial. La composición de especies está dominada por Bacillariophyceae y Chlorophyceae, especialmente durante la época lluviosa. En cuanto a la abundancia, se observó que las divisiones Fragilariophyceae y Bacillariophyceae predominan tanto en la época seca como en la lluviosa. Esto se refleja en una alta dominancia en algunas estaciones de muestreo, lo que a su vez resulta en valores bajos de diversidad y equidad en esas estaciones. Además, se encontró que existen correlaciones significativas entre la composición del fitoplancton y las variables de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales. Estas variables fisicoquímicas son fundamentales para comprender la presencia y abundancia de las especies de fitoplancton en los ambientes estudiados. Como conclusión afirma que las condiciones fisicoquímicas del agua desempeñan un papel crucial en la estructura de las comunidades de fitoplancton en estos ambientes acuáticos. Las diferencias espaciales en la composición y abundancia del fitoplancton pueden estar relacionadas con las variaciones en estas condiciones ambientales en las estaciones de muestreo.

### **2.1.3. Nivel local**

Tumialán (2017), realizó una investigación de la comunidad fitoplanctónica de la laguna Pumacocha del distrito Vischongo en el departamento de Ayacucho, durante las estaciones de invierno y primavera del 2014. Tomó muestras en cinco estaciones de muestreo en dos profundidades (superficial y a un metro) para el cual empleó una botella de Van Dorn. Halló que la división predominante fue Bacillariophyta con 53%, seguido de Euglenophyta con 24%, Chlorophyta 12%, Chrysophyta 8%, Cianophyta y Pirrophyta con 2%. La mayor abundancia de la comunidad fue registrada en los meses de octubre, noviembre y diciembre, siendo *Asterionella formosa*, *Mallomonas caudata* y *Trachelomonas volvocina* como las especies más representativas. Los valores más altos de diversidad de especies fueron registrados en la época de invierno, mientras que la mayor abundancia durante la época lluviosa. En cuanto al resultado del análisis fisicoquímico del agua, presentaron valores bajos, estos no determinaron la presencia o ausencia del fitoplancton.

En un estudio llevado a cabo en la laguna de Toccto (Tambo, La Mar, Ayacucho) durante el verano y otoño de 2010. Se tomaron muestras cada quince días en cinco estaciones de monitoreo abarcando la parte superficial y a la profundidad de 1 m. Halló que la división Bacillariophyta fue predominante, seguido de la

Chlorophyta, Cyanophyta y Euglenophyta. La división Chlorophyta fue la más diversa al presentar 30 especies; mientras que las especies *Achnathes inflata* y *Fragilaria sp.* fueron los más abundantes. El índice de Shannon - Wiener tiene un valor máximo de 3,17 bits/indiv en el mes abril con un valor de 3,17 bits/ind. y con un mínimo de 2,85 bits/ind. (Cuba, 2011)

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Lagunas**

Cuerpo de agua estancada generalmente de poca profundidad. Las lagunas pueden variar en tamaño y forma, y a menudo están rodeadas de vegetación y pueden ser de agua dulce o salada, Son ecosistemas importantes que alberga importante biodiversidad, por ejemplo, aves (Roldán & Ramírez, 2022).

### **2.2.2. Comunidad biológica**

Conjunto de poblaciones de diferentes especies que coexisten en un área geográfica específica y que interactúan entre sí. Estas interacciones pueden incluir la competencia por recursos, la depredación, la simbiosis y otras relaciones ecológicas (Smith & Smith, 2007)

### **2.2.3. Composición de la comunidad**

Especies de organismos que forman parte de una comunidad biológica en un área específica. En otras palabras, se trata de la lista de especies que coexisten en un ecosistema o hábitat particular y sus respectivas proporciones, así como las interacciones entre ellas (Molles, 2006). También puede considerarse a niveles taxonómicos más generales

### **2.2.4. Abundancia relativa**

Es la proporción o frecuencia con la que una especie o grupo de organismos se encuentra en una comunidad biológica. Esta medida se utiliza para expresar la presencia y la cantidad relativa de diferentes especies en un ecosistema. (Ramírez, 1999).

### **2.2.5. Diversidad alfa ( $\alpha$ )**

Se refiere a la diversidad de especies dentro de un ecosistema o una comunidad específica en un lugar o tiempo determinado. Para cuantificar la diversidad alfa, se utiliza índices que son sensibles al número de especies presentes y su abundancia relativa (Magurran, 2013).

### **2.2.6. Diversidad beta ( $\beta$ )**

Variación en la composición de especies en comunidades ubicadas en diferentes hábitats, lugares geográficos y tiempos diferentes. Es decir, cuantifica la

variabilidad en las especies presentes para ello emplea índices o métricas que tienen en cuenta la diferencia en la composición y la cantidad de especies exclusivas de cada hábitat y la similitud. (Magurran, 2013).

### **2.2.7. Fitoplancton**

Organismos microscópicos, principalmente algas unicelulares o pluricelulares, autótrofos, capaces de realizar la fotosíntesis para producir su propio alimento a partir de la luz solar, dióxido de carbono y nutrientes disueltos en el agua (Tundisi & Tundisi, 2012).

### **2.2.8. Litoral**

Zona de transición del cuerpo de agua con un ecosistema terrestre, esta zona se puede distinguir en sistemas lénticos y lóticos. Es una zona bastante dinámica, con disponibilidad de luz solar, influenciada por las mareas, las olas y las fluctuaciones en el nivel del agua (Cole & Weihe, 2015).

## **2.3. Bases teóricas**

### **2.3.1. Cuerpos de aguas continentales**

Son masas de agua que se encuentran dentro de los continentes, varían en tamaño y volumen, desde ríos y lagos (más grandes que contienen mayor volumen de agua) a arroyos y lagunas (Roldan & Restrepo, 2008). Dentro de los conocidos como cuerpos de agua continentales tenemos (Lampert & Sommer, 2007):

#### **a. Ríos**

Son cursos de agua que fluyen en una sola dirección, nacen desde fuentes de agua, como manantiales o deshielo de montañas, hacia un océano, mar o lago. De acuerdo a la importancia para el hombre, son importantes en el suministro de agua dulce y como vía de comunicación.

#### **b. Lagos**

Son cuerpos de agua que se encuentran en tierra firme ocupando una depresión y varían en tamaño y profundidad. En forma general son los que tienen mayor extensión y profundidad.

#### **c. Lagunas**

Son cuerpos de agua generalmente más pequeños y poco profundos en comparación con los lagos. Las lagunas pueden estar conectadas al mar o al océano y son ecosistemas únicos.

#### **d. Humedales**

Son ecosistemas cuyo suelo se halla inundadas o saturadas de agua de forma intermitente o constante. Los humedales son vitales para la biodiversidad, la

purificación del agua, control de inundaciones y erosión, además de otros servicios ecosistémicos.

#### **e. Arroyos y riachuelos**

Cursos de agua que trasladan un volumen de agua más reducido que los ríos, pueden ser estacionales o permanentes. Estos cuerpos de agua. Pese a que podrían ser temporales, son importantes los ecosistemas como fuente de para la provisión de agua.

En forma general, los cuerpos de agua continentales cumplen diferentes funciones ecosistémicas, dentro de los cuales tenemos la regulación del ciclo del agua, provisión de agua dulce para consumo humano, la conservación de la biodiversidad y el apoyo a actividades económicas como la pesca, la agricultura y el turismo (Iwan et al., 2017).

Otra clasificación que se emplea con la finalidad de diferenciar los cuerpos de agua continentales en base a la movilidad que presentan sus aguas es (Encalada et al., 2019):

##### **a. Lóticos**

Son ecosistemas acuáticos que se caracterizan por la presencia de corrientes o flujos constantes de agua unidireccionales, como ríos, arroyos y riachuelos (Dudgeon, 2011). Dichos ecosistemas son dinámicos, ya que presentan agua en constante movimiento y con ella de igual manera la materia y energía, lo que crea una serie de condiciones únicas para la vida acuática y la vegetación que los habita (Allan & Castillo, 2007). Se caracterizan por presentar aguas con abundante oxígeno disuelto lo que da sustento a una rica biodiversidad como peces, invertebrados acuáticos, plantas acuáticas y otros organismos. Son sistemas donde la velocidad del agua, la profundidad y otros factores como la turbulencia, temperatura y características fisicoquímicas del agua pueden variar significativamente (Dudgeon, 2011).

##### **b. Lénticos**

Son ecosistemas acuáticos que se caracterizan por presentar agua estancados contenida en una depresión del terreno, como lagos, lagunas, embalses, estanques y charcas (Pérez & Restrepo, 2008). Dentro de las principales características que los diferencian de los lóticos, es la falta de corriente significativa, acumulación de sedimentos en el fondo y la frecuente formación de estratos del agua, cuando es veranos o primavera el agua más cálida se ubica en

la superficie, lo que es denominado como estratificación térmica y variación en la calidad del agua en diferentes profundidades (Wetzel, 2001).

### **2.3.2. Lagunas altoandinas**

Cuerpos de agua ubicados en regiones de gran altitud, consideran por encima de los 3 800 msnm, en áreas montañosas o cordilleras, como los Andes en América del Sur. Suelen formarse por la contribución de agua proveniente de deshielo de glaciares, aguas subterráneas y la precipitación pluvial. Son por lo general de poca extensión y poca profundidad, sin embargo, no dejan de ser importantes, ya que albergan una variedad de vida silvestre adaptada a las condiciones extremas de las altas montañas. Se constituyen como oasis en una zona xerofítica, por lo que atrae diferentes formas de vida

El Perú alberga un total de 8 355 lagunas que cubre una superficie de 916,64 km<sup>2</sup> y 3246 lagunas menores a 5000 m<sup>2</sup>, según el último inventariado de Lagunas Glaciares del Perú de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2014). Sin embargo, las cifras mencionadas no coinciden con lo manifestado por Egg (2010) que afirma que el número de lagunas es un poco más de 12 000.

### **2.3.3. Estado trófico de las lagunas**

El estado trófico de una laguna se refiere a su nivel de productividad biológica de un ecosistema, en este caso de una laguna y está relacionado estrechamente con la disponibilidad de nutrientes y la cantidad de materia orgánica en el agua. Se tienen cuatro estados tróficos (Roldán & Ramírez, 2022)

#### **a. Oligotrófico**

Se caracterizan por presentar baja productividad biológica, debido a los bajos niveles de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo. Limita la densidad de fitoplancton y otros organismos acuáticos. En el aspecto físico del agua, resalta por presentar agua transparente.

#### **b. Mesotrófico**

Presentan niveles moderados de nutrientes y productividad biológica, por lo que se consideran que presentan un estado intermedio entre los lagos oligotróficos y los eutróficos. La diversidad de especies y la biomasa suelen ser moderadas, y el agua puede ser relativamente clara.

#### **c. Eutrófico**

Son ecosistemas acuáticos con abundante cantidad de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, lo que fomenta el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas, lo que a menudo conduce a la formación de una capa densa de productores

primarios en la superficie. La eutrofización puede causar problemas de calidad de agua, como floraciones de algas nocivas y disminución de oxígeno. La biomasa y la diversidad biológica pueden ser altas en estos ambientes, pero a menudo dominadas por un número reducido de especies.

#### **d. Hipereutrófico**

Es un estado extremo del estado eutrófico en la que los niveles de nutrientes son excepcionalmente altos, lo que resulta en problemas graves de calidad del agua. La proliferación de algas, la falta de oxígeno disuelto y la muerte de organismos acuáticos son comunes en estas lagunas.

#### **2.3.4. El fitoplancton**

El término fitoplancton proviene del griego phyton que significa “planta” y planktos que significa “errante” y describe a una comunidad constituida por organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua (Roa, 2017). Está constituido microorganismos acuáticos autótrofos que forman parte esencial del plancton, principalmente microalgas y cianobacterias libres o asociadas, distribuidas en diferentes profundidades de la columna de agua, de acuerdo a sus preferencias y requerimientos de crecimiento (Yusuf, 2020).

De acuerdo con Reynolds (1996) los componentes del fitoplancton se los puede clasificar de acuerdo a su tamaño, en tal caso se tiene:

- Picoplancton, donde el tamaño de las células va de 0,2 a 2  $\mu\text{m}$ .
- Nanoplancton, con tamaños que van desde 2 a 20  $\mu\text{m}$
- Microplancton, cuyos tamaños van de 20 a 200  $\mu\text{m}$
- Mesoplancton, que va desde 200 a 2 000  $\mu\text{m}$ .

Además de su importancia en la cadena alimentaria como organismos que dan inicio al flujo de energía (sirven de alimento al zooplancton), desempeña un papel crucial en la regulación de la concentración de oxígeno y en la inmovilización de dióxido de carbono de la atmósfera.

#### **a. Importancia en el ecosistema acuático**

Al ser productores primarios, tienen la importante función de sustentar la trama trófica que se inicia a partir del zooplancton hasta grandes peces depredadores. Por otro lado, influyen significativamente en la concentración de oxígeno del agua de cuerpos lénticos, ya que en el proceso de fotosíntesis se genera oxígeno, que se disuelve en el agua y es empleada por muchos organismos acuáticos (Bicudo & Manezes, 2005)

El fitoplancton, al igual que otras comunidades acuáticas, ha sido utilizado desde hace tiempo por el hombre como un buen indicador del estado trófico de las aguas, de las presiones fisicoquímicas que se encuentran relacionadas con la eutrofización, contaminación térmica, contaminación orgánica y cambios en la mineralización del agua. Por ello la existencia de diferentes índices que es empleado en la determinación de la calidad ecológica de los ecosistemas donde se hallan, en ese caso sirven de gran ayuda en los procesos de biorremediación. Se sabe que las condiciones fisicoquímicas y de conservación del lago determinan la composición y distribución del fitoplancton, los cuales han sido utilizados como indicadores ecológicos, de manera que la composición taxonómica proporciona la base para establecer el estado general de los cuerpos de agua (Mora, 2015). También ha sido utilizadas por el hombre como suplementos alimenticios, fuentes de ácidos grasos tipo omega, antioxidantes, incluso como biocombustibles.

#### **b. Principales divisiones**

El fitoplancton es un grupo muy diverso diferenciados por el tipo y la cantidad pigmentos fotosintéticos. La mayoría de ellas tienen cromoplastos con diversas formas, números y ubicaciones, aunque un pequeño grupo, como las Cyanobacterias, son procariontes y carecen de cromoplastos. Las algas exhiben una amplia gama de formas de vida, que se pueden agrupar en unicelulares y pluricelulares, según (Acleto & Zúñiga, 1998).

Para su identificación considerar, a parte de las ya descritas, características como la presencia o ausencia de flagelos, su número, longitud, punto de inserción, y la presencia o ausencia de pelos o escamas (Bicudo & Manezes, 2005).

#### **Cyanobacterias**

Conocidas como algas verdes-azules, agrupan los organismos más primitivos con una estructura procarionte y carecen de cromatóforos. Su coloración azul verdosa característica se debe en gran medida a la presencia de clorofila "a" y otros pigmentos como la C-ficocianina (azul), C-ficoeritrina (rojo), beta-caroteno y varias xantofilas. El almidón de cianofíceas es el principal compuesto de reserva en estas células (Acleto & Zúñiga, 1998). Dado que las características morfológicas de estas células pequeñas son difíciles de distinguir, se sabe que varían considerablemente en función de las condiciones ambientales (Sahoo & Seckbach, 2015). Las cyanobacterias se encuentran en una variedad de entornos, que van desde suelos húmedos hasta áridos, diversos cuerpos de agua dulce y ambientes marinos. Es un grupo de algas muy importante para la productividad

de los suelos, ya que contribuyen en la fertilidad del suelo, gracias a su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, razón por lo que su presencia es indicativo de suelos que no tiene déficit de dicho nutriente.

### **División Chlorophyta**

Conocidas también como algas verdes, tienen una pigmentación verde brillante debido a que en ellas predominancia la clorofila "a" y "b" sobre beta-caroteno y xantofilas, tienen la capacidad de almacenar almidón, y su formación está relacionada con la presencia de pirenoides. Su pared celular está compuesta principalmente de celulosa (Lee, 2018). Estructuralmente presentan una gran variedad de formas, presentan células esféricas (cocoideas), filamentosas, formas heterotricas laminares o cenocíticas, entre otras. Presentan un núcleo bien organizado, y algunas especies poseen flagelos y estigma. Se los halla en ecosistemas acuáticos continentales, sin embargo, también se los puede hallar como parte de los productores primarios terrestre y marinos (Kristiansen, 2013), es decir tienen una amplia distribución como las algas verde-azules, prosperando en lugares con humedad y luz disponibles. Las algas verdes planctónicas, se los puede hallar formando parte de las comunidades planctónicas en cualquier época del año, pero son comunes durante la primavera y el otoño (Acleto, 1998). (Bellinger & Sigeo, 2015)

Dentro de esta división encontramos un gran número de familias, las más comunes pueden citarse como Chlorococcaceae, Hydrodictyaceae, Microsporaceae, Oocystaceae, Scenedesmiaceae, Ulotrichaceae, Desmidiaceae, Zygnemataceae, Oedogoniaceae (Acleto & Zúñiga, 1998).

### **División Euglenophyta**

Está constituido por organismos unicelulares flagelados, así como formas palmeloides y coloniales sésiles. Aunque no tienen una pared celular, cuentan con un periplasto de estructura compleja. Son móviles gracias a la presencia de dos flagelos, uno corto que no sobresale más allá del reservorio y otro largo que emerge a través del reservorio cerca de la base de los flagelos, por lo general presentan una o más vacuolas contráctiles cercanas. El principal compuesto de reserva que se halla en el citoplasma, es el paramilon, un carbohidrato similar a la laminarina (Acleto & Zúñiga, 1998)

### **División Bacillariophyta**

Son algas que contienen pigmentos fotosintéticos, incluyendo clorofila a y clorofila c, así como carotenoides Las diatomeas se caracterizan por su distintiva pared

celular de sílice, que consta de dos mitades o valvas. estas valvas encajan una en la otra, de manera similar a una caja de Petri, formando una estructura llamada frústulo. Cada célula tiene un solo núcleo visible, y el cromatóforo, que le da su tono pardo amarillento, suele estar ubicado en el centro o ligeramente hacia un lado en una forma esférica, lenticular u ovoide (Sahoo & Seckbach, 2015). El citoplasma de estas células forma una capa delgada que se adhiere a la cara interna de la pared celular (frústulo), y se encuentra delimitado por una gran vacuola central. Las diatomeas se encuentran en una variedad de hábitats acuáticos, desde agua dulce hasta ambientes marinos, pasando por aguas subterráneas y superficies húmedas en suelos. Son importantes en las redes alimentarias acuáticas, ya que son una fuente importante de alimento para organismos filtradores y plancton. Además, son excelentes productoras de oxígeno a través de la fotosíntesis y contribuyen a la eliminación de dióxido de carbono de la atmósfera (Acleto & Zúñiga, 1998).

Dentro de esta división, se agrupan dos órdenes, las Centrales y la Pennales. Las Centrales se caracterizan por su forma circular o elíptica. Sus valvas son más pequeñas y suelen carecer de las ornamentaciones elaboradas que se encuentran en las diatomeas Pennales. En su lugar, las diatomeas centrales pueden exhibir patrones más simples en la superficie de las valvas. Las Pennales son conocidas por su forma alargada y estrecha, similar a una caja con tapa. Sus valvas son grandes, laminares y generalmente ornamentadas, lo que significa que exhiben patrones decorativos en la superficie de las valvas. Estas ornamentaciones pueden variar ampliamente entre las especies y son de importancia taxonómica. Dentro de las principales familias se puede mencionar a Fragilariaceae, Naviculaceae, Cymbellaceae, Epithemiaceae, Bacillariaceae, Surirellaceae (Acleto & Zúñiga, 1998).

### **División Pyrrhophyta**

Conocidas también como dinoflagelados, son por lo general unicelulares, aunque a menudo están rodeados por una cubierta de células llamada teca, presentan preferentemente una forma alargada y aplanada. La mayoría presentan dos flagelos, que utilizan para la locomoción, uno de ellos se encuentra en un surco alrededor de la célula (flagelo transversal), mientras que el otro se extiende hacia afuera (flagelo longitudinal). Los cloroplastos que presentan pueden variar en forma, número y pigmentos fotosintéticos, algunos de ellos son capaces de capturar presas y alimentarse de otros organismos, lo que los hace mixótrofos

(Acleto & Zúñiga, 1998). Se los hallan comúnmente en ambientes acuáticos, desde agua dulce hasta agua salada, y pueden vivir en una variedad de condiciones. Algunos son planctónicos y forman parte del fitoplancton, mientras que otros pueden ser bentónicos, viviendo en sedimentos marinos. Al formar parte del fitoplancton, son una fuente importante de alimento para otros organismos marinos. Algunas especies de dinoflagelados pueden producir toxinas que afectan la salud de los organismos marinos y, en última instancia, la de los seres humanos que consumen mariscos contaminados (Kristiansen, 2013).

### **División Chrysophyta**

Se caracterizan por su pigmentación dorada o parda debido a la presencia de pigmentos carotenoides, como fucoxantina. Son principalmente unicelulares, aunque también pueden formar colonias filamentosas con células de forma variable, desde esférica hasta alargada. Se hallan principalmente en ambientes acuáticos, tanto de agua dulce como marina. Son comunes en cuerpos de agua como lagos, ríos, océanos y estanques. Las diatomeas son especialmente abundantes en ambientes acuáticos y son una parte fundamental del fitoplancton marino (Acleto & Zúñiga, 1998).

### **c. Cambios estacionales**

Las algas más abundantes del plancton en aguas dulces son las verdes y las diatomeas principalmente. Sin embargo, puede variar en función de los cambios ambientales que se producen en los lagos o lagunas. Dentro de los principales factores que se menciona para el hemisferio norte o zonas templadas, se afirma que con la estratificación que se rompe durante el otoño por el enfriamiento de la capa superficial del agua. Aunado a la fuerza del viento, se impulsa la circulación del agua lo que da lugar a lo que se conoce como "homogenización de otoño", consecuencia de ello ocurre cambios en las variables ambientales y consecuentemente en las características del fitoplancton. Este ciclo anual en la que ocurre homogenizaciones y estratificaciones, junto con los cambios resultantes en la concentración de nutrientes, influye en los florecimientos de fitoplancton que suelen observarse en la primavera y ocasionalmente en el otoño en regiones de aguas templadas. Sin embargo, se debe tomar en cuenta, que el neotrópico las lagunas no están influenciadas de esa manera por el entorno, uno de los más importantes factores es, no ocurre un periodo de congelamiento del agua superficial, adicionalmente, por lo general los cuerpos de agua lénticos en esta parte del mundo no son profundos (Alvarez-Cobelas et al., 2013).

#### **d. Factores ambientales limitantes**

El fitoplancton en los lagos está constituido por muchas poblaciones, las que difieren a parte de sus características taxonómicas, por la magnitud de tolerancia a las características ambientales. Por ello, la composición y abundancia, cambia espacialmente, pero es mucho más en una escala temporal; se debe considerar que los ecosistemas lénticos son relativamente homogéneos en cuanto a las características de sus aguas; sin embargo, se ha observado importantes cambios a lo largo de un ciclo anual (Manezes & Bicudo, 2022). Es por ello que en el estudio del fitoplancton, en lo posible se debe considerar la caracterización de variables del agua, ya que explica los cambios que podría ocurrir en la comunidad y en las poblaciones.

Dentro de los principales factores limitantes más importantes que influyen en el fitoplancton podríamos citar (Sahoo & Seckbach, 2015):

- **Luz solar:** La disponibilidad y la intensidad de luz es un factor crítico, ya que son organismos que tienen la capacidad de llevar a cabo la fotosíntesis. La disponibilidad de la luz, en calidad y cantidad, cambia según la profundidad del cuerpo de agua, es por ello que esta comunidad se la halla fundamentalmente en la superficie (zona fótica) y disminuye su abundancia en zonas profundas (zona afótica).
- **Disponibilidad de Nutrientes:** Principalmente referidos a nitrógeno, el fósforo y el silicio, éste último indispensable para las Bacylarophytas (diatomeas). La falta de estos nutrientes limita el crecimiento del fitoplancton, especialmente en aguas más superficiales, tal como pudiera ocurrir en ecosistemas oligotróficos. Sin embargo, en cuerpos eutrofizados la alta disponibilidad de dichos nutrientes genera un crecimiento explosivo, circunscrito a determinados grupos.
- **Temperatura del agua:** Los componentes del fitoplancton, al igual que cualquier otro ser vivo, tienen rangos de tolerancia a la temperatura, el cual si no se halla dentro de la oferta ambiental (bajas o altas) limitan su reproducción, fotosíntesis y multiplicación.
- **Características químicas del agua:** En los cuerpos de agua continentales, en los cuales se incluye las algas, se observa una amplia variabilidad en las concentraciones y proporciones de iones presentes. Los lagos con aguas duras tienden a exhibir concentraciones totales más elevadas de sales, principalmente dominadas por iones de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), y carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). También presentan proporciones más bajas de cationes

monovalentes/bivalentes y condicionando a que los valores del pH sean más altos, generalmente superiores a 8. Por otro lado, en los lagos con aguas blandas, se registran concentraciones totales más bajas de sales disueltas, con una presencia relativamente mayor de iones de sodio ( $\text{Na}^+$ ) y cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), así como una proporción más alta de cationes monovalentes, lo que da como resultado valores de pH más ácidos, generalmente por debajo de 7. Las diferencias de la composición química del agua suelen estar relacionadas con las variaciones en las características del fitoplancton. Estas variaciones están especialmente influenciadas por los niveles de calcio y el contenido de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) disuelto. Las especies que prosperan en aguas duras tienen la capacidad de utilizar el bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) como fuente de carbono, mientras que aquellas que crecen en aguas blandas, posiblemente, están restringidas a utilizar el  $\text{CO}_2$  libre.

- Zooplancton y herbívoros: El zooplancton, son organismos que se alimentan de fitoplancton, pueden limitar su abundancia al consumirlo. Si la población de zooplancton es grande, puede ejercer una presión significativa sobre el fitoplancton.
- Competencia entre especies: Los componentes del fitoplancton compiten por recursos como luz y nutrientes. La presencia de ciertas especies dominantes puede limitar la disponibilidad de recursos para otras, lo que afecta su crecimiento.
- Contaminación: La contaminación del agua, incluyendo nutrientes en exceso debidos a la escorrentía agrícola y la contaminación industrial, puede tener efectos perjudiciales en el fitoplancton. Pueden provocar floraciones de algas nocivas, que dañan los ecosistemas acuáticos.
- Clima y eventos extremos: Cambios en el clima, como eventos de El Niño o La Niña, pueden afectar la temperatura del agua, los patrones de nutrientes y la circulación oceánica, lo que a su vez puede tener un impacto en el fitoplancton.

### **2.3.5. Índices de diversidad biológica**

Los índices de diversidad biológica son medidas cuantitativas utilizadas para evaluar la variedad de las diferentes formas de vida presentes en un ecosistema o una comunidad. Estos índices proporcionan información cuantitativa sobre la composición de especies, la abundancia relativa de diferentes organismos y la distribución de la biodiversidad en un área específica. Su objetivo principal es resumir la complejidad y la riqueza biológica de un entorno en un solo número o

métrica, lo que facilita la comparación y el seguimiento de cambios en la biodiversidad a lo largo del tiempo o en diferentes lugares (Moreno, 2001).

#### **a. Índices de diversidad alfa ( $\alpha$ )**

Se utilizan para evaluar la diversidad de especies dentro de un solo sitio o área localizada, como un hábitat, un ecosistema o una comunidad, así mismo dentro de un momento dado. Estos índices proporcionan información sobre la variedad de especies presentes y su abundancia relativa en un lugar específico. Algunos de los índices de diversidad alfa más comunes incluyen (Magurran, 2013):

- **Riqueza de especies (S):** Este es el índice más simple y directo de diversidad alfa, ya que mide el número total de especies presentes en un lugar específico. Cuantas más especies diferentes se encuentren en ese lugar, mayor será la riqueza de especies.
- **Diversidad de Shannon-Wiener (H')**: Este índice tiene en cuenta tanto la riqueza de especies como la equidad en la distribución de individuos entre esas especies. Valora la uniformidad en la abundancia de las especies. Un valor más alto de H' indica una comunidad con mayor diversidad y una distribución de las abundancias más uniforme de individuos entre las especies. Asume valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Está representada por el modelo matemático siguiente:

$$H' = -\sum p_i (\ln p_i)$$

Donde:

S: es el número de especies en la comunidad.

$p_i$ : representa la proporción de individuos en la comunidad que pertenecen a la especie  $i$ .

$\ln$ : es la función logaritmo natural, aunque también se puede emplear otras bases.

Éste índice, normalmente asume valores que van desde 1 a 5. Cuando es menor a 2 se interpreta como de diversidad baja, de 2 a 3,5 media y superiores a 3.5 como alta.

- **Diversidad de Simpson (D):** Este índice es sensible a la dominancia de especies en una comunidad. Cuanto más alto sea el valor de D, menor diversidad habrá en la comunidad, ya que indica que una o unas pocas especies son dominantes en ese lugar. El modelo matemático que nos permite estimar este índice es:

$$D = \sum pi^2$$

Dónde:

pi: abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

### b. Índices de diversidad beta ( $\beta$ )

Estos índices son empleados para cuantificar la variabilidad en la composición de especies o la estructura de las comunidades biológicas entre diferentes sitios o áreas geográficas, también en tiempos diferentes. A diferencia de los índices de diversidad alfa, que se centran en la diversidad de especies dentro de un sitio específico, los índices de diversidad beta se utilizan para evaluar la diferencia o similitud en la biodiversidad entre diferentes lugares. Estos índices son esenciales para comprender cómo cambia la biodiversidad a lo largo del espacio y cómo se distribuyen las especies en paisajes diversos (Moreno, 2001). Algunos de los índices de diversidad beta más comunes incluyen:

- **Índice de Sørensen (Bray-Curtis):** Este índice compara la similitud entre dos sitios en términos de la composición de especies. Cuanto más alto sea el valor del índice, mayor será la similitud entre los sitios. La fórmula matemática mediante el cual se calcula es la siguiente:

$$I = \frac{2pN}{aN + bN}$$

Donde

aN = número total de individuos en el sitio A

bN = número total de individuos en el sitio B

pN = sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios.

- **Índice de Jaccard:** Este índice también se utiliza para medir la similitud en la composición de especies entre dos sitios, pero se enfoca en la presencia/ausencia de especies en lugar de sus abundancias relativas.
- **Índice de Whittaker (Índice de Diferenciación de Whittaker):** Este índice mide la diferencia en la composición de especies entre dos sitios y considera tanto las especies compartidas como las especies únicas en cada sitio.
- **Índice de Morisita-Horn:** Este índice se centra en la abundancia relativa de las especies compartidas entre dos sitios, lo que significa que pone más énfasis en las especies dominantes en la evaluación de la similitud.

$$I_{M-H} = \frac{2\sum(an \times bn \ j)}{(da + db)aN \times bN}$$

Donde:

$a_{ni}$  = número de individuos de la  $i$ -ésima especie en el sitio A

$b_{nj}$  = número de individuos de la  $j$ -ésima especie en el sitio B

$$d_a = \sum a_{ni}^2 / aN^2$$

$$d_b = \sum b_{nj}^2 / bN^2$$

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El área de estudio de la comunidad fitoplanctónica fue en la laguna altoandina denominada por los lugareños como Guitarrachayocc, denominada de esa manera debido a la forma que adopta el espejo de agua, cuando se observa desde una determinada posición y ángulo.

##### **3.1.1. Ubicación política**

De acuerdo a la división del territorio peruano según departamento, provincia y distrital, la laguna estuvo ubicada de la siguiente manera:

Región : Ayacucho  
Provincia : Cangallo  
Distrito : Paras  
Lugar : Santa Fe

##### **3.1.2. Ubicación geográfica**

La ubicación geográfica de la laguna fue determinada mediante el uso de un GPS navegador y comparada con el servicios Google Earth, por lo que está ubicada en las siguientes coordenadas (UTM):

- 533707 E
- 8519016 N

A una altitud 4594 msnm.

#### **3.2. Población y tamaño de muestra**

##### **3.2.1. Población**

La población estudiada fue la comunidad fitoplanctónica de la laguna Guitarrachayocc ubicado en el distrito de Paras, provincia de Cangallo, región Ayacucho, para el cual se ubicó cuatro zonas de muestreo, durante los meses de setiembre del 2018 a junio del 2019.

### 3.2.2. Muestra

Constituido por 40 muestras de fitoplancton colectadas en el litoral de la laguna en cuatro zonas de muestreo con una frecuencia mensual entre los meses de setiembre del 2018 a junio del 2019.

### 3.2.3. Muestreo

Se colectaron las muestras de fitoplancton en cuatro zonas de muestreos ubicados en el litoral de la laguna donde la toma de muestra fue con frecuencia mensual, por un periodo de 10 meses, desde el mes de setiembre del 2018 a junio del 2019. El muestreo se realizó siguiendo las recomendaciones de un muestreo aleatorio sistemático (Ramírez, 1999).

### 3.2.4. Caracterización de la laguna

Se halló en una zona denominada como altoandina, aproximadamente a 4594 msnm, con un espejo de agua de aproximadamente de 4,4 ha y una longitud de orilla de 1,14 km. Se halló una zona de vida Páramo muy húmedo SUBALPINO SUBTROPICAL (pmh-SaS). La vegetación acuática sumergida que domina en las cuatro zonas de muestreo fue *Eloedea* y *Myriophyllum*.

## 3.3. Metodología y recolección de datos

### 3.3.1. Ubicación de las zonas de muestreo

Se estableció cuatro zonas de muestreo en el litoral de la laguna, tratando de que sean equidistantes, las que fueron identificadas mediante coordenadas generadas por un GPS navegador (Marca Garmin, modelo Etrex 22x con una precisión de 2 m). El número de zonas de muestreo ubicadas en la laguna fue determinado siguiendo las recomendaciones de Confederación Hidrográfica del Ebro (2005), que recomienda establecer de 1 a 3 zonas en lagos pequeños menores a 50 ha de espejo de agua, y de 3 a 5 en lagos grandes mayores a 50 ha. Así mismo, se tomó en cuenta la accesibilidad a los lugares de muestreo, así como la seguridad en el proceso de muestreo, recomendado por la Autoridad Nacional del Agua (2016).

**Tabla 1.** Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo de la laguna Guitarrachayocc, distrito Paras, provincia Cangallo, Ayacucho 2018-2019

Zonas de muestreo	Ubicación geográfica (UTM)		
	x	y	altitud (msnm)
I	533689	8519135	4 594
II	533727	8518930	4 594
III	533929	8519093	4 594
IV	533949	8519238	4 593

### **3.3.2. Obtención y transporte de la muestra**

Para la obtención de muestras cuantitativas (para determinar abundancia) se colectó 32 litros de agua de manera aleatoria mediante el uso de un balde de ocho litros de capacidad sujeta a una cuerda de aproximadamente 4 m y arrojada al interior de la laguna. El agua colectada fue filtrada con una red de plancton con una luz de malla de 20  $\mu\text{m}$ . El filtrado obtenido fue colocado en una bolsa de polietileno de 6 x 12 cm debidamente etiquetados con datos del número de zona y fecha de muestreo, posteriormente se le agregó 1 mL de lugol (Samanez et al., 2014) con la finalidad de preservar de manera temporal el fitoplancton. Adicionalmente se colectaron muestras cualitativas a partir de filtrado de diferentes volúmenes de muestra de agua con la finalidad de identificar los taxones. Finalmente, las muestras fueron transportadas al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica (BioSIG) de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mediante el uso de cooler atemperado a menos de 10 °C.

### **3.3.3. Identificación de taxones**

Antes de realizar la contabilización de los organismos fitoplanctónicos presente en las muestras, se realizó la identificación en las muestras cualitativas. Para este efecto, con una pipeta Pasteur se sustrajo una alícuota del fondo del frasco donde se dispuso las muestras colectadas en campo, para luego colocar una gota sobre un portaobjeto y seguidamente el cubreobjeto. Las observaciones microscópicas se realizaron con un microscopio óptico Olympus con el objetivo 10X, 40X y 100X, este procedimiento fue repetido entre 5 a 7 veces. La identificación taxonómica fue realizada empleando claves de Bellinger & Sigeo (2015); Maneses & Bicudo (2022); Wehr et al. (2015), posteriormente para verificar la existencia de los taxa identificados, para la clasificación taxonómica se recurrió a la página web Alga Base (Guiry et al., 2014). En el proceso de identificación se hizo registros fotográficos, los que sirvieron posteriormente para comprobar la identificación al cual se arribó. Con la finalidad de verificar las identificaciones realizadas, se llevó las imágenes fotográficas y muestras al Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, para el cual se realizó una pasantía (Anexo 9). Con el apoyo de la Blga. Iris Margot Samanez Valer, especialista en fitoplancton continental y marino integrante del Departamento de Limnología, se verificó las identificaciones realizadas. Se debe tomar en cuenta que el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, no cuenta con muestras de referencia por obvias razones (organismos microscópicos).

### **3.3.4. Determinación de la abundancia**

Para este efecto fue necesario identificar los componentes de fitoplancton de las muestras, posteriormente se contabilizaron por taxones mediante el empleo de una cámara Sedgewick Rafter (Bicudo & Manazes, 2005). Las muestras contabilizadas fueron tomadas al azar de las muestras cuantitativas con una pipeta Pasteur, previa agitación del frasco contenedor. Previamente, fue necesario agregar agua y Lugol a los frascos conteniendo las muestras para llevar el volumen a 20 mL, a partir del cual se tomaron muestras de 1 mL de volumen que se colocaron en la cámara para su contabilización.

### **3.3.5. Estimación de la similaridad**

La similaridad de la comunidad fitoplanctónica entre las zonas y meses de muestreo, fue estimada con el índice de Bray-Curtis (adecuado para el análisis de comunidades acuáticas), complementado con el análisis multivariado conglomerados (Ramírez, 1999) para el cual se empleó los software PAST 4.11 (Hammer & Harper, 2022) y InfoStat 2020 (Di Rienzo et al., 2020).

### **3.4. Análisis estadístico**

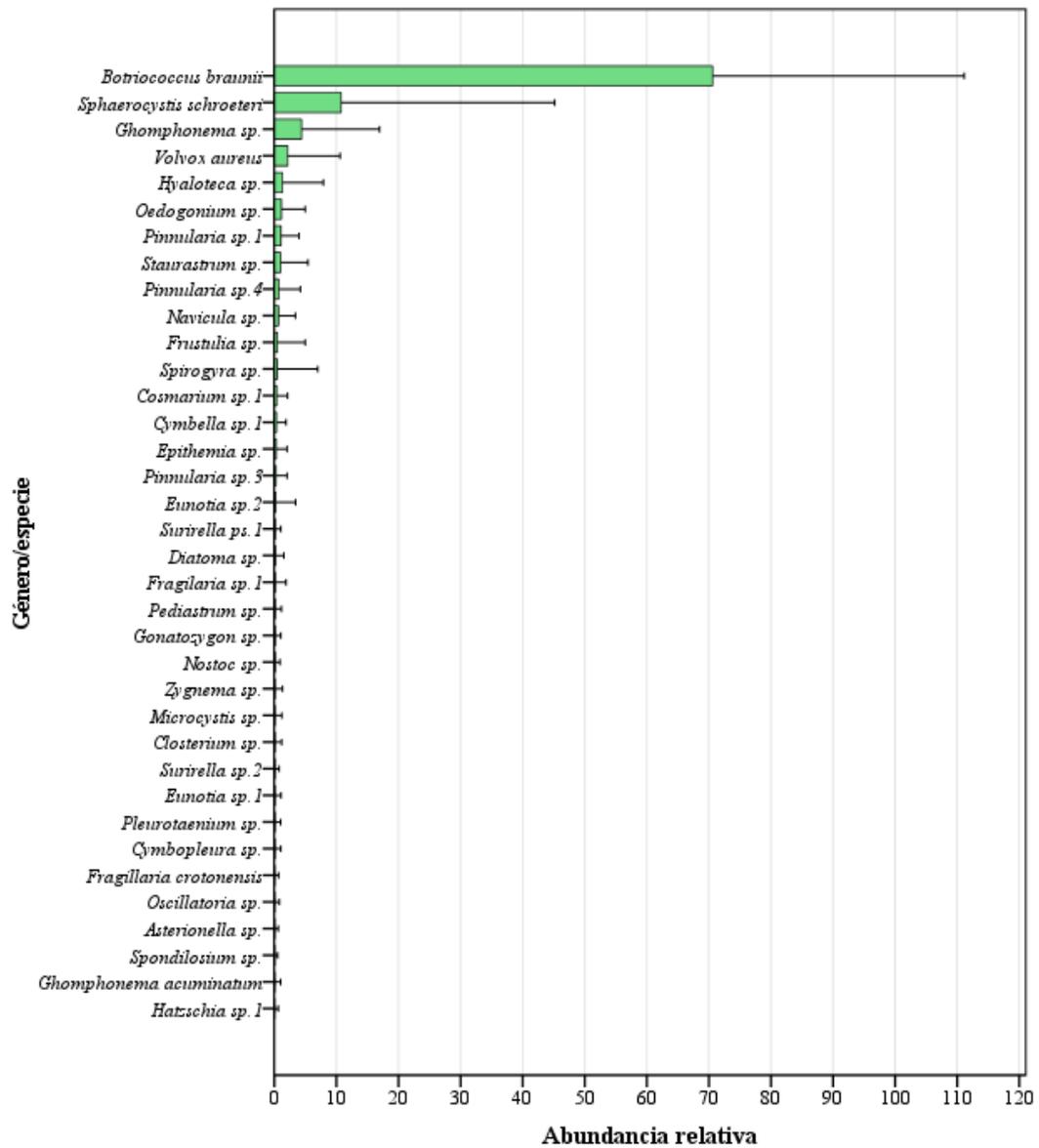
A partir de una matriz de datos con las densidades de los taxones que constituyen el fitoplancton por zonas y meses de muestreo construidas en IBM SPSS 25, InfoStat 2020 y PAST 4.11 se realizó el análisis estadístico. Se estimó estadísticos descriptivos de tendencia central y dispersión (media y desviación típica), para las densidades y las abundancias los que fueron presentados en tablas y figuras. Los datos no presentaron distribución normal, el que fue determinado mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov ( $\alpha > 0,05$ ), por lo que se empleó la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las zonas y meses de muestreo según las abundancias del fitoplancton, la confianza que se empleó en dichas pruebas fue del 95% ( $\alpha = 0,05$ ). También se empleó la prueba multivariada de conglomerados (cluster), con la finalidad de agrupar las zonas y los meses de muestreo por su similitud en base a las características del fitoplancton hallado (composición y abundancia)  $\text{mm}^3$ .

#### **IV. RESULTADOS**

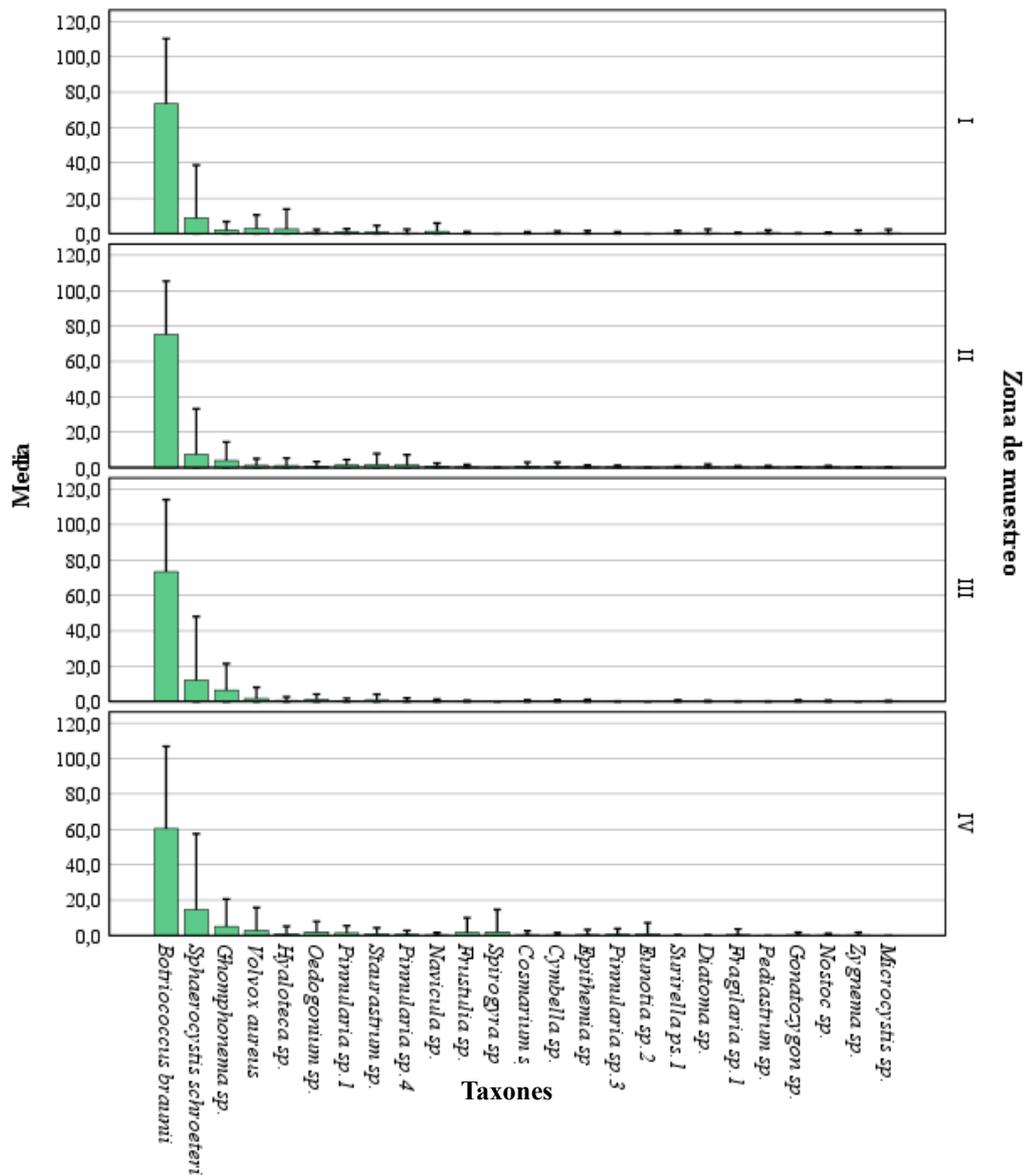
**Tabla 2.** Composición de la comunidad fitoplanctónica y densidad en la laguna Guitarrachayocc, distrito de Paras, provincia Cangallo, Ayacucho 2018-2019

División	Familia	Taxones	Zona de muestreo				Mes de muestreo										N° org/L	Meses present (N°)	
			I	II	III	IV	Set 2018	Oct 2018	Nov 2018	Dic 2018	Ene 2019	Feb 2019	Mar 2019	Abr 2019	May 2019	Jun 2019			
Chlorophyta	Botryococcaceae	<i>Botryococcus braunii</i>																3195	10
Chlorophyta	Sphaerocystidaceae	<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>																622	6
Bacillariophyta	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema sp.</i>																255	10
Charophyta	Desmidiaceae	<i>Staurastrum sp.</i>																83	10
Chlorophyta	Volvocaceae	<i>Volvox aureus</i>																73	8
Chlorophyta	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium sp.</i>																71	7
Charophyta	Desmidiaceae	<i>Hyalotheca sp.</i>																57	6
Bacillariophyta	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia sp.1</i>																43	10
Bacillariophyta	Naviculaceae	<i>Navicula sp.</i>																31	10
Bacillariophyta	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia sp.4</i>																28	5
Charophyta	Zygnemataceae	<i>Spirogyra sp.</i>																23	1
Bacillariophyta	Cymbellaceae	<i>Cymbella sp.1</i>																19	6
Bacillariophyta	Amphipleuraceae	<i>Frustulia sp.</i>																19	5
Charophyta	Desmidiaceae	<i>Cosmarium sp.1</i>																13	8
Bacillariophyta	Surirellaceae	<i>Surirella ps.1</i>																12	8
Bacillariophyta	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia sp.</i>																11	10
Bacillariophyta	Eunotiaceae	<i>Eunotia sp.2</i>																11	1
Bacillariophyta	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia sp.3</i>																9	5
Cyanobacteria	Microcystaceae	<i>Microcystis sp.</i>																8	4
Charophyta	Gonatozygaceae	<i>Gonatozygon sp.</i>																8	3
Chlorophyta	Hydrodictyceae	<i>Pseudopediastrum sp.</i>																8	8
Bacillariophyta	Surirellaceae	<i>Surirella sp.2</i>																7	6
Bacillariophyta	Fragilariaceae	<i>Fragilaria sp.1</i>																7	2
Charophyta	Desmidiaceae	<i>Spondylosium sp.</i>																6	4
Cyanobacteria	Nostocaceae	<i>Nostoc sp.</i>																5	7
Charophyta	Zygnemataceae	<i>Zygnema sp.</i>																5	2
Bacillariophyta	Fragilariaceae	<i>Diatoma sp.</i>																5	3
Chlorophyta	Chaetophoraceae	<i>Draparnaldia sp.</i>																4	4
Bacillariophyta	Fragilariaceae	<i>Fragilaria crotonensis</i>																4	3

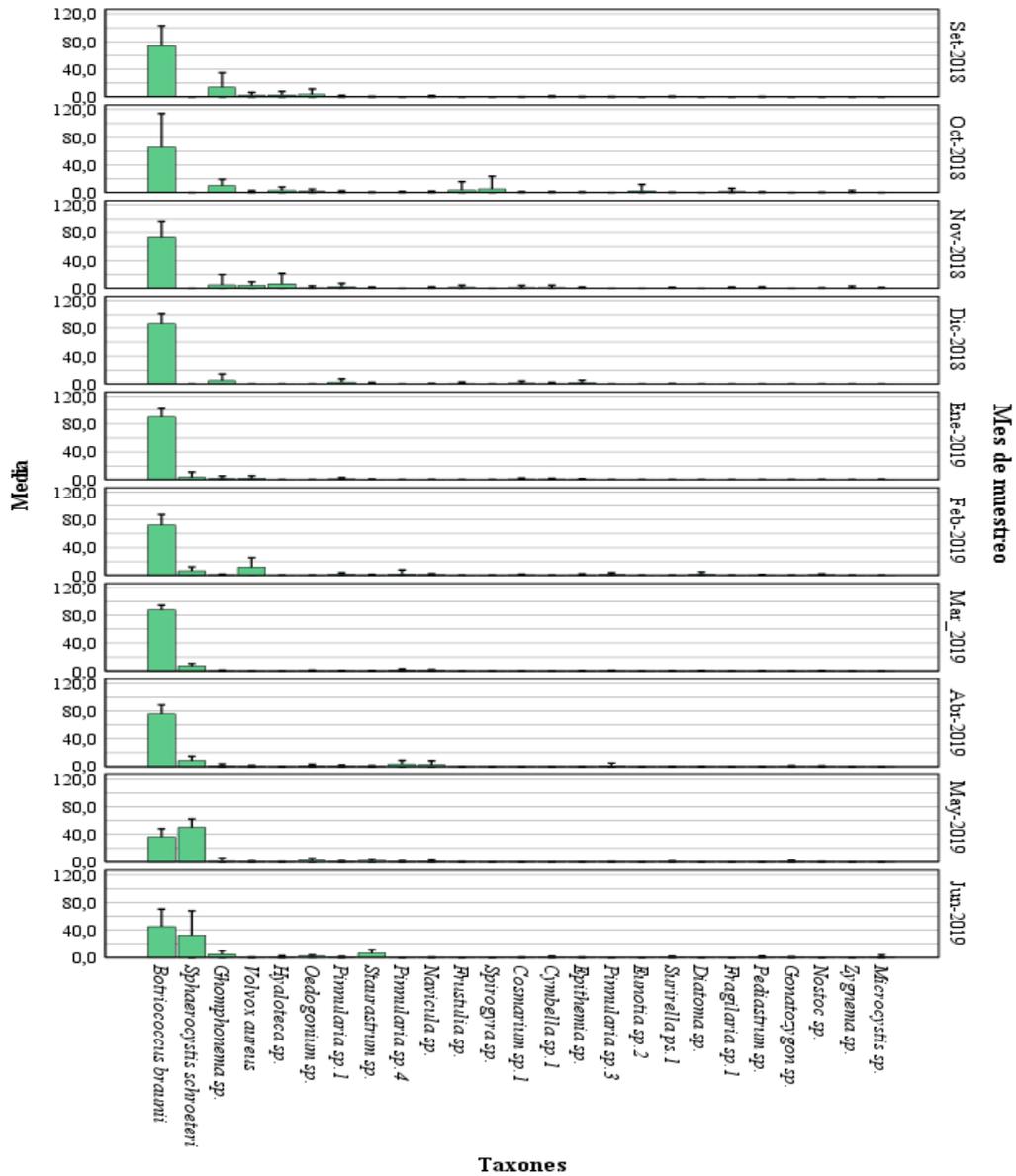




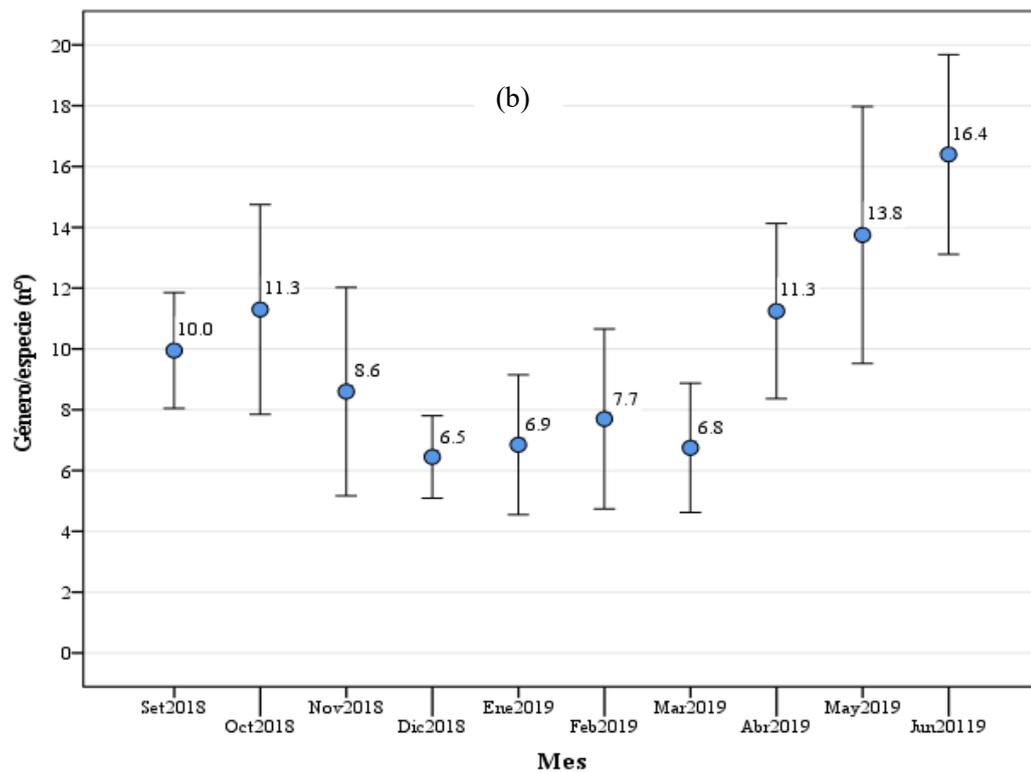
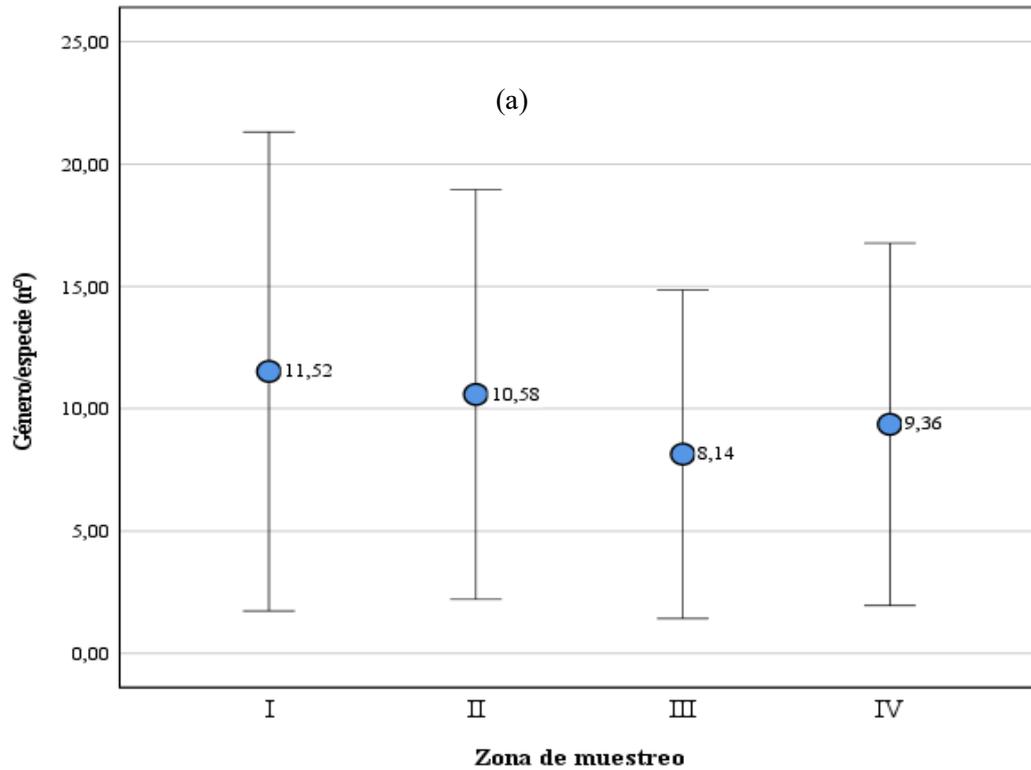
**Figura 1.** Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes (36 más abundantes) de la comunidad fitoplanctónica en la laguna Guitarrachayocc, distrito de Paras, provincia Cangallo, Ayacucho 2018-2019



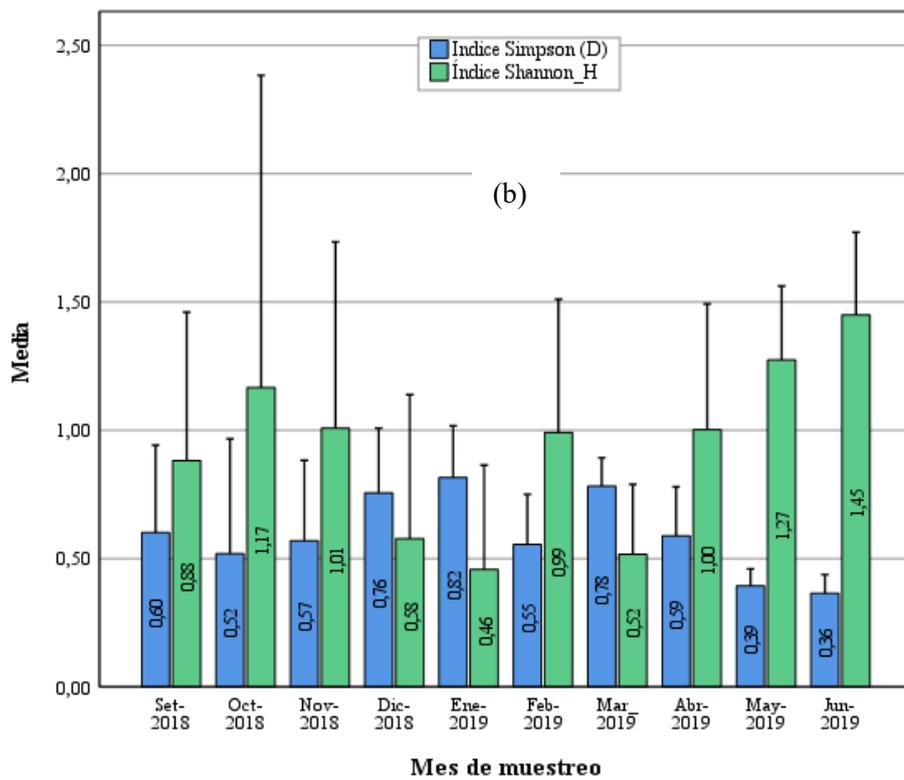
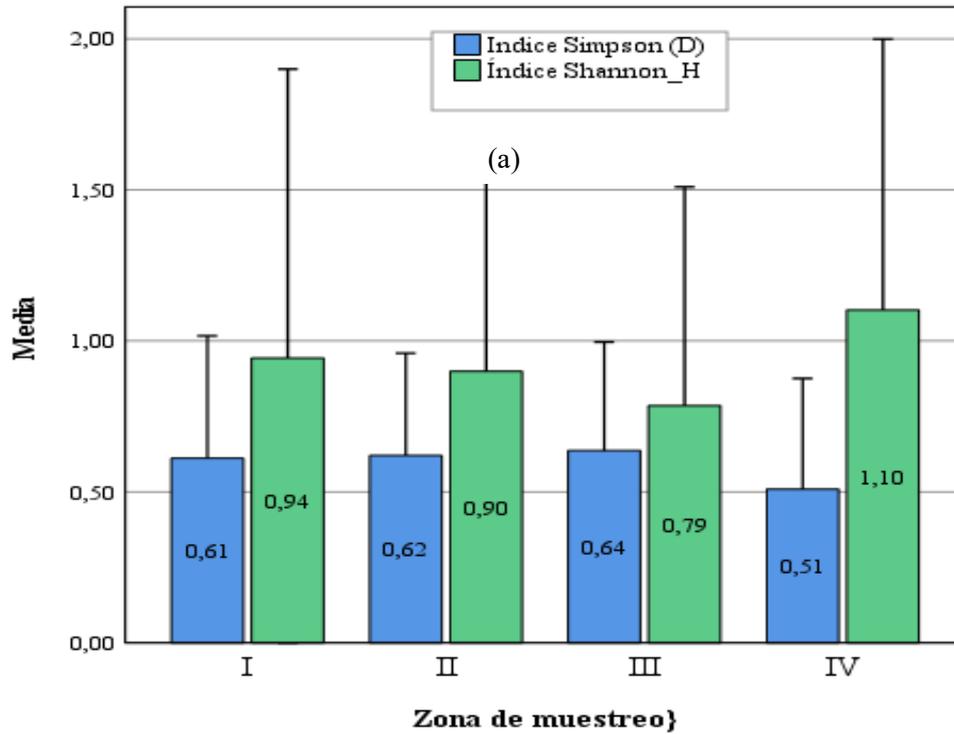
**Figura 2.** Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad fitoplanctónica (25 más abundantes) por zonas de muestreo en la laguna Guitarrachayocc, distrito de Paras, provincia Cangallo, Ayacucho 2018-2019



**Figura 3.** Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad fitoplanctónica (25 más abundantes) por meses de muestreo en la laguna Guitarrachayocc, distrito de Paras, provincia Cangallo, Ayacucho 2018-2019



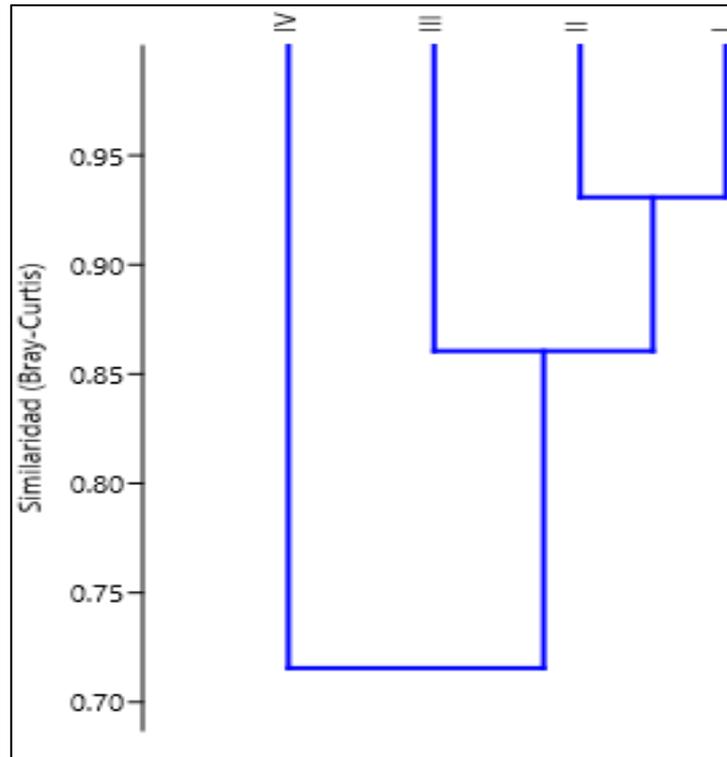
**Figura 4.** Número de taxa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad fitoplanctónica por zonas (a) y meses (b) de muestreo en la laguna Guitarrachayocc, distrito de Paras, provincia Cangallo, Ayacucho 2018-2019



**Figura 5.** Índice de Simpson y Shannon-Weaner promedio y desviación típica para la comunidad fitoplanctónica por zonas (a) y meses (b) de muestreo en la laguna Guitarrachayocc, distrito de Paras, provincia Cangallo, Ayacucho 2018-2019

**Tabla 3.** Similitud (Bray-Curtis) de las zonas de muestreo basado en la comunidad fitoplanctónica, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019

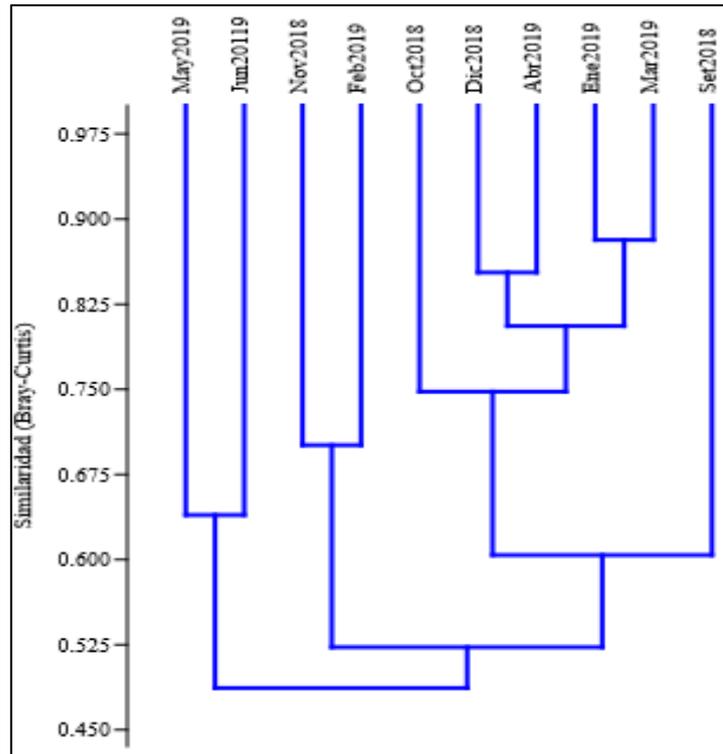
	I	II	III	IV
I	1,00			
II	0,94	1,00		
III	0,86	0,87	1,00	
IV	0,70	0,69	0,79	1,00



**Figura 6.** Dendrograma de similitud (Bray-Curtis) para las zonas de muestreo basado en la comunidad fitoplanctónica, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019

**Tabla 4.** Similitud (Bray-Curtis) de los meses de muestreo basado en la comunidad fitoplanctónica, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019

	Set-18	Oct-18	Nov-18	Dic-18	Ene-19	Feb-19	Mar-19	Abr-19	May-19	Jun-19
Set-18	1,00									
Oct-18	0,64	1,00								
Nov-18	0,35	0,51	1,00							
Dic-18	0,57	0,79	0,59	1,00						
Ene-19	0,68	0,74	0,49	0,81	1,00					
Feb-19	0,38	0,51	0,70	0,62	0,57	1,00				
Mar-19	0,61	0,75	0,46	0,81	0,88	0,61	1,00			
Abr-19	0,53	0,72	0,52	0,85	0,76	0,66	0,85	1,00		
May-19	0,33	0,43	0,46	0,48	0,44	0,56	0,50	0,57	1,00	
Jun-19	0,61	0,56	0,28	0,50	0,62	0,33	0,58	0,51	0,64	1,00



**Figura 7.** Dendrograma de similitud (Bray-Curtis) para los meses de muestreo basado en la comunidad fitoplanctónica, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019

## V. DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra la composición de la comunidad fitoplanctónica de la laguna Guitarrachayoc por las cuatro zonas y 10 meses de muestreo. Se registró un total de 62 taxa, perteneciente a 33 familias y a cuatro divisiones (Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta y Cyanobacteria). La división Bacillariophyta fue la más diversa presentando 28 taxones en 13 familias, seguida de Charophyta con 17 taxones en 6 familias, Clorophyta con 10 en 7 familias, mientras Cyanobacteria fue las menos diversa con 7 taxones en 7 familias. Otros trabajos de investigación realizados en lagunas de los departamentos de Ayacucho y Ancash, mencionan que la división Bacillariophyta fue la más diversa presentando un mayor número de especies y familias (Benites Roque & Martino Agapito, 2016; Cuba, 2011; Tumialán, 2017; Roa, 2017). Las algas Bacillariophyta requieren nutrientes como fosfatos y nitratos, de manera semejante a otras; sin embargo, se agrega el sílice, ya que es componente estructural de la pared celular de este grupo de algas (Lee, 2018), es de suponer que su presencia y diversidad está directamente relacionado a la presencia de dicho nutriente (Seeligmann et al., 2018). Las lagunas altoandinas, se caracterizan tener poca extensión y ser poco profundas (Muñoz et al., 2020), condición que probablemente determina que el intercambio de nutrientes entre el lecho y la columna de agua, sea mucho más dinámica en comparación con lo que ocurre con cuerpos lénticos más profundos, donde es frecuente encontrar estratificaciones persistentes (Wetzel, 2001). Respecto al número de especies/géneros hallados en el presente trabajo, es superior a lo reportado por Tumialán, (2017) en la laguna Pumacocha (Ayacucho) ubicado a 3300 msnm y Cuba (2011) en la laguna Tocto (4100 msnm), que mencionan que hallaron 42 y 30, respectivamente, dicho resultado probablemente se deba a que el muestreo en esta investigación abarcó mayor tiempo (diez meses); sin embargo, es menor a lo reportado por Roa (2017), quien menciona que halló 131

taxa en ambientes lénticos altoandinos de la región central del Perú, probablemente debido a que estudió varias lagunas ubicadas en diferentes lugares y con estado trófico también diferentes.

De acuerdo a las zonas de muestreo, se halló un máximo de 56 taxones para la zona I y un mínimo de 49 para la IV: mientras que, para los meses, un máximo de 43 en mayo del 2019 y el mínimo de 20 para diciembre del 2018, resaltando que existe mayor heterogeneidad para los meses en comparación con las zonas. Las condiciones ambientales influyen de manera determinante en la presencia y abundancia de los organismos vivos (Molles, 2006). Las especies presentan típicos rangos de tolerancia (que no coincide necesariamente con la de otras) frente a los factores ambientales, con óptimos donde son más abundantes, así como rangos de estrés y de intolerancia donde no están presentes (Smith & Smith, 2007). La mayor variación del número de taxones entre los meses de muestreo se debe a que, en un ciclo anual se suceden condiciones ambientales diferentes, con variaciones extrema de temperatura y precipitación pluvial. Abril a setiembre se caracterizan por la ausencia de lluvias con una menor temperatura ambiental; mientras que, de diciembre a marzo, la frecuencia de lluvias es mayor con mayor temperatura ambiental (SENAMHI, 2021), factores que influyen de manera determinante sobre el componente vivo de los ecosistemas. Las características de los ambientes lénticos son más homogéneos considerando el factor espacial (zonas de muestreo), debido a que en ellos frecuentemente se observa constantes mezclas de agua (Cole & Weihe, 2015), frente a ello las características de las comunidades varían poco.

Se ha determinado la existencia de taxones que tienen una amplia distribución espacial y temporal, ya que la mayoría de ellos fueron registrados en las cuatro zonas y los 10 meses de muestreo, destacando *Botriococcus braunii*, *Ghomphonema sp.*, *Staurastrum sp.*, *Pinnularia sp. 1*, *Navicula sp.* y *Epithemia sp.*, los que podrían considerarse como taxones que presentan un amplio rango de tolerancia (euritípicos). También existen aquellos que han sido registrados eventualmente, como *Spyrogyra sp.*, *Eunotia sp. 2* y *Pinnularia sp2*, los que podrían ser considerados como estenotípicos. En la Tabla 2, también se puede apreciar las densidades estimadas para cada taxa, resaltando a *Botriococcus braunii* (Chlorophyta) como el que presentó mayor promedio con 3195 indiv/L, seguido de *Sphaerocystis schroeteri* (Chlorophyta) con 622 indiv/L, *Ghomphonema sp.* (Bacilliarophyta) con 255 indiv/L y *Staurastrum sp.*

(Charophyta) con 83 indiv/L, por lo que son considerados como los más importantes dentro del proceso de flujo de energía.

En la Figura 1, se muestra la abundancia relativa promedio y la desviación típica de los 36 taxones que presentaron mayor abundancia relativa. Se aprecia en forma general que las abundancias presentan valores muy heterogéneos, por un lado, pocos taxones que presentan elevados valores y por otro, muchos taxones que presentan abundancias menores a 5%. *Botriococcus braunii* fue el más abundante, con un promedio mínimo de 70,6% y un máximo de 96,0%, seguido de *Sphaerocystis schroeteri* con promedio mínimo de 10,8% con máximo de 60%, ambos taxa hacen más del 80% de la abundancia (anexo 2).

En la Figura 2, se muestra las abundancias relativas de los componentes del fitoplancton por zonas de muestreo. Los promedios de la abundancia de los taxa son similares para las cuatro zonas, principalmente de los dominantes, caso de *Botriococcus braunii*, que representa en promedio desde 60,4% para la zona IV hasta un 75,4% para la II; sin embargo, para *Sphaerocystis schroeteri* (el segundo más abundante) el rango es más amplio presentando abundancias desde 7,5% para la zona II y 14,7% para la IV. Mientras que el resto de componentes presentan valores menores, que no superan el 5%. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis (Anexo 4), para comparar las zonas de muestreo según abundancias de los componentes, halló significancia estadística ( $\alpha < 0,05$ ) para muchos taxa, lo que nos indica que sus abundancias son diferentes según las zonas, es el caso de *Botriococcus braunii* que es mucho más abundante en la zona II y menor en la IV; para *Sphaerocystis schroeteri*, no se halló significancia ( $\alpha > 0,05$ ), por lo que es igualmente abundante en las cuatro zonas. Los taxa cuyas abundancias son estadísticamente diferentes, fueron *Oedogonium sp.*, *Ghomphonema sp.*, *Closterium sp.*, *Staurastrum brebissonii*, *Navicula sp.*, *Surirella ps. 1*, *Surirella sp.2*, *Pinnularia sp.1*, *Pediastrum sp.*, entre otros.

En la Figura 3, se muestra la abundancia relativa de los componentes del fitoplancton por meses donde se desarrolló el muestreo. Se observa que *Botriococcus braunii* fue dominante en todos los meses, con excepción de mayo de 2019. El segundo taxa, en abundancia, está representado por *Sphaerocystis schroeteri*, *Ghomphonema sp.*, *Volvox aureus* y *Hyaloteca sp.*, que son importantes en determinados meses (Anexo 5). Al realizar la prueba de Kruskal - Wallis, para comparar los meses de muestreo considerando las abundancias de los taxones, se halló en la mayoría de los casos significancias estadística ( $\alpha < 0,05$ ),

por lo que las abundancias fueron diferentes en los meses de muestreo. Dentro del conjunto de taxones, los más abundantes como son *Botriococcus braunii*, *Sphaerocystis schroeteri* y *Ghomphonema sp.*, muestran diferencia significativa ( $p < 0,05$ ), por lo que sus abundancias son diferentes en los meses muestreados. Los componentes de una comunidad biológica, a nivel de especie, familias y niveles taxonómicos superiores, no muestran abundancias similares, es común la existencia pocos que acaparan la abundancia, los que podrían ser considerados como los más exitosos (Krebs, 2014). Dichos organismos, están presentes en mayor medida debido a que los niveles de los factores ambientales en su hábitat, se hallan dentro de sus rangos de tolerancia óptimos, lo que determina que su desempeño como población también sea óptimo (Smith & Smith, 2007). Se debe considerar que adicionalmente a los factores ambientales, también influyen los biológicos, referidos a la depredación y competencia principalmente como reguladores de las poblaciones (Margalef, 1993). En comparación con otros trabajos de investigación se aprecia que no necesariamente coinciden en los taxa más abundantes, en el caso de Tumialán (2017), halló que *Asterionella formosa*, *Mallomonas caudata* y *Trachelomona volvocina* fueron los más abundantes; mientras que, Cuba (2011) reporta a *Achnathes inflata* y *Fragilaria sp.*; sin embargo, Caveró et al. (2020) reporta para la laguna Huascacocha al género *Botryococcus* como el dominante además de que los Chlorophyta, fueron los más abundantes representando el 76,7% a 87,9%, resultados que coinciden con lo hallado en esta investigación.

En cuanto a la diversidad de la comunidad estudiada, en la Figura 4 se muestra el promedio del número de géneros/especies del fitoplancton registrados por zonas (a) y por meses (b) de muestreo. Para el caso de las zonas (a), se observa que en promedio el mínimo por muestreo fue de 8,14 para la zona III y un máximo de 11.52 para I, pero elevados valores de desviación típica, indicador que se registraron valores muy extremos. La prueba de Kruskal-Wallis ( $\alpha = 0.05$ ), cuyos resultados se observan en el Anexo 7, muestran que las zonas de muestreo mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en cuanto el número de taxones. Para los meses de muestreo (b), se observa que los valores son más heterogéneos, con un máximo promedio de 16,4 taxones para junio de 2019 y un mínimo de 6,5 para diciembre de 2018. La prueba de Kruskal-Wallis ( $\alpha = 0.05$ ), cuyos resultados se observan en el Anexo 7, muestran que tanto las zonas como los meses de muestreo son diferentes en cuanto el número de taxones.

La Figura 5, muestra los valores promedios y desviación típica de los índices de Simpson (D) diversidad y de Shannon-Weaner, tanto por zonas (a) y meses de muestreo (b) que fueron calculados considerando la identificación a nivel de género/especie. Para las zonas de muestreo (a), el índice de Simpson registró un promedio máximo de 0,64 para la zona III y un mínimo de 0,51 para la IV; mientras que para el índice de Shannon-Weaner, la zona IV muestra el valor máximo con 1,1 bits/individ y la III el mínimo, con 0,79 bits/individ. Según los meses (b), en promedio el índice de Simpson fue mayor en el mes de enero de 2019 con 0,82, mientras que el menor se registró en junio de 2019 con 0,36; para el índice de Shannon-Weaner, el promedio máximo fue registrado en junio de 2019 con 1,45 bits/individ, el mínimo con 0,46 bits/individ en enero de 2019. La prueba de Kruskal-Wallis (Anexo 8) demuestra que las zonas y los meses de muestreo, son estadísticamente diferentes ( $\alpha < 0,05$ ) para ambos índices.

Los índices de diversidad son medidas cuantitativas que intentan describir y resumir la diversidad de especies en un ecosistema o comunidad, se emplean adicionalmente para comparar la diversidad entre diferentes lugares o tiempos. Sin embargo, se ha demostrado que muchos de ellos presentan características que no lo hacen ideal para la medición de comunidades, es el caso del índice de Shannon-Weaner, que es sensible a la diversidad y homogeneidad (directamente relacionado con el número de especies y abundancias similares de sus componentes). Es por ello, que los valores de dicho índice en el presente trabajo, no sobrepasan el valor de 1,45 bits/individ, característico de comunidades pobres en diversidad (Moreno, 2001; Magurran, 2013), debido que un solo componente representa la mayor abundancia. El índice de Simpson, es sensible a la dominancia, por lo que mayor será su valor cuando la abundancia se concentra en pocos taxones, siendo su comportamiento contrario al Shannon-Weaner (Moreno, 2001), es por ellos que sus valores superan el 0,5, considerando que los posibles valores van desde 0 hasta 1.

La Tabla 3 y la Figura 6, muestran la similitud de las zonas de muestreo establecidos en la laguna, en base a las características del fitoplancton hallado, ambos estimados con el índice de Bray-Curtis (Sorensen). En la Tabla 3, se observa que los valores de todas las comparaciones de las zonas muestran valores por encima del 60%, así el máximo valor hallado es entre I y II con 0,94 (94%), seguido de I y III con 0,86 (86%); mientras que el mínimo valor lo presentan las zonas II y IV con 0,69 (69%). Observando la Figura 6, resultado del análisis de

conglomerados (análisis clúster), resalta que todas las zonas muestran valores de similitud superiores a 0,7 (70%), con la zona IV como la más disímil en relación a las otras, mientras que las tres zonas restantes muestran valores por encima de 0,85 (85%).

En la Tabla 4 y la Figura 7, se muestra los valores de similitud calculados en base al índice de Bray-Curtis para los meses de muestreo considerando las características del fitoplancton. En la Tabla 4 se observa valores desde 0,33, hallado entre setiembre de 2018 y mayo de 2019 hasta un máximo de 0,88 entre enero y marzo de 2019; sin embargo, resalta que 25 de las 36 comparaciones por pares, presentan valores por encima de 50%. En la Figura 7 (análisis de conglomerados) la similitud entre las zonas es mayor a 0,45 (45%), con mayo y junio de 2019 como los menos similares en relación con resto de meses.

Las comunidades, cambian espacial y temporalmente, por la influencia de muchos factores, entre las más importantes se mencionan a las variables ambientales, así como las biológicas (Begon & Townsend, 2021). Las características fisicoquímicas del hábitat de los organismos cambian temporalmente, a lo largo de las 24 horas, siendo más extremos en un ciclo anual (Dudgeon, 2011). Frente a ello los organismos han desarrollado estrategias que les permite afrontar dichos cambios, principalmente morfológicas y fisiológicas, sin descartar las conductuales (Margalef, 1993). Para el caso del presente trabajo de investigación, claramente se puede apreciar que las mayores similitudes se hallaron dentro de la misma laguna en comparación con el temporal. Un cuerpo léntico se caracteriza por presentar agua dentro de una depresión, lo que determina que sea mucho más homogéneo en comparación con sistemas lóticos que presentan aguas que fluyen unidireccionalmente. Por ello, las comunidades, frente a condiciones ambientales homogéneas, tienden a ser más similares; sin embargo, frente a cambios determinados por un ciclo anual, muchos componentes tienden a desaparecer y otras a aparecer. Lo mencionado está determinado por la amplitud de sus rangos de tolerancia a los factores ambientales, en aquellos que son estrechos, determinan su desaparición frente a mínimos cambios ambientales (estenotípicos), mientras que si es amplio, hacen posible su presencia (euritípicos) (Smith & Smith, 2007; Molles, 2006).

## VI. CONCLUSIONES

1. Se registró un total de 62 taxa, perteneciente a 33 familias y a cuatro divisiones (Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta y Cyanobacteria), donde Bacillariophyta fue la más diversa presentando con 28 taxones.
2. La abundancia de los componentes del fitoplancton es heterogénea, con géneros/especies abundantes como *Botriococcus braunii* que representa en promedio el 70,6%, con una densidad de 3195 indiv/L; mientras que, el resto de componentes presenta valores mucho menores. La abundancia por zonas y meses de muestreo siguen un patrón semejante a la abundancia total, con las máximas dominancias asignadas a las mismas especies.
3. La diversidad específica (número de taxones) muestran valores más homogéneos entre las zonas en comparación con los meses. Para las zonas con valores que van de 8,1 (III) y 11,5 (I) en promedio; mientras que para los meses de 6,5 para diciembre de 2018 y de 16,4 para junio de 2019. El índice de diversidad de Simpson y Shannon-Weaner, muestra valores que catalogan a la diversidad del fitoplancton como pobre.
4. La similitud (índice de Bray-Curtis) entre las zonas de muestreo fue mayor a 0,6; mientras que, para los meses, en la mayoría de los pares comparativos, presentó valores mayores a 0,5, que es más frecuente entre los meses con presencia de lluvia y mejora de la temperatura ambiental.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar investigaciones de la caracterización del fitoplancton en mayor número de lagunas altoandinas, incluyendo a aquellas que se hallan por encima de los 4500 msnm.
2. Caracterizar el fitoplancton en lagunas que muestren diferentes estados tróficos con la finalidad de identificar posibles indicadores dentro de los taxones que son frecuentes, bajo dichas condiciones.
3. Desarrollar investigaciones con la finalidad de relacionar variables ambientales del agua con las características de las comunidades biológicas, caso del fitoplancton.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acleto, C., & Zúñiga, R. (1998). *Introducción a las algas*. Escuela Nueva.  
[https://biblioteca.imarpe.gob.pe/opac\\_css/index.php?lvl=notice\\_display&id=10064](https://biblioteca.imarpe.gob.pe/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=10064)
- Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). *Stream Ecology: Structure and function of running waters*. Springer Science & Business Media.
- Alvarez-Cobelas, M., Reynolds, C. S., Sanchez-Castillo, P., & Kristiansen, J. (2013). *Phytoplankton and Trophic Gradients*. Springer Science & Business Media.
- ANA. (2014). *Inventario de Glaciares y Lagunas: Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos*. Autoridad Nacional del Agua.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/374269/Inventario-de-Glaciares-y-Cuenca.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*.  
<https://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>
- Begon, M., & Townsend, C. R. (2021). *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. John Wiley & Sons.
- Bellinger, E. G., & Sigeo, D. C. (2015). *Freshwater Algae: Identification, Enumeration and Use as Bioindicators*. John Wiley & Sons.
- Benites Roque, K. P., & Martino Agapito, F. P. (2016). *Características bioecológicas de la laguna Llamacocha y su uso potencial (verano 2014), distrito de Conchucos (Ancash, Perú)* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Santa].  
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2573>
- Bicudo, C. E. de M., & Manazes, M. (2005). *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: Chave para identificação e descrições*. Rima.
- Cavero Arana, J., Manrique, M., Zavalaga Talledo, F., Chang, F., Bouchon Corrales, M., & Aguilar Samanamud, C. (2020). Fitoplancton en tres lagunas alto andinas de la Provincia Ambo, Región Huánuco, Perú. *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*.  
<https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3472>

- Cavero, J., Manrique, M., Zavalaga Talledo, F., Chang, F., Bouchon Corrales, M., & Aguilar Samanamud, C. (2020). Fitoplancton en tres lagunas alto andinas de la Provincia Ambo, Región Huánuco, Perú. *Instituto del Mar del Perú* - *IMARPE*.  
<https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3472>
- Cole, G. A., & Weihe, P. E. (2015). *Textbook of Limnology: Fifth Edition*. Waveland Press.
- Confederación Hidrográfica del Ebro, P. (2005). *Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de Muestreo y Análisis para Fitoplancton. Confederación Hidrográfica del Ebro*.  
[https://www.academia.edu/39249307/Metodolog%C3%ADa\\_para\\_el\\_establecimiento\\_el\\_Estado\\_Ecol%C3%B3gico\\_seg%C3%BAAn\\_la\\_Directiva\\_MARCO\\_del\\_Agua\\_Fi\\_to\\_be\\_nt\\_os\\_MI\\_CRO\\_ALG\\_AS\\_BEN\\_TON\\_ICA\\_S\\_OCT\\_UBR\\_E\\_200\\_5\\_MINISTERIO\\_DE\\_MEDIO\\_AMBIENTE\\_CONFEDERACI%C3%93N\\_HIDROGR%C3%81FICA\\_DEL\\_EBRO](https://www.academia.edu/39249307/Metodolog%C3%ADa_para_el_establecimiento_el_Estado_Ecol%C3%B3gico_seg%C3%BAAn_la_Directiva_MARCO_del_Agua_Fi_to_be_nt_os_MI_CRO_ALG_AS_BEN_TON_ICA_S_OCT_UBR_E_200_5_MINISTERIO_DE_MEDIO_AMBIENTE_CONFEDERACI%C3%93N_HIDROGR%C3%81FICA_DEL_EBRO)
- Cuba, Y. (2011). *Análisis de la comunidad fitoplanctónica de la laguna de Toccto durante las estaciones de verano y otoño—2010* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].  
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5376>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). *InfoStat versión 2020* [Software].  
<http://www.infostat.com.ar>
- Dudgeon, D. (2011). *Tropical Stream Ecology*. Elsevier.
- Egg, A. B. (2010). *Ecología del Perú* (3.<sup>a</sup> ed.). Bruño.
- Encalada, A., Suarez, E., Mena, C., Lessmann, J., Guayasamin, J., Sampedro, C., Martinez, P., Ochoa-Herrera, V., Swing, K., Celinscak, M., Vieira, J., Tapia, A., Schreckinger, J., Serrano, C., Barragán Figueroa, K., Andrade, S., Alexiades, A., & Troya, M. (2019). *Los ríos de las cuencas Andino-Amazonicas: Herramientas y guía de invertebrados para el diseño efectivo de programas de monitoreo*.
- Gianello, D., Aguer, I., & Crettaz Minaglia, M. C. (2018). *Aportes al conocimiento del fitoplancton de la laguna del Parque Unzué (Gualeguaychú, Argentina)* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de La Plata].  
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/68986>

- Guiry, M. D., Guiry, G. M., Morrison, L., Rindi, F., Miranda, S. V., Mathieson, A. C., Parker, B. C., Langangen, A., John, D. M., Bárbara, I., Carter, C. F., Kuipers, P., & Garbary, D. J. (2014). AlgaeBase: An On-line Resource for Algae. *Cryptogamie, Algologie*, 35(2), 105-115. <https://doi.org/10.7872/crya.v35.iss2.2014.105>
- Hammer, Ø., & Harper, D. A. T. (2022). *PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis* (4.11) [Software]. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- Huanaco, J. L., Montoya Terreros, H., Castellanos Sánchez, P. L., & Quiroz Barraza, R. A. (2018). Evaluación de la diversidad del fitoplancton de la laguna La Viuda (Lima, Perú) en agosto- noviembre 2016. *Arnaldoa*, 25(3), 1027-1040. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25314>
- Iwan, A., Guerrero, E. M., Romanelli, A., & Bocanegra, E. (2017). Valoración económica de los servicios ecosistémicos de una Laguna del sudeste bonaerense (Argentina). *Investigaciones Geográficas*, 68, Article 68. <https://doi.org/10.14198/INGEO2017.68.10>
- Krebs, C. J. (2014). *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Pearson.
- Kristiansen, J. (2013). *Biogeography of Freshwater Algae*. Springer Science & Business Media.
- Lampert, W., & Sommer, U. (2007). *Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams*. OUP Oxford.
- Lee, R. E. (2018). *Phycology*. Cambridge University Press.
- Loverde-Oliveira, S. M., Pietro-Souza, W., Cardoso, S. J., Fantin-Cruz, I., & Mateus, L. A. (2012). Associated factors to spatial distribution of phytoplankton in floodplain lakes (pantanal north, Brazil). *Oecologia Australis*, 16(4), 770-781. Scopus. <https://doi.org/10.4257/oeco.2012.1604.04>
- Magurran, A. E. (2013). *Measuring Biological Diversity*. John Wiley & Sons.
- Maidana, N. I., & Seeligmann, C. T. (2014). Phytoplankton in high mountain wetlands of Argentina. *Advances in Limnology*, 65, 23-35. Scopus. <https://doi.org/10.1127/1612-166X/2014/0065-0032>
- Maila, M., Pérez, E., & Figueroa, H. (2017). Estudio Preliminar de Fitoplancton en la Laguna de Colta, Chimborazo-Ecuador. *CINCHONIA*, 15(1), Article 1.

- Manezes, M., & Bicudo, C. E. de M. (2022). *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: Chave para identificação e descrições*. RiMa.
- Margalef, R. (1993). *Teoría de los sistemas ecológicos*. Edicions Universitat Barcelona.
- Merchán Andrade, D. L., & Sparer Larriva, P. A. (2015). *Variación temporal de fitoplancton de seis lagunas altoandinas en relación a las características físico-químicas del medio* [bachelorThesis, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4894>
- Molles, M. C. (2006). *Ecología: Conceptos y aplicaciones*. McGraw Hill Education, McGraw-Hill Interamericana.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. SEA.
- Muñoz, R., Huggel, C., Frey, H., Cochachin, A., & Haeberli, W. (2020). Glacial lake depth and volume estimation based on a large bathymetric dataset from the Cordillera Blanca, Peru. *Earth Surface Processes and Landforms*, 45(7), 1510-1527. <https://doi.org/10.1002/esp.4826>
- Pérez, G., & Restrepo, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Universidad de Antioquia.
- Ramírez, A. (1999). *Ecología aplicada: Diseño y análisis estadístico*. U. Jorge Tadeo Lozano.
- Roa, K. M. (2017). *Estructura del fitoplancton en ambientes lénticos altoandinos de la región central del Perú durante un ciclo anual* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/6986>
- Roldan, G. P., & Restrepo, J. J. R. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Universidad de Antioquia.
- Roldán, G., & Ramírez, J. J. (2022). *Fundamentos de limnología neotropical* (3ra ed.). Gente Nueva.
- Rosas Zevallos, J., & Miranda Nuñez, G. J. (2015). *Estructura temporal y espacial de las comunidades plactónicas de la laguna de Piuray—Chincho—Cusco* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/145>
- Sahoo, D., & Seckbach, J. (2015). *The Algae World*. Springer.
- Samanez, I., Rimarachin-Ching, V., Palma, C., Maestre, J., Ortega, H., Correa, V., & Hidalgo, M. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: Plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados)*

- y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. (1.<sup>a</sup> ed.). Ministerio del Ambiente - MINAM.
- Seeligmann, C. T., Maidana, N. I., & Morales, E. A. (2018). Fragilariaceae (Bacillariophyta) en humedales de altura de Catamarca (Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 53(4), 1-10. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v53.n4.21975>
- SENAMHI. (2021). *Datos hidrometeorológicos*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- Smith, T., & Smith, R. (2007). *Ecología*. Pearson Educación.
- Taboada, M. de los Á., Miranda, M. J., & Gavriloff, I. J. C. (2020). Primer relevamiento de la riqueza algal de una laguna de montaña del Noroeste Argentino. *Bonplandia*, 30(1), Article 1. <https://doi.org/10.30972/bon.3014589>
- Tumialán, N. C. (2017). *Comunidad fitoplanctónica de la laguna "Pumacocha" del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera, Ayacucho—2014*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1666>
- Tundisi, J. G., & Tundisi, T. M. (2012). *Limnology*. CRC Press.
- Wehr, J. D., Sheath, R. G., & Kocielek, J. P. (2015). *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. Elsevier.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Gulf Professional Publishing.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Resultado de la prueba de normalidad para la densidad de los componentes de la comunidad fitoplanctónica, laguna Guitarrachayoc, Paras, Ayacucho 2018-2019

<i>Pruebas de normalidad</i>						
o	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<i>Botriococcus braunii</i>	0,124	200	0,000	0,919	200	0,000
<i>Volvox aureus</i>	0,301	200	0,000	0,563	200	0,000
<i>Oedogonium sp.</i>	0,320	200	0,000	0,480	200	0,000
<i>Ghomphonema sp.</i>	0,288	200	0,000	0,594	200	0,000
<i>Ghomphonema acuminatum</i>	0,537	200	0,000	0,239	200	0,000
<i>Hyaloteca sp.</i>	0,328	200	0,000	0,502	200	0,000
<i>Epithemia sp.</i>	0,449	200	0,000	0,537	200	0,000
<i>Closterium sp.</i>	0,520	200	0,000	0,333	200	0,000
<i>Penium sp.</i>	0,537	200	0,000	0,193	200	0,000
<i>Frustulia sp.</i>	0,446	200	0,000	0,201	200	0,000
<i>Merismopedia sp.</i>	0,535	200	0,000	0,235	200	0,000
<i>Staurastrum sp.</i>	0,384	200	0,000	0,414	200	0,000
<i>Staurastrum brebissonii</i>	0,527	200	0,000	0,337	200	0,000
<i>Navicula sp.</i>	0,316	200	0,000	0,568	200	0,000
<i>Surirella ps.1</i>	0,439	200	0,000	0,470	200	0,000
<i>Surirella sp.2</i>	0,492	200	0,000	0,416	200	0,000
<i>Pinnularia sp.1</i>	0,239	200	0,000	0,830	200	0,000
<i>Pediastrum sp.</i>	0,469	200	0,000	0,302	200	0,000
<i>Spondilosium sp.</i>	0,519	200	0,000	0,367	200	0,000
<i>Cymbella sp.1</i>	0,349	200	0,000	0,522	200	0,000
<i>Pinnularia sp.2</i>	0,535	200	0,000	0,136	200	0,000
<i>Pinnularia sp.3</i>	0,480	200	0,000	0,431	200	0,000
<i>Cosmarium sp.1</i>	0,419	200	0,000	0,578	200	0,000
<i>Euastrum sp.</i>	0,525	200	0,000	0,255	200	0,000
<i>Tetraedron minimum</i>	0,537	200	0,000	0,121	200	0,000
<i>Meridion sp.</i>	0,540	200	0,000	0,177	200	0,000
<i>Eunotia sp.1</i>	0,530	200	0,000	0,315	200	0,000
<i>Zygnema sp.</i>	0,520	200	0,000	0,225	200	0,000
<i>Pleurotaenium sp.</i>	0,521	200	0,000	0,324	200	0,000
<i>Draparnaldia sp.</i>	0,520	200	0,000	0,261	200	0,000
<i>Cosmarium sp.2</i>	0,536	200	0,000	0,253	200	0,000
<i>Fragilaria sp.1</i>	0,515	200	0,000	0,183	200	0,000
<i>Spirogyra sp.</i>	0,538	200	0,000	0,142	200	0,000
<i>Eunotia sp.2</i>	0,535	200	0,000	0,139	200	0,000
<i>Pinnularia sp.4</i>	0,380	200	0,000	0,435	200	0,000
<i>Cymbopleura sp.</i>	0,516	200	0,000	0,241	200	0,000
<i>Cymbella sp.2</i>	0,532	200	0,000	0,179	200	0,000
<i>Scenedesmus sp.</i>	0,527	200	0,000	0,247	200	0,000
<i>Chroococcus sp.</i>	0,536	200	0,000	0,157	200	0,000
<i>Nostoc sp.</i>	0,504	200	0,000	0,453	200	0,000
<i>Microcystis sp.</i>	0,505	200	0,000	0,184	200	0,000
<i>Spirotaenia sp.</i>	0,537	200	0,000	0,209	200	0,000
<i>Oscillatoria sp.</i>	0,530	200	0,000	0,287	200	0,000
<i>Cosmarium sp.3</i>	0,537	200	0,000	0,121	200	0,000
<i>Desmidium sp.</i>	0,538	200	0,000	0,141	200	0,000
<i>Stauroneis sp.</i>	0,535	200	0,000	0,251	200	0,000
<i>Wolkiella sp.</i>	0,538	200	0,000	0,141	200	0,000
<i>Ulnaria sp.</i>	0,536	200	0,000	0,267	200	0,000
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	0,531	200	0,000	0,316	200	0,000
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	0,372	200	0,000	0,574	200	0,000
<i>Diatoma sp.</i>	0,510	200	0,000	0,337	200	0,000
<i>Hatzschia sp.1</i>	0,537	200	0,000	0,289	200	0,000
<i>Hatzschia sp.2</i>	0,540	200	0,000	0,160	200	0,000
<i>Stigonema sp.</i>	0,539	200	0,000	0,265	200	0,000
<i>Coelastrum sp.</i>	0,538	200	0,000	0,141	200	0,000
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0,523	200	0,000	0,345	200	0,000
<i>Encyonema sp.</i>	0,536	200	0,000	0,222	200	0,000
<i>Cosmarium sp.4</i>	0,533	200	0,000	0,322	200	0,000
<i>Gonatozygon sp.</i>	0,488	200	0,000	0,453	200	0,000
<i>Asterionella sp.</i>	0,526	200	0,000	0,335	200	0,000
<i>Gyrosigma sp.</i>	0,541	200	0,000	0,194	200	0,000
<i>Nitzschia sp.</i>	0,540	200	0,000	0,160	200	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Anexo 2.** Densidad relativa promedio, mínimo y máximo de los componentes de la comunidad fitoplanctónica, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019

Taxones	Media	Mínimo	Máximo
<i>Botriococcus braunii</i>	70,613	19,0	96,216
<i>Volvox aureus</i>	2,179	0,0	23,810
<i>Oedogonium sp.</i>	1,158	0,0	11,465
<i>Ghomphonema sp.</i>	4,403	0,0	34,717
<i>Ghomphonema acuminatum</i>	0,079	0,0	5,405
<i>Hyaloteca sp.</i>	1,333	0,0	26,087
<i>Epithemia sp.</i>	0,319	0,0	8,108
<i>Closterium sp.</i>	0,116	0,0	5,556
<i>Penium sp.</i>	0,018	0,0	0,562
<i>Frustulia sp.</i>	0,529	0,0	15,517
<i>Merismopedia sp.</i>	0,031	0,0	1,010
<i>Staurastrum sp.</i>	1,050	0,0	11,376
<i>Staurastrum brebissonii</i>	0,058	0,0	1,449
<i>Navicula sp.</i>	0,687	0,0	9,231
<i>Surirella ps.1</i>	0,189	0,0	2,555
<i>Surirella sp.2</i>	0,116	0,0	2,299
<i>Pinnularia sp.1</i>	1,095	0,0	9,375
<i>Pediastrum sp.</i>	0,162	0,0	3,226
<i>Spondilosium sp.</i>	0,080	0,0	1,183
<i>Cymbella sp.1</i>	0,376	0,0	6,061
<i>Pinnularia sp.2</i>	0,012	0,0	0,755
<i>Pinnularia sp.3</i>	0,279	0,0	7,246
<i>Cosmarium sp.1</i>	0,396	0,0	6,250
<i>Euastrum sp.</i>	0,039	0,0	1,115
<i>Tetraedron minimum</i>	0,024	0,0	1,818
<i>Meridion sp.</i>	0,021	0,0	0,806
<i>Eunotia sp.1</i>	0,116	0,0	4,348
<i>Zygnema sp.</i>	0,136	0,0	4,167
<i>Pleurotaenium sp.</i>	0,115	0,0	3,571
<i>Drapernaldia sp.</i>	0,056	0,0	2,703
<i>Cosmarium sp.2</i>	0,042	0,0	1,235
<i>Fragilaria sp.1</i>	0,172	0,0	6,034
<i>Spirogyra sp.</i>	0,517	0,0	23,438
<i>Eunotia sp.2</i>	0,244	0,0	13,333
<i>Pinnularia sp.4</i>	0,726	0,0	11,594
<i>Cymboppleura sp.</i>	0,113	0,0	4,310
<i>Cymbella sp.2</i>	0,069	0,0	2,685
<i>Scenedesmus sp.</i>	0,070	0,0	2,586
<i>Chroococcus sp.</i>	0,029	0,0	1,342
<i>Nostoc sp.</i>	0,154	0,0	1,818
<i>Microcystis sp.</i>	0,118	0,0	3,846
<i>Spirotaenia sp.</i>	0,024	0,0	1,031
<i>Oscillatoria sp.</i>	0,093	0,0	2,381
<i>Cosmarium sp.3</i>	0,022	0,0	1,923
<i>Desmidiium sp.</i>	0,026	0,0	1,852
<i>Stauroneis sp.</i>	0,058	0,0	1,754
<i>Wolkiella sp.</i>	0,019	0,0	1,333
<i>Ulnaria sp.</i>	0,047	0,0	1,266
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	0,049	0,0	1,250
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	10,798	0,0	60,000
<i>Diatoma sp.</i>	0,182	0,0	5,455
<i>Hatzschia sp.1</i>	0,074	0,0	1,695
<i>Hatzschia sp.2</i>	0,022	0,0	1,220
<i>Stigonema sp.</i>	0,058	0,0	1,389
<i>Coelastrum sp.</i>	0,019	0,0	0,909
<i>Fragillaria crotonensis</i>	0,096	0,0	2,020
<i>Encyonema sp.</i>	0,042	0,0	1,538
<i>Cosmarium sp.4</i>	0,068	0,0	1,449
<i>Gonatozygon sp.</i>	0,157	0,0	3,158
<i>Asterionella sp.</i>	0,086	0,0	1,818
<i>Gyrosigma sp.</i>	0,013	0,0	0,429
<i>Nitzschia sp.</i>	0,009	0,0	0,372

**Anexo 3.** Densidad relativa promedio, mínimo y máximo de los componentes de la comunidad fitoplanctónica por zonas de muestreo, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019

Taxa	Zona de muestreo											
	I			II			III			IV		
	Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.
<i>Botriococcus braunii</i>	73,38	96,22	32,94	75,35	92,21	39,05	73,34	96,00	30,82	60,38	92,19	18,97
<i>Volvox aureus</i>	2,92	15,79	0,00	1,18	8,57	0,00	1,72	12,50	0,00	2,90	23,81	0,00
<i>Oedogonium sp.</i>	0,60	3,35	0,00	0,72	7,07	0,00	1,21	5,34	0,00	2,09	11,46	0,00
<i>Ghomphonema sp.</i>	1,98	10,19	0,00	4,01	30,30	0,00	6,53	23,97	0,00	5,10	34,72	0,00
<i>Ghomphonema acuminatum</i>	0,02	1,03	0,00	0,03	0,66	0,00	0,01	0,61	0,00	0,25	5,41	0,00
<i>Hyaloteca sp.</i>	2,61	26,09	0,00	1,13	8,70	0,00	0,55	3,49	0,00	1,05	7,87	0,00
<i>Epithemia sp.</i>	0,29	3,64	0,00	0,28	2,61	0,00	0,20	2,38	0,00	0,50	8,11	0,00
<i>Closterium sp.</i>	0,12	1,39	0,00	0,24	5,56	0,00	0,02	0,65	0,00	0,08	3,13	0,00
<i>Penium sp.</i>	0,02	0,35	0,00	0,04	0,56	0,00	0,01	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Frustulia sp.</i>	0,16	2,78	0,00	0,19	4,35	0,00	0,07	1,92	0,00	1,71	15,52	0,00
<i>Merismopedia sp.</i>	0,07	0,90	0,00	0,04	1,01	0,00	0,02	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Staurastrum sp.</i>	0,80	8,21	0,00	1,69	11,38	0,00	0,80	6,44	0,00	0,91	6,82	0,00
<i>Staurastrum brebissonii</i>	0,05	0,75	0,00	0,14	1,45	0,00	0,02	0,76	0,00	0,02	1,23	0,00
<i>Navicula sp.</i>	1,40	9,23	0,00	0,68	3,23	0,00	0,28	2,02	0,00	0,39	2,26	0,00
<i>Surirella ps.1</i>	0,40	2,55	0,00	0,14	0,81	0,00	0,17	1,92	0,00	0,05	1,35	0,00
<i>Surirella sp.2</i>	0,26	2,30	0,00	0,15	1,25	0,00	0,02	0,47	0,00	0,02	0,31	0,00
<i>Pinnularia sp.1</i>	1,04	3,28	0,00	1,41	8,70	0,00	0,43	3,85	0,00	1,51	9,38	0,00
<i>Pediastrum sp.</i>	0,52	2,97	0,00	0,12	3,23	0,00	0,01	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Spondiosium sp.</i>	0,11	1,18	0,00	0,11	1,18	0,00	0,04	0,95	0,00	0,06	0,92	0,00
<i>Cymbella sp.1</i>	0,37	2,78	0,00	0,65	6,06	0,00	0,24	1,92	0,00	0,25	3,13	0,00
<i>Pinnularia sp.2</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,75	0,00
<i>Pinnularia sp.3</i>	0,16	2,31	0,00	0,21	2,90	0,00	0,01	0,68	0,00	0,73	7,25	0,00
<i>Cosmarium sp.1</i>	0,18	1,80	0,00	0,86	4,55	0,00	0,14	1,92	0,00	0,40	6,25	0,00
<i>Euastrum sp.</i>	0,08	1,12	0,00	0,07	1,03	0,00	0,01	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Tetraedron minimum</i>	0,07	1,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Meridion sp.</i>	0,05	0,81	0,00	0,01	0,47	0,00	0,03	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Eunotia sp.1</i>	0,08	2,06	0,00	0,15	4,35	0,00	0,07	1,69	0,00	0,15	3,13	0,00
<i>Zygnema sp.</i>	0,26	4,17	0,00	0,04	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	4,03	0,00
<i>Pleurotaenium sp.</i>	0,13	1,82	0,00	0,12	1,69	0,00	0,01	0,43	0,00	0,20	3,57	0,00
<i>Drapernaldia sp.</i>	0,15	2,70	0,00	0,05	0,93	0,00	0,03	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cosmarium sp.2</i>	0,08	0,89	0,00	0,05	1,18	0,00	0,02	0,71	0,00	0,02	1,23	0,00
<i>Fragilaria sp.1</i>	0,09	1,39	0,00	0,06	3,23	0,00	0,01	0,39	0,00	0,52	6,03	0,00
<i>Spirogyra sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,07	23,44	0,00
<i>Eunotia sp.2</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	13,33	0,00
<i>Pinnularia sp.4</i>	0,42	4,72	0,00	1,52	11,59	0,00	0,40	3,09	0,00	0,57	6,25	0,00
<i>Cymboplectra sp.</i>	0,08	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	1,45	0,00	0,33	4,31	0,00
<i>Cymbella sp.2</i>	0,06	1,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	2,68	0,00
<i>Scenedesmus sp.</i>	0,07	1,80	0,00	0,05	1,19	0,00	0,03	0,43	0,00	0,13	2,59	0,00
<i>Chroococcus sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,05	1,33	0,00	0,01	0,39	0,00	0,06	1,34	0,00
<i>Nostoc sp.</i>	0,12	1,69	0,00	0,20	1,47	0,00	0,08	1,45	0,00	0,21	1,82	0,00
<i>Microcystis sp.</i>	0,39	3,85	0,00	0,01	0,52	0,00	0,07	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Spirotaenia sp.</i>	0,06	1,03	0,00	0,02	0,45	0,00	0,01	0,42	0,00	0,01	0,27	0,00
<i>Oscillatoria sp.</i>	0,08	1,65	0,00	0,10	1,45	0,00	0,07	1,69	0,00	0,13	2,38	0,00
<i>Cosmarium sp.3</i>	0,01	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	1,92	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Desmidiium sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,45	0,00	0,03	0,65	0,00	0,07	1,85	0,00
<i>Stauroneis sp.</i>	0,17	1,75	0,00	0,02	0,97	0,00	0,04	1,26	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Wolkiella sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,06	1,33	0,00	0,02	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ulnaria sp.</i>	0,09	1,27	0,00	0,04	0,67	0,00	0,07	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	0,07	1,16	0,00	0,04	0,60	0,00	0,05	0,76	0,00	0,04	1,25	0,00
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	8,90	53,99	0,00	7,45	47,93	0,00	12,17	54,20	0,00	14,68	60,00	0,00
<i>Diatoma sp.</i>	0,38	5,45	0,00	0,26	4,35	0,00	0,05	1,45	0,00	0,03	0,91	0,00
<i>Hantzschia sp.1</i>	0,16	1,69	0,00	0,05	1,43	0,00	0,04	0,80	0,00	0,05	1,37	0,00
<i>Hantzschia sp.2</i>	0,01	0,59	0,00	0,02	0,56	0,00	0,03	0,80	0,00	0,02	1,22	0,00
<i>Stigonema sp.</i>	0,01	0,58	0,00	0,03	0,55	0,00	0,07	0,97	0,00	0,12	1,39	0,00
<i>Coelastrum sp.</i>	0,03	0,81	0,00	0,01	0,57	0,00	0,02	0,91	0,00	0,02	0,86	0,00
<i>Fragillaria crotonensis</i>	0,07	1,27	0,00	0,03	0,47	0,00	0,16	2,02	0,00	0,12	1,39	0,00
<i>Encyonema sp.</i>	0,17	1,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cosmarium sp.4</i>	0,07	0,79	0,00	0,03	0,60	0,00	0,06	0,87	0,00	0,12	1,45	0,00
<i>Gonatozygon sp.</i>	0,04	0,58	0,00	0,05	0,59	0,00	0,17	1,90	0,00	0,36	3,16	0,00
<i>Asterionella sp.</i>	0,09	1,27	0,00	0,02	0,47	0,00	0,17	1,82	0,00	0,06	1,39	0,00
<i>Gyrosigma sp.</i>	0,01	0,38	0,00	0,01	0,29	0,00	0,01	0,43	0,00	0,02	0,31	0,00
<i>Nitzschia sp.</i>	0,01	0,37	0,00	0,02	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,31	0,00

**Anexo 4.** Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que comparan la densidad relativa de los componentes de la comunidad fitoplanctónica en cuatro zonas de muestreo, laguna Guitarrachayoc, Paras, Ayacucho 2018-2019

*Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>*

	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. asin.
<i>Botriococcus braunii</i>	15,183	3	0,002
<i>Volvox aureus</i>	6,375	3	0,095
<i>Oedogonium sp.</i>	12,438	3	0,006
<i>Ghomphonema sp.</i>	9,149	3	0,027
<i>Ghomphonema acuminatum</i>	6,697	3	0,082
<i>Hyaloteca sp.</i>	5,913	3	0,116
<i>Epithemia sp.</i>	1,654	3	0,647
<i>Closterium sp.</i>	8,105	3	0,044
<i>Penium sp.</i>	5,215	3	0,157
<i>Frustulia sp.</i>	6,966	3	0,073
<i>Merismopedia sp.</i>	7,156	3	0,067
<i>Staurastrum sp.</i>	5,390	3	0,145
<i>Staurastrum brebissonii</i>	13,797	3	0,003
<i>Navicula sp.</i>	12,433	3	0,006
<i>Surirella ps.1</i>	11,276	3	0,010
<i>Surirella sp.2</i>	11,839	3	0,008
<i>Pinnularia sp.1</i>	23,122	3	0,000
<i>Pediastrum sp.</i>	52,518	3	0,000
<i>Spondilosium sp.</i>	2,308	3	0,511
<i>Cymbella sp.1</i>	6,391	3	0,094
<i>Pinnularia sp.2</i>	15,305	3	0,002
<i>Pinnularia sp.3</i>	12,848	3	0,005
<i>Cosmarium sp.1</i>	30,580	3	0,000
<i>Euastrum sp.</i>	11,230	3	0,011
<i>Tetraedron minimum</i>	4,062	3	0,255
<i>Meridion sp.</i>	4,026	3	0,259
<i>Eunotia sp.1</i>	0,684	3	0,877
<i>Zygnema sp.</i>	7,540	3	0,057
<i>Pleurotaenium sp.</i>	5,581	3	0,134
<i>Drapernaldia sp.</i>	7,412	3	0,060
<i>Cosmarium sp.2</i>	4,851	3	0,183
<i>Fragilaria sp.1</i>	3,794	3	0,285
<i>Spirogyra sp.</i>	15,305	3	0,002
<i>Eunotia sp.2</i>	15,305	3	0,002
<i>Pinnularia sp.4</i>	3,682	3	0,298
<i>Cymboplectra sp.</i>	16,344	3	0,001
<i>Cymbella sp.2</i>	9,484	3	0,023
<i>Scenedesmus sp.</i>	0,856	3	0,836
<i>Chroococcus sp.</i>	3,460	3	0,326
<i>Nostoc sp.</i>	5,260	3	0,154
<i>Microcystis sp.</i>	15,455	3	0,001
<i>Spirotaenia sp.</i>	3,279	3	0,351
<i>Oscillatoria sp.</i>	2,168	3	0,538
<i>Cosmarium sp.3</i>	6,152	3	0,104
<i>Desmidium sp.</i>	2,278	3	0,517
<i>Stauroneis sp.</i>	17,535	3	0,001
<i>Wolkiella sp.</i>	8,726	3	0,033
<i>Ulnaria sp.</i>	6,140	3	0,105
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	0,781	3	0,854
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	3,068	3	0,381
<i>Diatoma sp.</i>	10,565	3	0,014
<i>Hantzschia sp.1</i>	4,347	3	0,226
<i>Hantzschia sp.2</i>	0,658	3	0,883
<i>Stigonema sp.</i>	3,169	3	0,366
<i>Coelastrum sp.</i>	0,597	3	0,897
<i>Fragillaria crotonensis</i>	2,635	3	0,451
<i>Encyonema sp.</i>	31,394	3	0,000
<i>Cosmarium sp.4</i>	1,352	3	0,717
<i>Gonatozygon sp.</i>	9,860	3	0,020
<i>Asterionella sp.</i>	7,060	3	0,070
<i>Gyrosigma sp.</i>	0,966	3	0,809
<i>Nitzschia sp.</i>	3,352	3	0,340

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Zona de muestreo

**Anexo 5.** Densidad relativa promedio de los componentes de la comunidad fitoplanctónica por zonas de muestreo, laguna Guitarrachayoc, Paras, Ayacucho 2018-2019

Taxa	Mes de muestreo									
	Set-2018	Oct-2018	Nov-2018	Dic-2018	Ene-2019	Feb-2019	Mar-2019	Abr-2019	May-2019	Jun-2019
	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
<i>Botriococcus braunii</i>	73,89	65,53	73,05	86,22	89,99	72,27	87,98	75,60	36,49	45,11
<i>Volvox aureus</i>	2,15	0,61	4,10	0,00	1,89	11,87	0,00	0,52	0,36	0,28
<i>Oedogonium sp.</i>	3,56	1,69	0,70	0,00	0,00	0,00	0,30	0,94	2,24	2,15
<i>Ghomphonema sp.</i>	13,97	9,96	4,92	4,98	1,28	0,31	0,34	1,59	1,56	5,13
<i>Ghomphonema acuminatum</i>	0,00	0,00	0,12	0,43	0,00	0,00	0,00	0,11	0,11	0,03
<i>Hyaloteca sp.</i>	2,85	3,17	6,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,20	0,69
<i>Epithemia sp.</i>	0,12	0,13	0,34	1,67	0,26	0,27	0,09	0,03	0,08	0,20
<i>Closterium sp.</i>	0,08	0,17	0,51	0,16	0,02	0,00	0,00	0,00	0,18	0,04
<i>Penium sp.</i>	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,04
<i>Frustulia sp.</i>	0,00	3,39	1,13	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,03
<i>Merismopedia sp.</i>	0,09	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
<i>Staurastrum sp.</i>	0,11	0,10	0,24	0,38	0,14	0,22	0,11	0,50	2,02	6,69
<i>Staurastrum brebissonii</i>	0,09	0,00	0,00	0,06	0,03	0,07	0,03	0,06	0,12	0,12
<i>Navicula sp.</i>	0,58	0,55	0,31	0,11	0,03	0,69	0,68	2,59	1,06	0,27
<i>Surirella ps.1</i>	0,26	0,09	0,22	0,07	0,00	0,00	0,05	0,15	0,33	0,72
<i>Surirella sp.2</i>	0,06	0,18	0,33	0,07	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38
<i>Pinnularia sp.1</i>	0,92	0,79	2,07	2,58	0,93	1,21	0,20	0,73	0,61	0,92
<i>Pediastrum sp.</i>	0,15	0,21	0,43	0,00	0,00	0,16	0,04	0,04	0,09	0,51
<i>Spondilosium sp.</i>	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,44
<i>Cymbella sp.1</i>	0,46	0,49	1,02	0,53	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75
<i>Pinnularia sp.2</i>	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pinnularia sp.3</i>	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91	0,27	1,29	0,18	0,00
<i>Cosmarium sp.1</i>	0,05	0,35	1,05	1,15	0,70	0,37	0,00	0,00	0,05	0,23
<i>Euastrum sp.</i>	0,08	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
<i>Tetraedron minimum</i>	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Meridion sp.</i>	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,06	0,00	0,00
<i>Eunotia sp.1</i>	0,02	0,05	0,47	0,25	0,18	0,00	0,00	0,11	0,09	0,00
<i>Zygnema sp.</i>	0,00	0,79	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pleurotaenium sp.</i>	0,00	0,09	0,22	0,36	0,19	0,16	0,00	0,00	0,06	0,06
<i>Draparnaldia sp.</i>	0,00	0,25	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,03	0,22
<i>Cosmarium sp.2</i>	0,00	0,01	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,17	0,12	0,04
<i>Fragilaria sp.1</i>	0,00	1,33	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Spirogyra sp.</i>	0,00	5,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Eunotia sp.2</i>	0,00	2,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pinnularia sp.4</i>	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	1,76	0,88	3,77	0,49	0,00
<i>Cymboplectra sp.</i>	0,00	0,43	0,37	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,13	0,00
<i>Cymbella sp.2</i>	0,00	0,54	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Scenedesmus sp.</i>	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Chroococcus sp.</i>	0,00	0,16	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nostoc sp.</i>	0,00	0,12	0,10	0,00	0,06	0,57	0,16	0,40	0,13	0,00
<i>Microcystis sp.</i>	0,00	0,00	0,18	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,07	0,85
<i>Spirotaenia sp.</i>	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,09
<i>Oscillatoria sp.</i>	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,35	0,04	0,34	0,02	0,00
<i>Cosmarium sp.3</i>	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
<i>Desmidium sp.</i>	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00
<i>Stauroneis sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,16	0,00	0,08	0,16	0,00
<i>Wolkiella sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,04	0,03	0,05	0,00
<i>Ulnaria sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,12	0,15	0,02
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,16	0,10	0,14
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	3,09	6,39	7,15	8,68	49,99	32,68
<i>Diatoma sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,44	0,22	0,15	0,00	0,00
<i>Hatzschia sp.1</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,43	0,04	0,11	0,08	0,00
<i>Hatzschia sp.2</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
<i>Stigonema sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,20	0,00
<i>Coelastrum sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,19	0,37	0,00
<i>Encyonema sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,12	0,18	0,00
<i>Cosmarium sp.4</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,35	0,20	0,05
<i>Gonatozygon sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,67	0,58
<i>Asterionella sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,25	0,29	0,00
<i>Gyrosigma sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
<i>Nitzschia sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09

**Anexo 6.** Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que comparan la densidad relativa de los componentes de la comunidad fitoplanctónica en diez meses de muestreo, laguna Guitarrachayoc, Paras, Ayacucho 2018-2019

Taxones	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. asin.
<i>Botriococcus braunii</i>	131,374	9	0,000
<i>Volvox aureus</i>	123,804	9	0,000
<i>Oedogonium sp.</i>	119,564	9	0,000
<i>Ghomphonema sp.</i>	119,667	9	0,000
<i>Ghomphonema acuminatum</i>	12,276	9	0,198
<i>Hyaloteca sp.</i>	151,172	9	0,000
<i>Epithemia sp.</i>	48,107	9	0,000
<i>Closterium sp.</i>	20,220	9	0,017
<i>Penium sp.</i>	22,590	9	0,007
<i>Frustulia sp.</i>	40,999	9	0,000
<i>Merismopedia sp.</i>	29,289	9	0,001
<i>Staurastrum sp.</i>	125,312	9	0,000
<i>Staurastrum brebissonii</i>	19,855	9	0,019
<i>Navicula sp.</i>	48,388	9	0,000
<i>Surirella ps.1</i>	60,743	9	0,000
<i>Surirella sp.2</i>	57,838	9	0,000
<i>Pinnularia sp.1</i>	35,008	9	0,000
<i>Pediastrum sp.</i>	20,517	9	0,015
<i>Spondilosium sp.</i>	91,676	9	0,000
<i>Cymbella sp.1</i>	68,945	9	0,000
<i>Pinnularia sp.2</i>	45,914	9	0,000
<i>Pinnularia sp.3</i>	44,864	9	0,000
<i>Cosmarium sp.1</i>	47,080	9	0,000
<i>Euastrum sp.</i>	36,818	9	0,000
<i>Tetraedron minimum</i>	16,245	9	0,062
<i>Meridion sp.</i>	12,018	9	0,212
<i>Eunotia sp.1</i>	13,368	9	0,147
<i>Zygnema sp.</i>	64,592	9	0,000
<i>Pleurotaenium sp.</i>	10,849	9	0,286
<i>Drapernaldia sp.</i>	38,865	9	0,000
<i>Cosmarium sp.2</i>	15,874	9	0,070
<i>Fragilaria sp.1</i>	52,780	9	0,000
<i>Spirogyra sp.</i>	45,914	9	0,000
<i>Eunotia sp.2</i>	45,914	9	0,000
<i>Pinnularia sp.4</i>	108,470	9	0,000
<i>Cymbopleura sp.</i>	26,161	9	0,002
<i>Cymbella sp.2</i>	36,141	9	0,000
<i>Scenedesmus sp.</i>	124,322	9	0,000
<i>Chroococcus sp.</i>	27,894	9	0,001
<i>Nostoc sp.</i>	36,050	9	0,000
<i>Microcystis sp.</i>	30,123	9	0,000
<i>Spirotaenia sp.</i>	28,263	9	0,001
<i>Oscillatoria sp.</i>	34,275	9	0,000
<i>Cosmarium sp.3</i>	16,245	9	0,062
<i>Desmidium sp.</i>	21,308	9	0,011
<i>Stauroneis sp.</i>	22,286	9	0,008
<i>Wolkiella sp.</i>	9,063	9	0,431
<i>Ulnaria sp.</i>	28,115	9	0,001
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	38,774	9	0,000
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	184,272	9	0,000
<i>Diatoma sp.</i>	78,947	9	0,000
<i>Hantzschia sp.1</i>	27,376	9	0,001
<i>Hantzschia sp.2</i>	24,618	9	0,003
<i>Stigonema sp.</i>	55,924	9	0,000
<i>Coelastrum sp.</i>	45,914	9	0,000
<i>Fragillaria crotonensis</i>	57,963	9	0,000
<i>Encyonema sp.</i>	28,811	9	0,001
<i>Cosmarium sp.4</i>	40,834	9	0,000
<i>Gonatozygon sp.</i>	119,702	9	0,000
<i>Asterionella sp.</i>	50,617	9	0,000
<i>Gyrosigma sp.</i>	74,584	9	0,000
<i>Nitzschia sp.</i>	55,375	9	0,000

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Mes de muestreo

**Anexo 7.** Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que comparan el número de taxones registrados en la comunidad fitoplanctónica por zonas y meses de muestreo, laguna Guitarrachayoc, Paras, Ayacucho 2018-2019

*Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>*

	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. asin.
Taxa (n°)	15,567	3	0,001

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Zona de muestreo

*Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>*

	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. asin.
Taxa (n°)	107,147	9	0,000

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Mes de muestreo

**Anexo 8.** Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis que comparan los índices de Simpson y Shannon-Weaver de la comunidad fitoplanctónica por zonas y meses de muestreo, laguna Guitarrachayoc, Paras, Ayacucho 2018-2019

*Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>*

	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. asin.
Índice Simpson (D)	10,709	3	0,013
Índice Shannon_H	10,386	3	0,016

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Zona de muestreo

*Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>*

	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. asin.
Índice Simpson (D)	125,701	9	0,000
Índice Shannon_H	120,299	9	0,000

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Mes de muestreo

**Anexo 9.** Constancia del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Marcos expedida por pasantía para identificar algas continentales



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA  
**MUSEO DE HISTORIA NATURAL**



**CONSTANCIA**

Quien suscribe, Jefa del Departamento de Limnología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, deja constancia que:

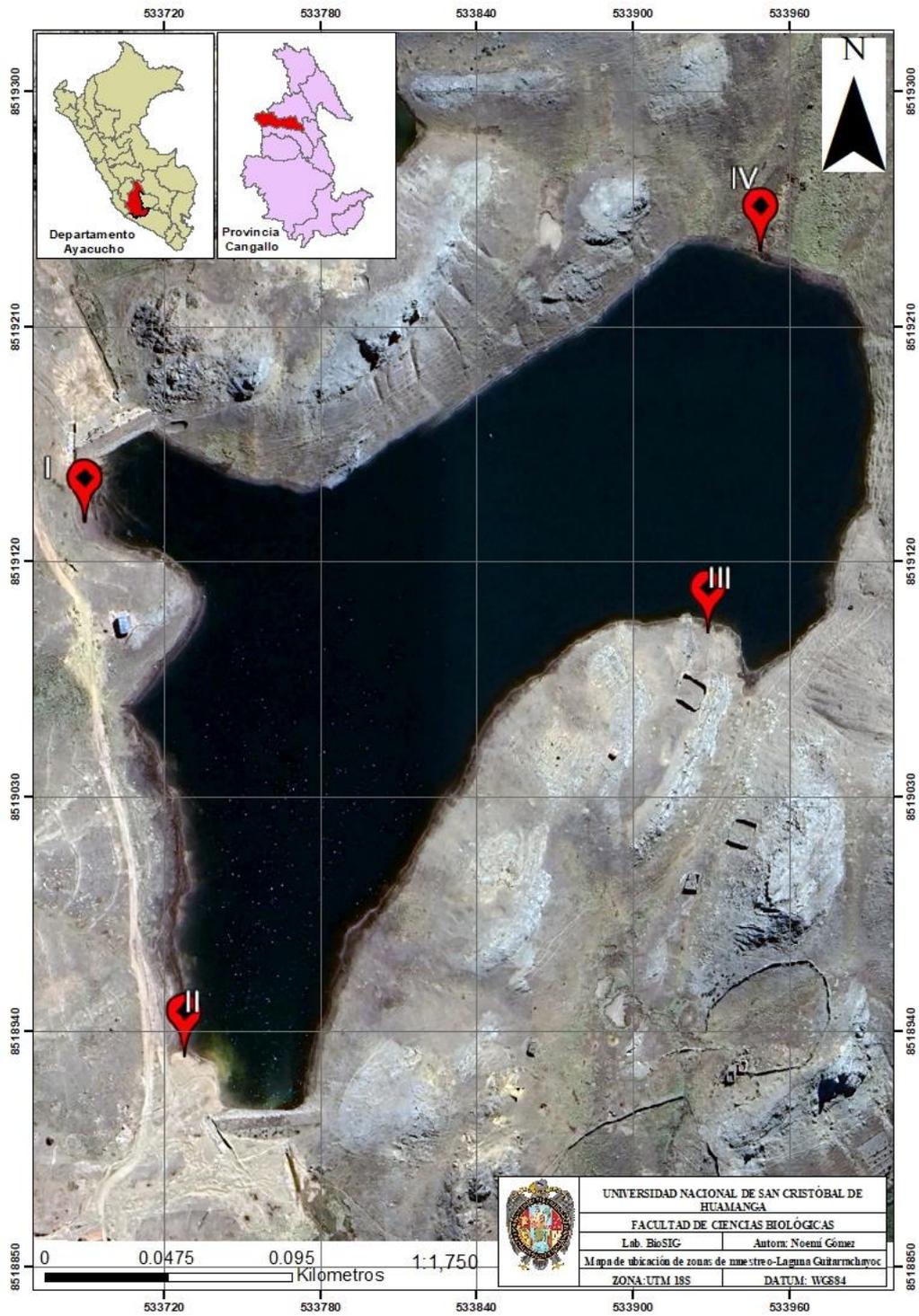
La Srta. Bachiller **NOEMI GOMEZ YAGUILLO** de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho; realizó una pasantía sobre identificación taxonómica de algas continentales en el Departamento de Limnología, desde el 20 al 25 de enero del presente año, completando 48 horas efectivas de trabajo.

Se expide la presente constancia a solicitud de la interesada para los fines que estime convenientes.

Lima, 26 de enero de 2020

  
 Iris Margot Samanez Valdivia  
**Bióloga**  
CBP. 1261 

**Anexo 10.** Mapa de ubicación de las zonas de las zonas de muestreo, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019



**Anexo 11.** Registro fotográfico de las zonas de muestreo y sobre la colecta de muestras, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019





Recoleccion y filtracion de muestras de fitoplancton

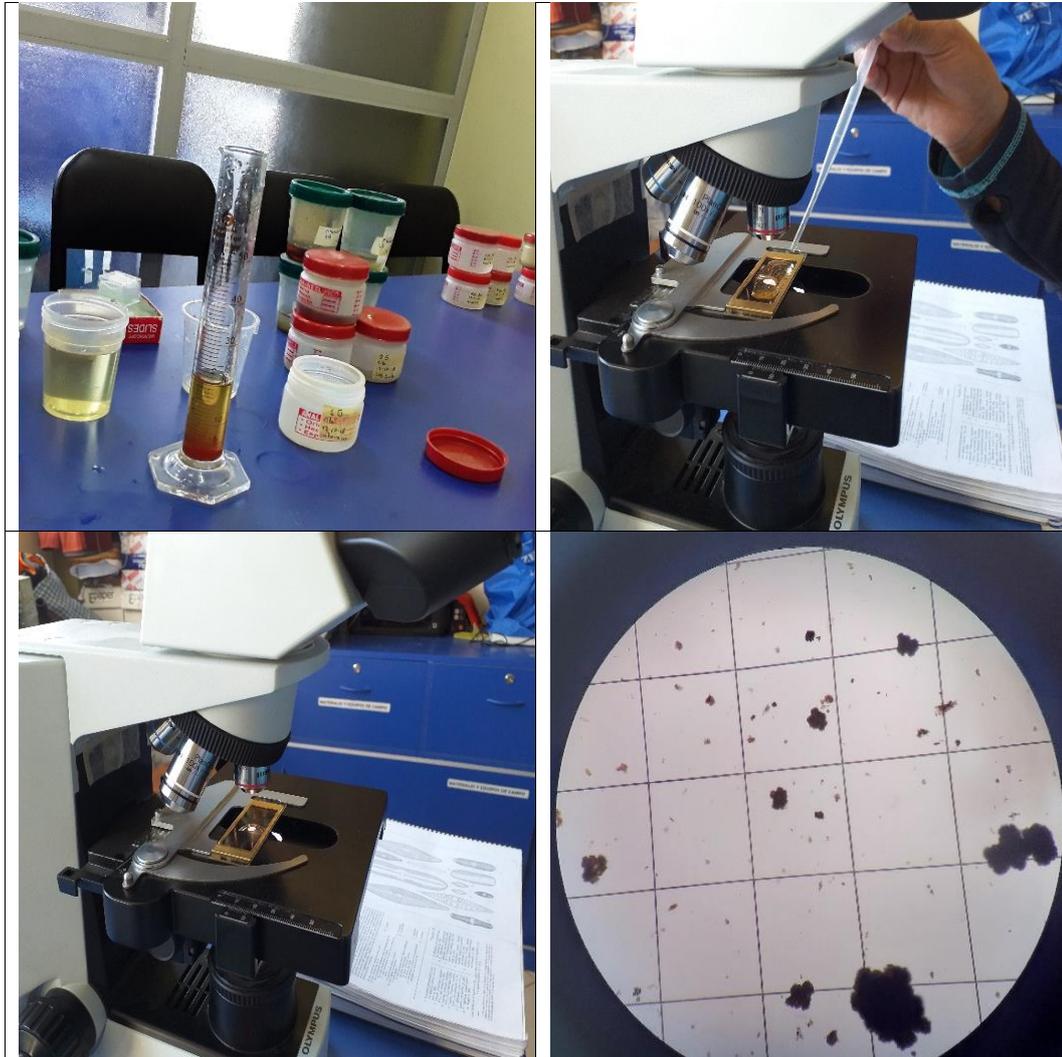


Procesamiento de las muestras para su traslado al laboratorio

**Anexo 12.** Registro fotográfico del procesamiento en laboratorio Bio-SIG de las muestras de fitoplancton, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019



Identificación del fitoplancton con muestras cualitativas en el laboratorio de Biodiversidad y SIG-UNSCH



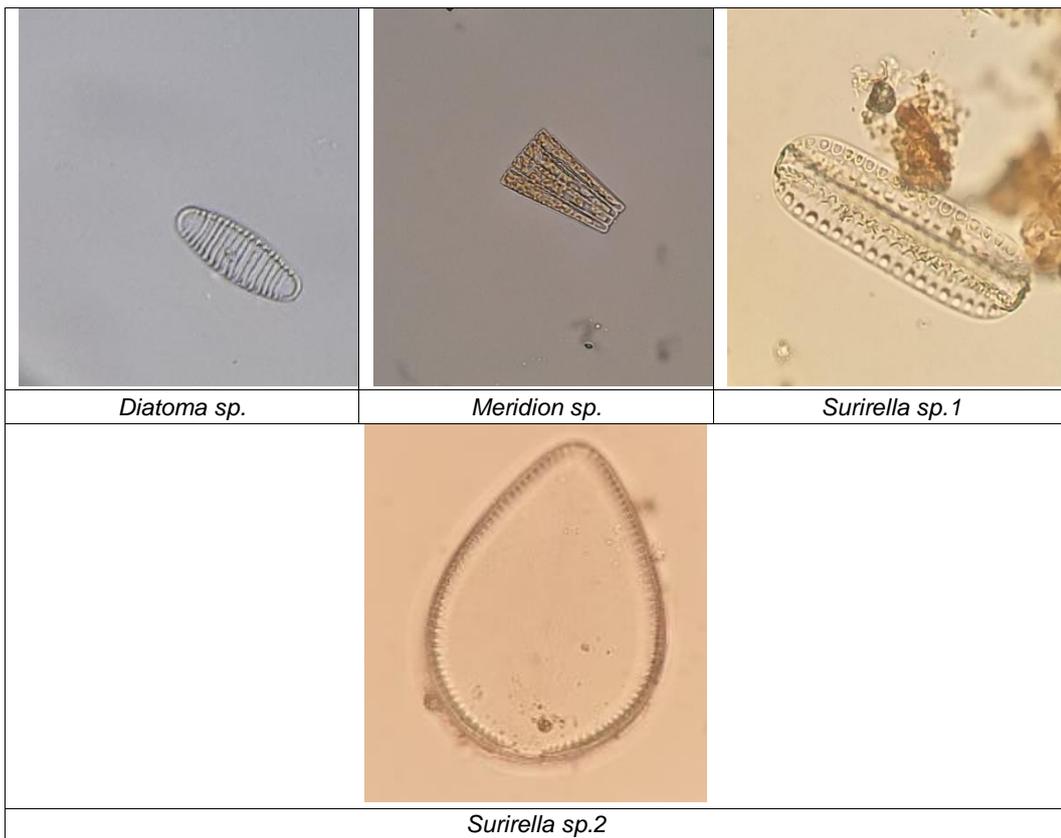
Procesamiento cuantitativo de las muestras de fitoplancton en la cámara de Sedwick Rafter en el laboratorio de Biodiversidad y SIG-UNSCH

**Anexo 13.** Registro fotográfico de los principales componentes del fitoplancton, laguna Guitarrachayocc, Paras, Ayacucho 2018-2019

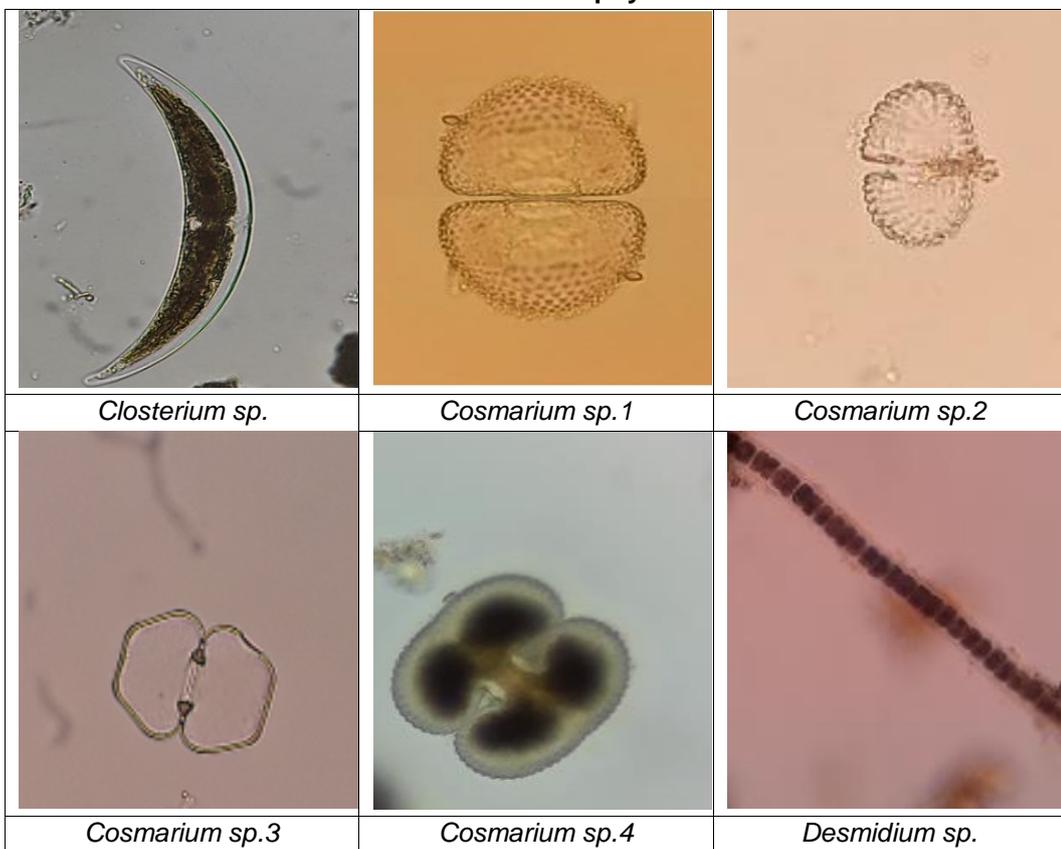
**División Bacillariophyta**

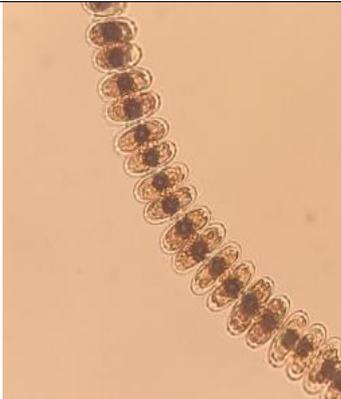
		
<i>Hantzschia sp. 1</i>	<i>Hantzschia sp. 2</i>	<i>Nitzschia sp.</i>
		
<i>Cymbella sp. 1</i>	<i>Cymbella sp. 2</i>	<i>Cymbopleura sp.</i>
		
<i>Encyonema sp.</i>	<i>Gomphonema acuminatum</i>	<i>Gomphonema sp.</i>
		
<i>Eunotia sp. 1</i>	<i>Eunotia sp. 2</i>	<i>Fragilaria crotonensis</i>



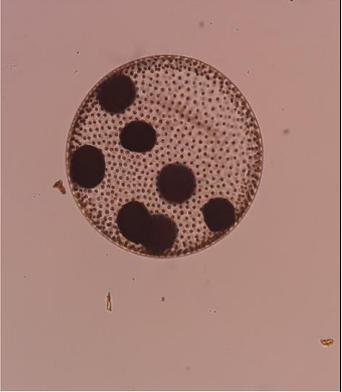
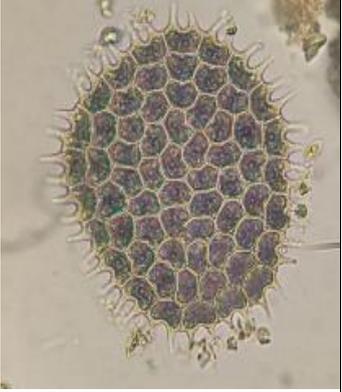


**División Charophyta**

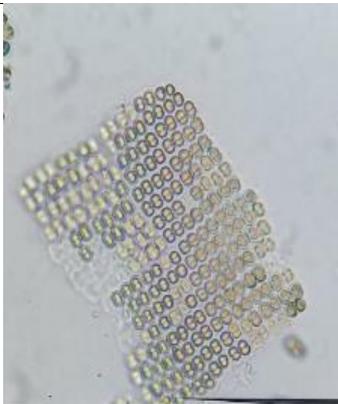


		
<i>Euastrum sp.</i>	<i>Hyalotheca sp.</i>	<i>Pleurotaenium sp.</i>
		
<i>Spondylosium sp.</i>	<i>Staurastrum brebissonii</i>	<i>Staurastrum sp.</i>
		
<i>Penium sp.</i>	<i>Gonatozygon sp.</i>	<i>Spirotaenia sp.</i>
		
<i>Spirogyra sp.</i>	<i>Zygnema sp.</i>	

División Chlorophyta

		
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	<i>Volvox aureus</i>	<i>Oedogonium sp.</i>
		
<i>Draparnaldia sp.</i>	<i>Pseudopediastrum sp.</i>	<i>Tetraedron minimum</i>
		
<i>Coelastrum sp.</i>	<i>Scenedesmus sp.</i>	<i>Ankistrodesmus sp.</i>
		
<i>Botryococcus braunii</i>		

**División Cyanobacteria**

		
<i>Chroococcus sp.</i>	<i>Microcystis sp.</i>	<i>Nostoc sp.</i>
		
<i>Stigonema sp.</i>	<i>Oscillatoria sp.</i>	<i>Merismopedia sp.</i>
		
<i>Wolskyella sp.</i>		

## Anexo 14. Matriz de consistencia

**Título:** Comunidad fitoplanctónica en la laguna Guitarrachayocc Paras, Ayacucho 2018

**Bach:** Noemi Gomez Yaguillo

**Asesor:** Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cómo a lo largo de un periodo de tiempo, las características comunitarias del fitoplancton varían según los meses comprendidos desde setiembre del 2018 a junio del 2019, en la laguna Guitarrachayocc ubicado en el distrito Paras, provincia Cangallo departamento de Ayacucho?	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Evaluar la variación de las características comunitarias del fitoplancton (composición, abundancia, diversidad alfa y beta), desde setiembre del 2018 a junio del 2019, en la laguna Guitarrachayocc ubicado en el distrito Paras, provincia Cangallo departamento de Ayacucho</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Determinar la composición de la comunidad fitoplanctónica hasta género y/o especie de la laguna Guitarrachayocc, en los meses de setiembre de 2018 a junio de 2019.</li> <li>Estimar la abundancia de la comunidad fitoplanctónica (absoluta y relativa) de la laguna Guitarrachayocc, durante los meses de setiembre de 2018 a junio de 2019.</li> <li>Cuantificar la diversidad alfa a través de los índices de Simpson y Shannon-Weaner, de la comunidad fitoplanctónica en la laguna Guitarrachayocc en los meses setiembre de 2018 a junio de 2019.</li> <li>Determinar la diversidad beta a través del índice similitud (Bray-Curtis) de la comunidad fitoplanctónica en la laguna Guitarrachayocc en los meses de setiembre de 2018 a abril de 2019.</li> </ol>	<p>2.1. Antecedentes</p> <p>2.1.1. Nivel internacional</p> <p>2.2. Marco conceptual</p> <p>2.2.1. Lagunas</p> <p>2.2.3. Composición de la comunidad</p> <p>2.2.4. Abundancia relativa</p> <p>2.2.5. Diversidad alfa (<math>\alpha</math>)</p> <p>2.2.6. Diversidad beta (<math>\beta</math>)</p> <p>2.3. Fundamento Teórico</p> <p>2.3.1. Cuerpos de aguas continentales</p> <p>2.3.2. Lagunas Altoandinas</p> <p>2.3.3. Estado trófico de las lagunas</p> <p>2.3.4. El fitoplancton</p> <p>2.3.5. Índices de diversidad biológica</p> <p>a. Índices de diversidad alfa (<math>\delta</math>)</p> <p>a. Índices de diversidad beta (<math>\beta</math>)</p>	<p>Las características comunitarias del fitoplancton, varían según los meses comprendidos desde setiembre del 2018 a junio del 2019, en la laguna Guitarrachayocc ubicado en el distrito Paras, provincia Cangallo departamento de Ayacucho.</p>	<p><b>VARIABLES</b></p> <p>Comunidad fitoplanctónica</p> <p><b>INDICADORES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Composición (a nivel de clase, familia, género) y/o especie</li> <li>- Abundancia de las poblaciones componentes (<math>n^\circ</math> de organismos/L de los componentes de la comunidad)</li> <li>- Índice de diversidad alfa (Simpson, Shannon-Weaner)</li> <li>- Índice de diversidad de beta (Bray-Curtis)</li> </ul>	<p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Básica</li> </ul> <p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descriptiva</li> </ul> <p><b>TAMAÑO DE LA MUESTRA:</b></p> <p>40 muestras de agua con contenido fitoplanctónico.</p> <p><b>TECNICAS:</b></p> <p>Observación</p> <p><b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO:</b></p> <p>A partir de una matriz de datos con las densidades de los taxones que constituyen el fitoplancton por zonas y meses de muestreo construidas en IBM SPSS 25, InfoStat 2020 y PAST 4.11 se realizó el análisis estadístico. Se empleó pruebas estadísticas no paramétricas debido a que los datos no presentaron distribución normal, como la prueba de Kruskal-Wallis.</p>

**UNSCH**FACULTAD DE  
CIENCIAS BIOLÓGICAS

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**  
**Bach. NOEMI GOMEZ YAGUILLO**  
**RESOLUCIÓN DECANAL N° 285-2023-UNSCH-FCB-D**

En la ciudad de Ayacucho, siendo las diez y quince de la mañana del veintinueve de diciembre del año dos mil veintitrés; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Presidido por el Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA; Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO (Miembro-Jurado); Dr. Walter Wilfredo OCHOA YUPANQUI (Miembro-Jurado); Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ (Miembro - Asesor); actuando como secretario docente el Mg. Jime Jack RIVERA VILLAR; para presenciar la sustentación de tesis titulada: "**Comunidad fitoplanctónica en la laguna Guitarrachayoc Parás, Ayacucho 2018**"; presentado por la **Bach. NOEMI GOMEZ YAGUILLO**; el Presidente luego de verificar la documentación presentada, indicó al secretario docente dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego de ello dispuso el inicio al acto de sustentación, indicando a la sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología. Culminada la exposición, el Presidente invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas a la sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó a la sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

<b>Miembros del Jurado Evaluador</b>	<b>Exposición</b>	<b>Respuesta a preguntas</b>	<b>Promedio</b>
Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO	16	16	16
Dr. Walter Wilfredo OCHOA YUPANQUI	15	16	16
		<b>PROMEDIO</b>	<b>16</b>

La sustentante alcanzó el promedio de 16 aprobatorio. Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso de la sustentante y el público al Auditorio dando a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las doce y diez del mediodía; firmando al pie del presente en señal de conformidad.

Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA  
Presidente

Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO  
Miembro – Jurado

Dr. Walter Wilfredo OCHOA YUPANQUI  
Miembro – Jurado

Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ  
Miembro – Asesor

Mg. Jime Jack RIVERA VILLAR  
Secretario – Docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA - ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

N° 19-2024-FCB-D

Yo, VÍCTOR LUIS CÁRDENAS LÓPEZ, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Comunidad fitoplanctónica en la laguna Guitarrachayocc Paras, Ayacucho 2018** por **NOEMI GOMEZ YAGUILLO**; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 19%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCHE-C.

En tal sentido, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 7 de febrero de 2024.

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA  
  
-----  
Dr. Víctor Luis Cárdenas López  
DIRECTOR

# Comunidad fitoplanctónica en la laguna Guitarrachayocc Paras, Ayacucho 2018

*por* NOEMI GOMEZ YAGUILLO

---

**Fecha de entrega:** 06-feb-2024 06:58p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2288279332

**Nombre del archivo:** GOMEZ-\_YAGUILLO-\_Noemi\_-\_pregrado\_Tesis-\_2024\_TURNITIN.docx (375.86K)

**Total de palabras:** 11959

**Total de caracteres:** 66076

# Comunidad fitoplanctónica en la laguna Guitarrachayocc Parás, Ayacucho 2018

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>19%</b>	<b>17%</b>	<b>3%</b>	<b>9%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga</b> Trabajo del estudiante	<b>4%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.unsch.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unsaac.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>4</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>5</b>	<b>www.scielo.org.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.puce.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.imarpe.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>revistadigital.uce.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

9	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	1 %
10	<a href="http://aquadocs.org">aquadocs.org</a> Fuente de Internet	1 %
11	<a href="http://www.uv.mx">www.uv.mx</a> Fuente de Internet	1 %
12	<a href="http://sedici.unlp.edu.ar">sedici.unlp.edu.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to ucol Trabajo del estudiante	<1 %
14	<a href="http://www.grafiati.com">www.grafiati.com</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://repositorio.unicauca.edu.co:8080">repositorio.unicauca.edu.co:8080</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://repositorio.utp.edu.co">repositorio.utp.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas      Activo  
 Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias      < 30 words