

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Comunidad fitoplanctónica de la laguna “Pumaccocha”
del distrito de Vischongo durante las estaciones de
invierno y primavera, Ayacucho - 2014.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGA EN LA ESPECIALIDAD DE ECOLOGÍA Y
RECURSOS NATURALES

Presentado por la:
Bach. TUMIALÁN ASCARZA, Nadia Claudia

AYACUCHO – PERÚ
2017

*A Dios, por ser la luz en mi camino.
A mi familia, en especial a mis
padres; quienes con amor forjaron
en mí valores.*

*A mis hermanos quienes tuvieron
la certeza de verme realizada
profesionalmente.*

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, por acogerme en sus aulas y permitirme desarrollar mi carrera profesional y personal.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Biología, a los docentes por impartirme sus conocimientos y apoyo.

A mi asesor, MS. Elmer Alcides Avalos Pérez, por compartir sus conocimientos, su experiencia, por la colaboración, paciencia, apoyo y sobre todo por esa gran amistad que me brindó y me brinda; por escucharme, aconsejarme siempre y promover la culminación de la tesis con éxito

A los Ingenieros José Cavero Arana, Anabel Barrantes y Fátima Manrique del Instituto del Mar Peruano – IMARPE, por la amistad ofrecida y por el apoyo en la toma de datos y por compartir información del tema.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
INDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	11
2.2.1. Temperatura.	11
2.2.2. pH	11
2.2.3. Gases disueltos	12
2.2.4. Sales minerales	12
2.2.5. Nutrientes	12
2.2.7. Estado trófico	12
2.2.8. Productividad primaria	12
2.2.9. Eutrofización	12
2.2.10. Comunidad	12
2.2.11. Ftioplancton	12
2.3. Bases teóricas	12
2.3.1. Lagunas	13
2.3.2. Comunidad fitoplanctónica	13
2.3.3. Importancia del fitoplancton	15
2.3.4. Fitoplancton como indicador biológico	16
2.3.5. Biología del fitoplancton	17
2.3.6. Alimentación	21
2.3.7. Reproducción	21
2.3.8. Características Adaptativas	22
2.3.9. Abundancia	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Ubicación de la zona de estudio	23

3.1.1. Ubicación política	23
3.1.2. Ubicación geográfica	24
3.2. Características de la zona estudio.	24
3.2.1. Clima	24
3.2.2. Zona de vida	24
3.2.3. Fauna acuática	24
3.2.4. Flora acuática	25
3.3. Puntos de muestreo.	25
3.4. Población y muestra	25
3.4.1. Muestra	25
3.4.2. Muestreo	25
3.5. Metodología	25
3.5.1. Toma de muestra del agua a 1 metro de profundidad	25
3.5.2. Toma de muestra del agua superficial	26
3.5.3. Análisis físico químico	26
3.5.4. Identificación del fitoplancton	27
3.5.5. Análisis estadístico	28
IV. RESULTADOS	29
V. DISCUSIÓN	47
VI. CONCLUSIONES	57
VII. RECOMENDACIONES	59
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo 2014.	25
Tabla 2. Composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera - 2014.	30
Tabla 3. Valores promedios de las características fisicoquímicas de las aguas de la laguna Pumacocha por estaciones (invierno y primavera), del distrito de Vischongo - 2014.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de ubicación política de la laguna Pumacocha	23
Figura 2. Valores medios, máximos y mínimos del número total de organismos fitoplanctónicos de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante los meses de las estaciones de invierno y primavera – 2014.	32
Figura 3. Valores medios, máximos y mínimos del número de organismos fitoplanctónicos en relación a la profundidad de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante los meses de las estaciones de invierno y primavera – 2014.	33
Figura 4. Número de especies fitoplanctónicas de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo por mes durante las estaciones de invierno y primavera – 2014.	34
Figura 5. Porcentaje del número de organismos fitoplanctónicos por división presentes a un metro de profundidad de la Laguna Pumacocha del distrito de Vischongo 2014.	35
Figura 6. Porcentaje del número de organismos fitoplanctónicos por división presentes en la parte superficial de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera – 2014.	36
Figura 7. Número de especies por división encontrados a 1 metro de profundidad de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera – 2014	37
Figura 8. Número de especies por división encontrados en la superficie de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera – 2014	38
Figura 9. Número de especies por división encontrados en la laguna Pumacochadel distrito de Vischongodurante las estaciones de invierno y primavera – 2014.	39
Figura 10. Línea de regresión entre el pH y el número de organismos fitoplanctónicos de la laguna de Pumacocha del distrito de Vischongo - 2014.	40

- Figura 11. Línea de regresión entre la temperatura y el número de 41
organismos fitoplanctónicos de la laguna de Pumacocha del
distrito de Vischongo - 2014.
- Figura 12 Variación mensual del número de organismos fitoplanctónicos por 42
mililitro de la división Bacillariophytas en la laguna Pumacocha
del distrito de Vischongo - 2014.
a) Superficial; b) a 1 metro de profundidad
- Figura 13 Variación mensual del número de organismos fitoplanctónicos por 43
mililitro de la división Chlorophyta en la laguna Pumacocha del
distrito de Vischongo - 2014.
a) Superficial; b) A 1 metro de profundidad
- Figura 14 Variación mensual del número de organismos fitoplanctónicos por 44
mililitro de la división Euglenophyta en la laguna Pumacocha del
distrito de Vischongo - 2014.
a) Superficial; b) A 1 metro de profundidad.
- Figura 15 Variación mensual del número de organismos fitoplanctónicos por 45
mililitro de la división Chrysophyta en la laguna Pumacocha del
distrito de Vischongo- 2014.
a) Superficial; b) A 1 metro de profundidad

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Análisis de varianza para el número de organismos fitoplanctónicos hallados durante los meses de muestreo a 1 metro de profundidad en la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo- 2014.	66
Anexo 2. Análisis de varianza para el número de organismos fitoplanctónicos hallados durante los meses de muestreo en la zona superficial de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo - 2014.	67
Anexo 3. Análisis de varianza para la regresión lineal entre el pH y el número de organismos de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante los meses de julio a diciembre – 2014.	68
Anexo 4 Análisis de varianza para la regresión lineal entre la temperatura y el número de organismos de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante los meses de julio a diciembre – 2014.	69
Anexo 5. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo en la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo - 2014.	70
Anexo 6. Fotografías de las especies registradas de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante invierno y primavera 2014.	71
Anexo 7. Fotografías de la toma de muestras y del análisis del agua de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo 2014.	78
Anexo 8. Fotografías de las muestras colectadas y de la identificación de los organismos del agua de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo 2014.	79
Anexo 9. Matriz de consistencia	80

RESUMEN

Debido a la gran importancia ecológica que representan las comunidades fitoplanctónicas respecto al estado trófico de los cuerpos de agua y en el proceso de eutrofización, como bioindicadores de calidad, entre otros, es necesario el estudio de la diversidad de estas especies fitoplanctónicas ya que no existen trabajos de este tipo en la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo, por lo que la presente investigación tiene como propósito obtener base científica, que ayudarán a futuros manejos del recurso. La evaluación de la laguna Pumacocha, tiene como objetivo principal estudiar la comunidad fitoplanctónica, mediante la identificación taxonómica, el análisis cuantitativo, cualitativo y su relación con la calidad fisicoquímica del agua durante las estaciones de invierno y primavera 2014. La presente investigación es de nivel básica – descriptiva, se muestrearon 5 estaciones establecidas en el recurso hídrico a dos profundidades (zona superficial y a 1 metro), las muestras de agua se extrajeron con la botella Van Dorn (5 L), cada quince días, siendo rotuladas y preservadas para ser llevadas al laboratorio de Ecología y Control Ambiental, del Área de Ecología y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Biológicas para posteriormente ser identificadas con ayuda de las claves taxonómicas. Se determinó que no existen diferencias en el número de especies en las estaciones de muestreo. En cuanto al análisis fisicoquímico del agua se realizó in situ con el laboratorio portátil de marca HACH, determinándose la alcalinidad, dureza, cloruro, fosfato, nitrato, CO₂ y O₂, mostrando que los resultados presentan valores bajos que no determinan la presencia o ausencia del fitoplancton; los mismos que se mantienen durante las estaciones de invierno y primavera, la temperatura y el pH son los parámetros determinantes para la presencia de los organismos fitoplanctónicos. Los resultados obtenidos demuestran que la división más sobresaliente fue la Bacillariophyta con 53%, Euglenophyta con 24 %, Chlorophyta con el 12%, la Chrysophyta 8%, Cianophyta y Pirrophyta con 2 %. La mayor abundancia de fitoplancton se registró en los meses de octubre, noviembre y diciembre, estos meses representan a la estación de primavera, exhibiendo a la *Asterionella formosa*, *Mallomonas caudata* y *Trachelomonas volvocina* como las especies más abundantes. Los valores más altos de diversidad de especies se registraron en la estación de invierno y los valores de abundancia en cuanto al número de organismos fitoplanctónicos fueron mayores durante la estación de primavera siendo ésta una época de lluvias.

Palabras clave: Fitoplancton continental, diversidad, ecología acuática.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día estamos viviendo un período de cambio global rápido en el cual muchas especies llegan a extinguirse anualmente debido a las actividades humanas que están alterando los procesos biogeoquímicos a nivel de la biosfera. Los ciclos de la biosfera tal vez lleguen a ser menos predictibles si los microorganismos esenciales sucumben al cambio climático y a las actividades antropogénicas. Costas¹, las microalgas y cianobacterias juegan un importante rol en el control del cambio global pues son los principales productores primarios de los ecosistemas acuáticos, produciendo alrededor del 50% de la fotosíntesis total. Es importante resaltar que además de los mares y océanos, aproximadamente el 1% de la superficie emergida del planeta está ocupada por aguas continentales, llámese charcas, ríos, lagos y embalses. Las aguas continentales soportan ricas comunidades de organismos fitoplanctónicos muy diversos y muchas de ellas son productivas, contribuyen a la producción primaria del planeta mucho más de lo que corresponde por su superficie.

Margalef², el fitoplancton constituye el primer eslabón más importante en la cadena alimenticia por su papel como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua, por ello la importancia del conocimiento científico para valorar el rol del fitoplancton y la productividad primaria en aras de establecer proyectos de aprovechamiento de la productividad natural de manera racional. Los organismos fitoplanctónicos se caracterizan por presentar diferentes características fisiológicas como una alta tasa de crecimiento y reproducción, y debido a que presentan ciclos de vida cortos, tienen rápida respuesta a los factores ambientales (tanto naturales o de origen antrópico), por lo que se le consideran buenos indicadores biológicos. La determinación de la frecuencia relativa de la comunidad algal en estudios cualitativos durante épocas del año, es de gran importancia para conocer los cambios en la estructura de la comunidad respecto a las especies

indicadoras y las condiciones ambientales que pueden dar lugar a la sucesión fitoplanctónica en ecosistemas acuáticos.

Horne³, el fitoplancton está sometido a una fuerte influencia estacional y se pueden observar grandes contrastes entre las asociaciones de especies en las épocas de invierno y primavera.

En la región existen escasos estudios sobre las comunidades fitoplanctónicas y sus variaciones en tiempo y espacio poniendo en riesgo la sobrevivencia de esta importante comunidad, en especial en la laguna Pumacocha; que tiene gran concurrencia de visitantes por ser un lugar arqueológico y considerado como hábitat de un gran número de especies de aves entre otros organismos.

En este trabajo, se presentan resultados de la investigación llevada a cabo en la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo, enfatizando la caracterización de la comunidad fitoplanctónica y su relación con las características fisicoquímicas del agua durante las estaciones de invierno y primavera.

Objetivo General:

Caracterización de la comunidad fitoplanctónica durante las estaciones de invierno y primavera de la laguna Pumacocha.

Objetivos Específicos:

- a. Identificar organismos fitoplanctónicos en la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante los meses de julio a diciembre.
- b. Analizar cuantitativamente los organismos que constituyen poblaciones de la comunidad fitoplanctónica de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante los meses de julio a diciembre.
- c. Determinar las características fisicoquímicas de la laguna de Pumacocha del distrito de Vischongo durante los meses de julio a diciembre.
- d. Establecer la relación entre los valores físico-químicos de las aguas y la comunidad fitoplanctónica.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Wright⁴, por su importancia trófica, el fitoplancton de los cuerpos de agua continentales ha sido reiteradamente estudiado en diferentes latitudes y condiciones geográficas. Desde el punto de vista de la productividad, en una investigación realizada en el Canyon Ferry Reservoir, Estados Unidos, se encontró que el fitoplancton ocupaba el 34.5 % mientras que sólo el 9.8 % era zooplancton, lo cual representaba una tasa fotosintética óptima de la zona fótica de ese cuerpo de agua equivalente a 52 %. Asimismo, ese estudio demostró el efecto de la temperatura, la intensidad de la luz y los fosfatos sobre la fotosíntesis fitoplanctónica.

Oliva⁵, las algas fitoplanctónicas tienen importancia en la vida del hombre. Ellas han sido propuestas y utilizadas como suplementos alimenticios, fuente de ácidos grasos tipo omega, antioxidantes, además de ser propuestas para ayudar en la restauración de ecosistemas, la disminución de las emisiones de efecto invernadero y hasta como productoras de biocombustibles. Por ello en México hay propuestas sobre su aplicación en instituciones de investigación como el Instituto de Biotecnología-UNAM, el CINVESTAV-IPN y otras instituciones de los estados del país. Realizando estudios para conocer la biodiversidad del fitoplancton en México, representado principalmente por las clases Bacillariophyceae (31.9%), Cyanophyceae (18.24%) y Chlorophyceae (17.4%). La mayoría de las especies son cosmopolitas, otras tienen afinidades tropicales y neárticas.

Ortega *et al.*,⁶ determinaron la biodiversidad de especies de fitoplancton a través de la riqueza de taxa dentro de la subcuenca del río Cupatitzio – México, que han sufrido modificaciones hidráulicas y ecosistémicas, como resultado de actividades antrópicas; dicha evaluación se efectuó en tres temporadas: seca-fría (noviembre), seca-cálida (mayo) y lluvias (agosto) (2010). Ésta subcuenca, no conocía la riqueza específica de su microflora planctónica, y la información

existente era fragmentaria y escasa. Por este motivo se determinó la biodiversidad de especies a través de la riqueza de taxa. Efectuándose muestreos en las secciones alta, media y baja del río en nueve sitios, en los que se registraron once variables fisicoquímicas. Las muestras ficológicas, se obtuvieron mediante red de plancton (39 µm), y se fijaron con formol al 4%; su identificación se llevó a cabo bajo microscopio compuesto y consulta de bibliografía específica. Los valores de las variables fisicoquímicas indican la existencia de aguas cálidas, oxigenadas, con bajas concentraciones de sales y de iones, pH ligeramente ácido, baja concentración de sólidos disueltos, y aguas duras, con altas concentraciones de fosfatos amonio y materia orgánica. Con respecto al componente biótico, se registraron un total de 238 especies que corresponden a nueve clases de algas; las diatomeas presentaron la mayor riqueza específica (61%), mientras que los valores mínimos estuvieron representados por los criptomónidos, algas verde-amarillas y algas doradas (1%). La mayor riqueza (47%) se presentó durante la época seca-cálida en la zona alta de la cuenca, mientras que el mínimo (21%) se obtuvo durante lluvias en la zona media.

Teniendo en cuenta el papel ecológico del fitoplancton siendo la “llave” que regula la entrada de energía al sistema, su estudio permite obtener una información más precisa y detallada del estado trófico y calidad del agua, por ello es considerado como bioindicador del estado ecológico en lagos, lagunas y humedales. Partiendo de la premisa que las diatomeas son altamente sensitivas ya que proporcionan información asociada a la cantidad de material orgánico; son excelentes indicadores de algunas características fisicoquímicas de los sistemas acuáticos como la mezcla o estratificación.

Cruz & Ávila⁷ realizaron la identificación de bioindicadores en la laguna de Zupitlán, México; con el objetivo de identificar las principales variedades de diatomeas presentes en la laguna de Zupitlán con la finalidad de establecer la calidad del ambiente acuático. Identificando por microscopía electrónica de barrido las principales diatomeas presentes en la laguna de Zupitlán, observando que predominan diatomeas de los géneros *Nitzschia sp.*; *Surirella sp.*, *Aulacoseira sp.*, *Asterionella sp.* Y *Stephanodiscus sp.*, además de dinoflagelados, ciliados y amibas. Estos microorganismos actúan como bioindicadores reflejando la disponibilidad y abundancia de materia orgánica tanto en el agua como en los sedimentos de la laguna. Los valores del índice diatómico de eutrofización y contaminación (EPI-D0-20) permitieron clasificar el ambiente acuático como de

mala calidad. Destacando que la observación de diatomeas características de ambientes eutróficos (*Nitzschia sp.* y *Stephanodiscus sp.*). La presencia de ciertas especies de diatomeas permite efectuar un diagnóstico del nivel de contaminación de un sistema acuático que comparado con los análisis fisicoquímicos o de toxicidad son relativamente más sencillos y económicos.

En la caracterización trófica de los cuerpos de agua se utilizan diversos indicadores entre los cuales se encuentran la composición, abundancia, biomasa y la diversidad fitoplanctónica. Tal como León y Chalar⁸ demostraron en el estudio sobre Abundancia y diversidad del fitoplancton en el Embalse de Salto Grande (Argentina – Uruguay). Ciclo estacional y distribución espacial. En este embalse se estudió la composición, abundancia y diversidad del fitoplancton en relación con el ciclo estacional y los parámetros físicos y químicos, habiéndose seleccionado cuatro estaciones de muestreo en la cabecera del embalse, dos en el curso principal denominadas Represa (R) y La Paloma (A), una en el brazo Gualeguaycito (G) en el margen argentino, y otra en el brazo Itapebí (I) en el margen uruguayo. El embalse presenta características de ambiente mesoeutrófico. La comunidad fitoplanctónica del Embalse Salto Grande estuvo generalmente dominada por diatomeas del género *Melosira* (*Aulacoseira spp.*), en casi todo el sistema y durante gran parte del año, siendo acompañadas por cianobacterias, *Microcystis aeruginosa*. Se determinaron 187 taxa correspondientes a las Divisiones Chlorophyta (105), Bacillariophyta (25), Euglenophyta (21), Cyanophyta (20), Chrysophyta (7), Dinophyta (4), Cryptophyta (3) y Xanthophyta (2). Del total de taxa registrados, 19 correspondieron a nuevas citas para Uruguay. La variación anual de la comunidad fitoplanctónica se analizó a partir de las especies más abundantes. Del total de 187 taxa determinados, 25 resultaron abundantes. La comunidad del fitoplancton del Embalse Salto Grande, estuvo compuesta por un bajo número de especies abundantes (14.4 %) y un número alto de especies raras (53 %). Las especies frecuentes representaron el 47 % del total de taxa determinado. La distribución vertical de los organismos determinó mayor abundancia en la zona eufótica, mientras que espacialmente la mayor abundancia se registró en las estaciones de los brazos y temporalmente en verano (entre diciembre y abril). En las estaciones R y A, las abundancias promedio anuales fueron similares entre sí y menores que en G e I. La comunidad fitoplanctónica registró su menor abundancia (< 100 ind ml⁻¹), entre mayo y noviembre en las cuatro estaciones de muestreo. En diciembre se incrementó la

densidad de organismos en I (2000 org.ml⁻¹), mientras que, en enero, el incremento se registró en todas las estaciones. Estas diferencias se debieron principalmente al crecimiento de Bacillariophyta en I (en diciembre) y de Cyanophyta en G (febrero, marzo y abril), seguidas de Bacillariophyta y flagelados. Dentro de estos grupos las especies más abundantes fueron: *Aulacoseira* sp y *A. ambigua* en I y *Aulacoseira* sp, *A. ambigua*, *Anabaena planctónica* y *Raphidiopsis mediterránea* en G. Esto indicó que el régimen lótico del embalse constituye un disturbio frecuente para la comunidad, probablemente debido a los pulsos provocados por los aportes de nutrientes, materiales particulados y la turbulencia generada en el sistema.

López⁹ estudió el fitoplancton del canal El Bordo en Xochimilco – México, durante la época de lluvias de 2008 y la época seca de 2009. El objetivo fue conocer la estabilidad de la flora de una zona que requiere medidas de remediación. Los resultados de este estudio mostraron una composición diversa del fitoplancton, en la que destacó el registro de varias especies no observadas previamente en México y concretamente en Xochimilco. Los resultados del monitoreo reflejaron en los factores fisicoquímicos una proporción de variación baja (9-17%), a pesar de la intensidad de las actividades agropecuarias que prevalecen en la zona de estudio. El resultado del estudio biológico reveló en total 46 taxones que pertenecen a 5 divisiones: Bacillariophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Cyanoprokaryota y Dinophyta; trece de estos taxones no estaban registrados en la zona y tres representan nuevos registros para México: *Pediastrum patagonicum*, *Pseudopediastrum boryanum* var. *Caribbeanum* y *Echinocoleum polymammilatum*. La identificación de un grupo funcional reúne especies que son típicas de cuerpos de agua someros, tropicales y eutróficos, como el canal El Bordo. Se discute la posibilidad de asociar este grupo funcional con un estado estable en el ecosistema, lo que puede aplicarse en medidas de remediación. Aparentemente, el fitoplancton de este canal no refleja las consecuencias de la eutrofización porque no coincide con los patrones esperados en ecosistemas templados, es decir, no es poco diverso ni inestable; aquí tenemos una composición fitoplanctónica cuya diversidad sugiere la pertinencia de revisar conceptos ecológicos para ecosistemas acuáticos; aun cuando identificamos un Grupo Funcional podría comportarse de forma particular para Xochimilco. Considerando útil estudiar las comunidades de ecosistemas acuáticos urbanos con un alto grado de alteración, pues la cantidad de conocimiento acumulado en una región podría hacer la diferencia entre conservar o perder estos ecosistemas.

El conocimiento de los patrones de diversidad de especies del fitoplancton ayuda a comprender a los ecosistemas de una manera más completa, especialmente desde el punto de vista de la productividad, demostrado por Osorio¹⁰; quienes realizaron la investigación "Diversidad y distribución del fitoplancton en la laguna El Balsón, Tabasco, México, por ser un estado con una amplia variedad de ecosistemas acuáticos. El fitoplancton del lago El Balsón, fue identificado y contado en 18 estaciones de muestreo. Las técnicas utilizadas en los conteos fueron el filtro de membrana y la cámara de sedimentación, y el número total de organismos de una muestra fue determinada realizando conteos de un número representativo de campos del microscopio. Las especies dominantes del fitoplancton del lago El Balsón fueron *Ankistrodesmus angustus*, *Chilomonas oblonga*, *Chromulina pascheri*, *Cyclotella meneghiniana*, *Trachelomonas volvocinopsis*, *Trachelomonas volvocina*, *Gfenodinium sp.*, *Peridinium sp.* Y *Strombomonas sp.* La abundancia absoluta obtenida para cada una de las especies, en número de organismos por mililitro, fueron relativamente bajas, con un promedio de 4183 org./mL, cuando se registró una floración algal y las densidades en algunas estaciones llegaron a ser superiores a los 10 000 org./mL. La diversidad de especies y la abundancia han sido principalmente relacionadas con los nutrientes, pero en esta investigación se sugiere que los factores morfológico y edáfico son también determinantes. Los fitoplanctones del lago El Balsón fueron arreglados en orden de su ocurrencia y un catálogo de especies es incluido.

Aunque las especies fitoplanctónicas son considerados como productores de energía en el inicio de la cadena trófica y son utilizadas ampliamente en diversos ámbitos de consumo y aprovechamiento humano. Dentro del grupo de las microalgas se pueden considerar la existencia de las microalgas no nocivas y las nocivas, de estas últimas pueden distinguirse dos tipos de organismos: los productores de toxinas que debido a su actividad metabólica llegan a ser causa de muerte tanto en el ecosistema como en la salud humana y los productores de grandes biomásas, que pueden causar anoxia y mortandad indiscriminada de fauna acuática. Aké *et al.*,¹¹ reconocen fundamentalmente tres clases de algas unicelulares nocivas: diatomeas, dinoflagelados y las cianobacterias.

La importancia de estudiar estos organismos radica en conocer que microalgas producen toxinas y su impacto negativo. Además, con qué frecuencia estas microalgas se desarrollan y bajo qué condiciones ambientales, dado que el

conjunto de condiciones que se repiten de manera regular se puede denominar como patrón, se busca encontrar precisamente estos patrones en las comunidades fitoplanctónicas y en los ambientes en los que se desenvuelven y de esta manera establecer con tiempo las medidas preventivas y adecuadas. Es así que Orduña¹² realiza la tesis Patrones de distribución y abundancia del fitoplancton nocivo en la Laguna de Tampamachoco, en la Llanura Costera del Golfo de México, evaluando 6 sitios de muestreo considerando que son las zonas que sufren mayor impacto por las mezclas de agua y cambios. Identificándose 265 especies de fitoplancton nocivo y quistes de dinoflagelados entre los meses febrero 2011-febrero 2012 de los cuales la familia más representativa fue la Bacillariophyceae con un total de 157 especies, le sigue la familia Dinophyceae con 86 especies, las Chlorophyceae con 20 y las Cianophyceae y Ochrophyceae con una especie. La división más sobresaliente fue la Bacillariophyta con 59%, la Dinophyta con el 33%, la Chlorophyta 8%, las Cianophyta y Ochrophyta con una especie. Las especies de los géneros *Rhizosolenia*, *Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Coscinodiscus*, *Asterionella*, *Talassionema*, *Ceratium* y *Protoperidinium* fueron las más predominantes en el análisis cualitativo. De acuerdo a éste estudio se encontraron especies potencialmente tóxicas, pero la abundancia del fitoplancton en general no fue relevante. La especie más abundante fue *Thalassionema nitzschioides*.

Wetzel¹³, el fitoplancton es una comunidad que presenta variantes en sus requerimientos fisiológicos de acuerdo al grupo primario, manteniendo niveles de tolerancia a las condiciones ambientales fluctuantes, detalle importante que es un condicionante en la presencia, distribución y abundancia del fitoplancton en los cuerpos de agua. Provocando que las respuestas de éstos organismos a los cambios ambientales anuales sean evidentes.

Lo anterior motivaron a Novoa¹⁴ quienes estudiaron la abundancia y distribución temporo-espacial del fitoplancton durante un ciclo anual y su relación con las variables fisicoquímicas del lago Parque Sarmiento, durante el año 2003. Se recolectaron estacionalmente, 24 muestras fitoplanctónicas. Se determinaron 109 Bacillariophyceae, 41 Chlorophyceae, 16 Cyanophyceae, 11 Euglenophyceae, 1 Chrysophyceae y 2 Dinophyceae. La densidad osciló entre 210 org/ml en otoño y 11 org/ml en primavera. La máxima diversidad fue 3,30 bits/cel. en primavera. La clase Bacillariophyceae fue la más abundante a lo largo de todo el año y registró la máxima densidad en otoño, *Aulacoseira granulata* fue la especie que aportó el

mayor número de organismos. Las Chlorophyceae fueron más abundantes en otoño, registró la mayor densidad. Las Cyanophyceae presentaron especies con baja densidad durante todo el año. En verano, la clase Euglenophyceae se caracterizó por una escasa densidad y apariciones esporádicas; especies de *Peranema*, *Phacus* y *Euglena* contribuyeron a una mayor biomasa en otoño. La clase Dinophyceae se caracterizó por una baja densidad de organismos a lo largo del año. El fitoplancton contribuyó al aumento de biomasa, la asociación florística dominante fue diatomeas-clorofíceas. Se evidenciaron diferencias temporales en la abundancia de algunas especies y clases algales. Las variables fisicoquímicas influyeron en la variación de dicha abundancia.

Vila & Pardo¹⁵, Bouterfast *et al.*,¹⁶ mencionan que es conocido que la variación estacional del fitoplancton está relacionada con la fluctuación de los factores ambientales.

Según los trabajos de Litchman¹⁷ y Moñino¹⁸, la temperatura y la transparencia afectan, en mayor grado, la distribución estacional del fitoplancton y; a su vez, la fuente de luz recibida determina un patrón de variabilidad espacial y temporal, tal situación se ve reflejada en éste estudio donde los valores de diversidad se incrementaron hacia la primavera con el aumento de la temperatura y el pH, valores directamente relacionados a la actividad fotosintética.

Komárek¹⁹ señala que se debe atribuir importancia a la realización de trabajos de carácter taxonómico para lograr datos confiables sobre la diversidad y distribución del fitoplancton; más aún, si se considera que la taxonomía tradicional de varios grupos de microalgas ha cambiado rápidamente durante las últimas 2 décadas y que las identificaciones erróneas pueden modificar el diagnóstico del estado de salud de los ecosistemas acuáticos o discrepar con las interpretaciones de otros indicadores. Considerando lo señalado Nava & Francisco²⁰ realizaron la investigación de la Flora planctónica de la laguna Lagartos, Quintana, México con la finalidad de proveer el primer inventario del fitoplancton para la laguna Lagartos y así contribuir al conocimiento sobre su diversidad en el estado de Quintana Roo. Se presentó una lista de la flora planctónica de la laguna Lagartos, basada en la observación de muestras superficiales obtenidas entre noviembre de 2007 a septiembre de 2008. Las muestras se recolectaron con una botella Van Dorn de 2 litros en la parte central de la laguna; se registraron 67 taxa: 28 Bacillariophyta, 22 Cyanophyta, 7 Chlorophyta, 6 Dinoflagellata, 2 Euglenophyta y 2 Cryptophyta. Las cianofitas dominaron durante todo el periodo de estudio, con una contribución

mayor al 80% de la abundancia total del fitoplancton. Son nuevos registros para México 13 especies: *Chroococcus pulcherrimus*, *Coelosphaerium confertum*, *Cyanoductioniac*, *Phormidium pachydermaticum*, *Planktolyngbya contorta*, *Rhodomonas minuta*, *Amphidinium massartii*, *Enciculiferacf. loeblichii*, *Heterocapsacf. pseudotriquetra*, *Prorocentrum cassubicum*, *Licmophora normaniana*, *Fistuliferasaprophila* y *Amphora richardiana*. Todos los taxa listados se ilustraron con microfotografías. Recomendando que los estudios taxonómicos relacionados con las comunidades fitoplanctónicas incluyan: fotografías o esquemas, para confirmar la determinación y datos ecológicos. Así, este tipo de información podría emplearse como base para la interpretación del estado de salud de los cuerpos de agua, intensidad del impacto humano y cambios en la calidad del agua.

La determinación de la frecuencia relativa de la comunidad algal en estudios cualitativos durante las épocas del año, es de gran importancia para presentar los cambios en la estructura de la comunidad y conocer más respecto a las especies indicadoras, las condiciones ambientales que pueden dar lugar a la sucesión fitoplanctónica en ecosistemas acuáticos. Además, se sabe que la variación de las comunidades biológicas en el curso del tiempo abarca cambios cíclicos individuales y se presentan diferencias en la diversidad de especies. En el caso del fitoplancton los cambios anuales pueden darse de carácter sucesional, por lo cual es necesario registrar dichas oscilaciones en los sistemas acuáticos. Antecedente que motivó el interés de Hernández²¹ por conocer el componente ficológico y sus variaciones en las épocas del agua en el lago cráter, La Alberca, Tacámbaro de Codallos, Michoacán, México, dando lugar al estudio de la Variación anual del fitoplancton en el lago Cráter. Colectando material ficológico con una red cónica de 39 µm por arrastre vertical; trabajando en cinco sitios de muestreo, considerando las características limnológicas del área y la accesibilidad a los sitios durante un periodo de un año, considerando las cuatro épocas del año febrero, mayo, agosto y octubre del 2006, la preservación de las muestras obtenidas fue con formol al 4%. Encontrando que la diversidad taxonómica estuvo representada por organismos de los grupos de Bacillariophyta y Chlorophyta, alternándose de acuerdo a la estación de muestreo y temporada de colecta. En el componente específico se determinó que las especies más frecuentes y prevalentes fueron: *Synedra acus*, *Didymocystis fina*, *Pediastrum simplex*, *Tetraedron minimum*, *Coelastrum reticulatum*, *Peridinium inconspicuum*,

Anabaena catenula, *Microcystis wesembergii* y *M. aeruginosa*. Lo cual caracteriza al lago como un cuerpo de aguas cálidas, poco alcalinas en proceso de eutrofización.

Pese a la gran importancia ecológica y biológica de las lagunas a nivel regional, estos ecosistemas acuáticos son de los menos estudiados en lo que a fitoplancton se refiere. Cuba²², sin embargo, se procura realizar estudios; tal es el caso de la tesis “Análisis de la comunidad fitoplanctónica de la laguna de Toccto durante las estaciones de verano y otoño - 2010”; Distrito de Tambo, Provincia de La Mar, donde se determinó la estructura y composición de la comunidad fitoplanctónica y su relación con la calidad fisicoquímica del agua durante las estaciones de verano y otoño. Los resultados revelaron que la comunidad estuvo predominada por la división Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta y Euglenophyta, siendo la división Chlorophyta la de mayor dominancia representado por la especie *Achnathes inflata* y *Fragilaria sp.* Además de determinar la poca significancia de las características fisicoquímicas.

Del mismo modo Jaico²³ realizó el estudio hidrobiológico entomológico como parte del proyecto “Desarrollo de capacidades para el ordenamiento territorial del distrito de Acosvinchos” en el que se determinó la composición de organismos fitoplanctónicos, registrando en las lagunas de Acosvinchos, un total de 20 especies, pertenecientes a 17 familias, 16 órdenes, englobados en 6 divisiones, conformado por: Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria, Chlorophyta y Charophyta, resaltando que la división Bacillariophyta representa la mayor cantidad de especies.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Temperatura.

Es un factor de relevante influencia en los lagos, en la distribución, periodicidad y reproducción de los organismos. Asimismo, la temperatura cambia tanto estacionalmente como con la profundidad, la temperatura interviene en la flotabilidad de los organismos planctónicos.

2.2.2. pH

El agua esta disociada en iones H^+ y OH^- las sales minerales disueltas en el agua se disocian en iones positivos y esta ionización varia de unos compuestos a otros. Existe organismo que logran vivir en aguas con un pH ácido, otros viven en medios acuáticos alcalinos.

2.2.3. Gases disueltos

El oxígeno y el anhídrido carbónico disueltos en el agua son los dos gases de mayor importancia, tanto la concentración de oxígeno como del anhídrido carbónico constituyen con frecuencia factores limitantes, muchas veces provienen del aire o de actividades metabólicas de los organismos.

2.2.4. Sales minerales

Las sales minerales más abundantes en las aguas dulces, son los carbonatos, los sulfatos y los cloruros. La concentración de los procesos de osmoregulación de los seres vivos. El fitoplancton depende principalmente de la oferta de luz, nutrientes inorgánicos y de la temperatura.

2.2.5. Nutrientes

La concentración de nutrientes puede también limitar, saturar o inhibir el crecimiento de las algas. El nitrógeno y el fósforo han sido considerados durante mucho tiempo como los principales nutrientes limitantes de la producción primaria.

2.2.6. Densidad fitoplanctónica

Número promedio de organismos fitoplanctónicos en un volumen determinado.

2.2.7. Estado trófico

Describe la productividad del ambiente acuático, siendo aguas con pocos nutrientes y fondos oxigenados (oligotróficos) o aguas con exceso de nutrimentos con fondos con déficit de oxígeno (eutróficos).

2.2.8. Productividad primaria

Proceso por el cual, a partir de sustancias inorgánicas disueltas (nutrientes y CO₂ disueltos en el agua), los productores primarios (las plantas y algunas bacterias) sintetizan materia orgánica.

2.2.9. Eutrofización

Aumento del número de algas y otros productores primarios como resultado del enriquecimiento de las masas de agua por nutrientes, de origen natural o antropogénico.

2.2.10. Comunidad

Conjunto o un grupo de diferentes especies que son imprescindibles para el equilibrio de un ecosistema, y que comparten un mismo hábitat.

2.2.11. Fitoplancton

Conjunto de organismos acuáticos autótrofos del plancton, que tienen capacidad fotosintética y que viven dispersos en el agua. Su importancia es fundamental dado que son los productores primarios más importantes

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Lagunas:

Irondo²⁴, las lagunas son cuerpos de agua en su mayoría de agua dulce. El lapso de vida de las lagunas fluctúa desde unas pocas semanas o meses hasta varios cientos de años. En las regiones templadas, a menudo los lagos o lagunas llegan a estar termalmente estratificados durante el verano y de nuevo en invierno, debido al calentamiento y enfriamiento diferencial. Estos son cuerpos de agua relativamente estancada en comparación con el agua corriente de ríos y arroyos, reciben por ello la denominación de cuerpos de agua lenticos. El motivo de su existencia es siempre un fenómeno geológico: tectonismo, erosión o sedimentación produciendo un embalse de las aguas. Existen unos que se formaron a raíz del choque de placas tectónicas, otros por la disolución de una roca, excavaciones.

Chocano²⁵, el Perú alberga especialmente en sus partes más altas, una gran cantidad de lagos y lagunas de régimen permanente o temporal y de gran diversidad de tamaños, los mismos que presentan un gran potencial de aprovechamiento para diversos usos, tales como la agricultura, energía, piscicultura, abastecimiento humano, industrial y minero.

ONERN²⁶ evidencia el inventario Nacional de lagunas y represamientos, en el que se reporta que Perú posee 12 201 lagunas, de las cuales 186 están en explotación. Jan²⁷ menciona que los lagos interandinos son usualmente de origen tectónico o glacial. Un lago tectónico magnífico es el Lago Titicaca, que hace miles de años formó un vasto mar interior junto con los lagos de Arapa y Yapupampa. Los lagos tectónicos frecuentemente están llenos de formas de vida. El lago Parinacochas, en el departamento de Ayacucho, es famoso por sus flamencos rosados que crecen ahí, mientras Junín alberga al Lago Paca y al Lago Junín además de los pueblos pintorescos inmersos de historia. El más asombroso de ellos son todos los Lagos Llanganuco en el departamento de Ancash, que separa las imponentes cumbres del Monte Huascarán y Huandoy.

2.3.2. Comunidad fitoplanctónica:

Dogliotti²⁸ señala que los organismos microscópicos autótrofos, fotosintéticos que viven en suspensión en el agua, son denominados en su conjunto fitoplancton (phyton=planta y plankton=errante), son los productores primarios, el primer eslabón de la cadena trófica acuática. Mediante el proceso de fotosíntesis estos organismos convierten carbono inorgánico (a partir de dióxido de carbono) en

carbono orgánico (más comúnmente en la forma de glucosa), cumpliendo un rol fundamental en los ciclos biogeoquímicos.

El fitoplancton es considerado una comunidad biológica clave en los ecosistemas acuáticos, pues como ya se mencionó forma parte del gremio de los productores primarios y sus integrantes en la actualidad se utilizan como bioindicadores, por su alta sensibilidad a las fluctuaciones del ambiente.⁶

González²⁹, el fitoplancton está compuesto por microalgas en los sistemas acuáticos, algunas de ellas son planctónicas y presentan locomoción por medio de flagelos y mecanismos hidrodinámicos que les permite distribuirse a lo largo y ancho de la columna de agua, sin embargo, la mayoría flota libremente en la capa superficial. Forma parte de los productores de estos ecosistemas y presentan variantes en sus requerimientos fisiológicos de acuerdo al grupo primarios, manteniendo niveles de tolerancia a las condiciones ambientales fluctuantes lo cual contribuye, en parte, a la presencia distribución y abundancia de las mismas. Las respuestas de estos organismos a los cambios ambientales anuales son evidentes. En latitudes tropicales donde la luz y la temperatura son relativamente constantes en el curso del año, las variaciones estacionales dependen de la precipitación y la época de estiaje.

El fitoplancton representa el primer eslabón de la cadena alimenticia, junto con las plantas superiores que habitan las aguas dulces, constituyen los organismos productores.¹⁰

Allan³⁰, la composición y abundancia del fitoplancton en lagos depende de varios factores, entre los cuales destacan las condiciones físicas e hidrológicas (temperatura, luz turbulencia, tasa de sedimentación del plancton), la composición química del agua (nutrientes, materia orgánica, minerales, pH, metales, etc.) y de los factores biológicos (depredación, parasitismo) por lo tanto el mantenimiento de una determinada población, expresada en número de individuos se puede considerar como una medida del éxito de la ocupación de cierto ambiente por una especie. El crecimiento demográfico y el desarrollo industrial están en la actualidad ejerciendo grandes presiones a los ecosistemas naturales, en especial a los ecosistemas acuáticos.

A nivel mundial ésta constante ha hecho que surja un interés por la conservación del estado ecológico de los ecosistemas acuáticos y de esta forma evitar los problemas sociales y ecológicos que conllevarían al deterioro del recurso hídrico. Carrera³¹ sostiene que en Sudamérica la presión sobre los ecosistemas acuáticos

también va en aumento, y se ha visto agravado por la permisibilidad de la legislación existente y la escasez de herramientas de evaluación de la calidad del agua.

Magurran³², la abundancia y distribución del fitoplancton dependen en gran medida de las características geomórficas, hidrológicas (temperatura, luz, turbulencia, tasa de sedimentación del plancton), climática y biótica del cuerpo de agua, por lo que cada ambiente tendrá rasgos específicos correspondientes a los procesos ecológicos locales. Una manera sencilla de estimar las condiciones integrales del ecosistema acuático es conocer el patrón que muestra la diversidad de especies fitoplanctónicas y su distribución espacial y temporal. Generalmente se acepta que la diversidad de especies en una comunidad se puede describir con base en dos parámetros principales: la riqueza de especies y la abundancia relativa correspondiente a los individuos de cada especie, lo cual simplifica el conocimiento del estado integral de la comunidad al reducir a sólo dos factores el análisis estructural de la comunidad.

Wehr³³, el fitoplancton de aguas continentales se desarrolla en ambientes lénticos que incluyen aguas estancadas como lagos, lagunas y embalses; en ambientes lóticos de agua corriente unidireccional, como los manantiales, ríos, arroyos, cascadas y canales. Las condiciones ambientales en los lagos y ríos varían por su tamaño, profundidad, temperatura, luz, transparencia, oxígeno, nutrientes, pH y salinidad. Los ecólogos utilizan el término “aguas interiores” para abarcar la variedad de intervalos en los sistemas acuáticos continentales.

Vaulot³⁴ señala que el fitoplancton generalmente presenta un ciclo anual previsible, aunque algunas especies, como las cianobacterias, pueden proliferar excesivamente y formar “florecimientos”, los cuales llegan a ser potencialmente tóxicos y proporcionar al agua olor y sabor desagradable.

2.3.3. Importancia del fitoplancton

Torrentera³⁵, el conocimiento de fitoplancton es muy importante, ya que permiten la supervivencia y desarrollo de los organismos en cultivo, además factores como la temperatura y la salinidad regulan la concentración y calidad de nutrientes esenciales como son las vitaminas. En este sentido el conocimiento del fitoplancton proporciona la base informativa requerida para el manejo y ordenamiento racional, así como, para el control de la calidad ambiental, la que permite un adecuado conocimiento de la composición, distribución, variación estacional y de la concentración de nutrientes, ya que estos factores, al limitar el

proceso productivo primario, también lo hacen, por consecuencia, con el resto de la trama alimentaria.

Luján³⁶, una de las características más importantes de las algas es su capacidad depuradora del medio ambiente, ya que a través del proceso de fotosíntesis incorporan oxígeno, contribuyendo de esta manera a la oxidación de la materia orgánica, por un lado y por el otro a aumentar el oxígeno disuelto en el agua, el cual será utilizado por las otras comunidades u organismos que componen la flora y fauna del medio acuático donde viven.

2.3.4. Fitoplancton como indicador biológico

La distribución del fitoplancton está determinada por varios factores ambientales, siendo uno de los más importantes la composición química del medio en el que viven. Por ello el fitoplancton es considerado un buen indicador de la calidad ambiental de lagos por su tolerancia y sensibilidad frente al incremento de nutrientes generados por la contaminación antrópica (asociada a nitratos, nitritos y fosfatos, etc.). En este sentido, la medición del fitoplancton en la columna de agua de un lago ayudaría a determinar el estado de sistemas eutróficos. Las comunidades fitoplanctónicas de las aguas continentales, representan los niveles tróficos primarios principales de los ambientes de aguas dulces. Por ello, su estudio no sólo es complementario al de las demás comunidades bióticas de dichos cuerpos de agua, sino que representa una proporción importante de la base trófica del ecosistema.¹⁰

Rout³⁷, señala que las asociaciones de las microalgas son el reflejo de las condiciones ambientales que se manifiestan en su riqueza específica y su distribución.

Jaanus *et al.*,³⁸ el fitoplancton constituye un bioindicador muy promisorio debido a sus ciclos vitales cortos, además de que refleja fluctuaciones ambientales pues responden rápidamente a los cambios que pueden ocurrir en las masas de agua por procesos naturales o antrópicos. Rodríguez³⁹ menciona que, en lagunas tropicales, el fitoplancton presenta una alta diversidad de especies que se relaciona con la estabilidad del ecosistema en su conjunto. Por otra parte, además de constituir un componente trófico importante del medio acuático, debido a que sirve de alimento a numerosas poblaciones de consumidores de distintas dimensiones, desde protozoarios hasta peces y anfibios, el fitoplancton de las aguas continentales tropicales se diferencia de los macrófitos en que la productividad de éstos en parte es aprovechada también de manera directa por consumidores externos al medio acuático.

En general, la determinación de la frecuencia relativa de la comunidad algal en estudios cualitativos durante las épocas del año, es de gran importancia para presentar los cambios en la estructura de la comunidad y conocer, respecto a las especies indicadoras, las condiciones ambientales que pueden dar lugar a la sucesión fitoplanctónica en ecosistemas acuáticos. La composición del fitoplancton varía en función del lugar geográfico, de la estación del año y de la profundidad de recolección. Esta variación natural también puede verse afectada por alteraciones antrópicas del sistema. Por todo esto, la caracterización de dichas poblaciones es particularmente útil como herramienta para establecer la calidad de los sistemas acuáticos.¹⁷

2.3.5. Biología del fitoplancton

Las principales divisiones taxonómicas representadas en el fitoplancton de agua dulce, son las siguientes:

a. Cyanophyta (Cyanobacteria)

Doolittle⁴⁰ manifiesta que antiguamente estas algas eran conocidas como cianofíceas o mixofíceas, esta división taxonómica ha sido reestructurada en base en los estudios de ADN y de microscopía electrónica que han permitido dilucidar gran parte de la filogenia de este grupo, con la consecuente inclusión del grupo dentro de los procariotas y arreglados cerca de otros organismos del grupo Monera. Bold⁴¹, este grupo comparte con las bacterias y las proclorofitas la característica de ser procariotas, es decir, de carecer de membrana nuclear, y por lo tanto tener su material genético en contacto con el protoplasma.

Además, se caracterizan por la posesión de clorofila a, p-caroteno, xantofilas (luteína, mixoxantina, osciloxantina, mixoxantofila, equinenona y biliproteínas (ficocianina y ficoeritrina) que determinan en gran parte la apariencia azul-verdosa que es tan notoria en estos organismos, y que sirvió como rasgo distintivo en la literatura antigua para denominarlas.³⁴

Los organismos de este grupo tienen formas filamentosas, unicelulares o coloniales, en algunos casos en tan grandes cantidades que pueden detectarse macroscópicamente, aunque en el caso del fitoplancton son raras las agrupaciones de grandes dimensiones. Las formas filamentosas fitoplanctónicas generalmente presentan cubiertas gelatinosas y tricomas cuyas células se disponen linealmente, sin ramificarse o con pocas ramificaciones. La reproducción de estos organismos, aunque es principalmente vegetativa, ocurriendo al fragmentarse los tricomas, puede también tener lugar por medio de células

especializadas de pared gruesa denominadas acinetos. Estas células, en condiciones que pueden ser desfavorables para otros organismos dan origen a hormogonios, que son fragmentos incipientes de tricomas ligeramente modificados, por lo regular con movimientos deslizantes. Asimismo, las especies con tricomas o las que son unicelulares, pueden formar también esporas que dan origen a organismos completos y que pueden ser abundantes en el plancton, como ocurre con varias croococáceas (*Microcystis*, *Anacystis*, *Chroococcus*, etc.). Otros tipos de células comunes en las formas filamentosas cianobacterianas son los heterocistes, que cumplen una función principal de fijación de nitrógeno.¹⁰

b. Chlorophyta

Es la división con mayor número de especies, en la que la diversidad de estructuras y funciones representa un auténtico reto para los biólogos, y en especial para los ficólogos. Estructuralmente se presentan formas unicelulares, coloniales (cenobiales o no cenobiales), filamentosas, membranosas, aplanadas o tubulares.⁴⁰

El organelo más conspicuo en estas algas es el cloroplasto, visible al microscopio fotónico con facilidad, pero cuya estructura compleja sólo ha podido ser dilucidada en su totalidad mediante estudios con microscopios electrónicos. Las formas de estos organelos, sin embargo, sigue siendo un criterio válido de importancia taxonómica para distinguir las diferentes especies mediante microscopía de luz, pues su variación incluye formas reticulares, espongiiformes, de copa, asteroidales, axilares, masivas, segmentadas, arrosariadas, etc. La ultraestructura del cloroplasto de estos organismos consiste en un saco de doble membrana, con una matriz que contiene tilacoides, o lámelas fotosintéticas, en los que tiene lugar la fotosíntesis. Existen también estructuras asociadas a plastidios denominados pirenoides, que son sitios especializados en los que se lleva a cabo la formación de almidón. Los pigmentos fotosintéticos presentes en los clorofitos son la clorofila a y b; a, p y carotenos y varias xantofilas y carotenoides secundarios tales como equinenona, cantaxantina, astaceno y dos pigmentos adicionales aún no identificados.³⁶

Entre los clorofitos existe tanto la reproducción sexual como la vegetativa, presentándose casos de isogamia, anisogamia y oogamia. Asimismo, pueden ser dioicas (los gametos femeninos y masculinos proceden de diferentes células) o monoicas (los gametos proceden de la misma célula). La gran mayoría de las especies de esta división se encuentran incluidas entre las volvocales, que son

formas simétricas, generalmente esféricas, cuyas formas alargadas son predominantes, pero entre las que también existen diversas estructuras externas, como espinas, prolongaciones, ondulaciones, etc.¹⁰

c. Euglenophyta

Aunque la mayoría de los organismos que forman este grupo son fotosintéticos, algunas especies pueden ser facultativamente heterotróficas, despigmentadas y fagotróficas, pero en las formas fitoplanctónicas predominan las estrictamente fotosintéticas, entre los que géneros como *Euglena*, *Phacus*, *Trachelomonas*, etc., pueden encontrarse en números considerables.¹⁰

En años recientes, los estudios de microscopía electrónica han permitido dilucidar varias interrogantes acerca de la estructura y fisiología de las especies de este grupo, en especial de aquellas que poseen una lórica, teca o testa (*Trachelomonas*, *Strombomonas*, etc.) y cuya variabilidad llevó a muchos de los primeros investigadores a proponer especies nuevas, que en realidad son formas emparentadas, variedades o morfos modificados ante determinadas condiciones ambientales. Por otra parte, los estudios de ADN ribosomal y otras determinaciones genéticas han llevado a los modernos investigadores a reestructurar el arreglo taxonómico de muchos taxa, con la consecuente aparición de nuevos nombres, algunos de los cuales no han sido aún aceptados por unanimidad entre los ficólogos. Los euglenofitos poseen clorofilas a y b, β -caroteno, neoxantina, astaxantina, anteraxantina y equinenona, como pigmentos metabólicos principales.¹³

Aunque la morfología celular de estos organismos es muy variada y compleja, el género *Euglena* ha servido durante mucho tiempo para ejemplificar las principales estructuras celulares del grupo.³³

d. Chrysophyta

En la literatura antigua se les conocía como algas doradas, por la distintiva coloración que producen los cromatóforos, mismos que poseen clorofila a, β -caroteno, luteína, fucoxantina, diatoxantina y diadinoxantina como pigmentos fotosintéticos. Las formas más comunes de esta división son las unicelulares, pero también existen algunas coloniales y raramente filamentosas; pero entre las unicelulares la presencia de flagelos es variable. Más conspicua es la formación de cubiertas compuestas por placas o láminas finas, tanto silíceas como calcáreas, aunque también es común la existencia de células que carecen de dichas envolturas protectoras y sólo poseen membrana citoplásmica delgada. La reproducción vegetativa es muy común entre estas algas, e implica generalmente

la división longitudinal de la célula, especialmente entre los organismos unicelulares móviles; aunque también existe la reproducción sexual isogámica, de menor frecuencia entre las distintas especies que conforman esta división.¹⁰

e. Bacillariophyta

Las diatomeas son un grupo de microalgas unicelulares pertenecientes a la Clase Bacillariophyceae. El tamaño de estas algas va desde menos de 10 micras de longitud hasta 1 mm de diámetro para las especies mayores, e incluso dentro de una misma especie la diferencia de tamaños puede alcanzar hasta unas treinta veces más su tamaño normal, como resultado de un característico método de reproducción. Son estrictamente autótrofas, presentan pigmentos fotosintéticos como la clorofila a y c y betacarotenos. Una característica especial de este tipo de algas es que se encuentran rodeadas por una pared celular única, hecha de sílice (dióxido de silicio hidratado) llamada frústula y que se pueden encontrar solitarias o conformando cadenas. La taxonomía de este grupo se basa en dos aspectos principales: la simetría y las características de su pared celular y constituyen el grupo más importante del fitoplancton debido a que contribuyen con cerca del 90% de la productividad de los sistemas acuícolas. Estas microalgas predominan por sobre otros grupos fitoplanctónicos debido a que se ven especialmente favorecidas por los eventos de turgencia y se encuentran en todas las aguas, debido a la elevada disponibilidad de compuestos inorgánicos (silicatos, nitratos y fosfatos) que estimulan su desarrollo.⁴²

Werner⁴³ señala que gran número de diatomeas mueren como consecuencia de los cambios estacionales, como por ejemplo aquellos que provocan el empobrecimiento local del material nutritivo, alteraciones medioambientales, su transporte por movimientos verticales del agua o bien al encontrarse localizadas por debajo de la zona eufótica, etc. El resultado de estas incidencias lleva a una acumulación de diatomeas muertas y de sus frústula en el fondo del mar y ello a su vez provoca que en determinadas zonas constituyan el principal componente del fango marino. La mayoría de las diatomeas acumulan aceites o ácidos grasos en vez de azúcares como producto final de la fotosíntesis, por lo que bajo condiciones excepcionales un crecimiento particularmente de diatomeas puede producir suficiente aceite como para llegar a formar una capa oleosa en la superficie del mar de varias millas de extensión.

f. Pyrrophytas (Dinoflagelados)

Tomas⁴⁴, los dinoflagelados son organismos unicelulares, los cuales corresponden a un grupo del fitoplancton marino de carácter cosmopolita. Se

distribuyen en función de la temperatura, salinidad y profundidad, y sus características morfológicas y requerimientos nutritivos los hacen exitosos desde el punto de vista reproductivo, donde la estabilidad en la columna de agua es mayor y la concentración de nutrientes más baja.

Los dinoflagelados fluctúan entre diversos tamaños, por lo que se les ubica dentro del microplancton, y pueden ser divididos en dos grandes grupos diferenciados por la presencia o ausencia de placas de naturaleza celulósica en su pared celular o anfiesma. De acuerdo a esta característica se les denomina tecados o atecados, respectivamente. Presentan cloroplastos en forma de discos o varillas con clorofilas a y c y algunas xantofilas específicas como la peridinina. Por tanto, las distintas combinaciones de pigmentos les proporcionan una coloración amarilla, pardo amarillenta, parda, verde azul, etc. Dentro de este grupo los representantes más comunes son los Gymnodiniales (dinoflagelados desnudos o desprovistos de caparazón) y los Peridinales (dinoflagelados con el cuerpo recubierto por un caparazón).⁴⁰

2.3.6. Alimentación

Romo⁴⁵ afirma que, por lo general, las microalgas son organismos fotosintetizadores y son considerados como los productores primarios de biomoléculas sintetizadas a partir de la transformación de la energía luminosa a energía química. No obstante, no todas las especies de microalgas son fotoautotróficas.

2.3.7. Reproducción

Prieto⁴⁶, la multiplicación de las microalgas ocurre generalmente por reproducción asexual (simple división celular). En este tipo de reproducción la microalgas crecen acumulando abundante materia orgánica y cuando ha logrado duplicar su material, se divide en dos microalgas más pequeñas que contiene, cada una, la misma información genética para efectuar de nuevo el ciclo.

Hutchinson⁴⁷, en condiciones de cultivo, la reproducción de las microalgas se lleva a cabo mediante mitosis y su crecimiento puede ser limitado por los niveles de nutrientes inorgánicos, así como por la deficiente manipulación en las unidades de cultivos.

Los ciclos de vida de las microalgas son cortos, por tanto, pueden desarrollar la formación de esporas de resistencia o de células de reposo para sobrevivir en situaciones desfavorables.⁴⁶

2.3.8. Características Adaptativas

Los grupos que conforman a las microalgas presentan individuos con notables similitudes morfológicas como respuesta adaptativa al medio físico en el que habitan. Las características adaptativas que presentan las microalgas están relacionadas con la resistencia al hundimiento y con la habilidad para absorber rápidamente nutrientes cuando estos se encuentran disponibles o para acumularlos intracelularmente cuando escasean. Por ello, a fin de mantenerse en la capa iluminada de las aguas naturales, sólo las formas más pequeñas tienden a ser redondeadas y las medianas y grandes muestran algún grado de alargamiento o poseen apéndices, prolongaciones, cuernos, espinas y otras estructuras que aumenta tanto la fricción con el agua como la relación superficie/volumen para la absorción de nutrientes.⁴⁶

2.3.9. Abundancia

El papel de los nutrientes inorgánicos para el crecimiento de las poblaciones fitoplanctónicas es un tema largamente estudiado por los investigadores, en especial los elementos fósforo y nitrógeno.⁴⁷

Encontrándose que su relación se da siempre sujeta al denominado concepto de nutrientes limitantes, lo cual ha sido confirmado en numerosas ocasiones en casos de eutrofización cultural en diversas partes del mundo Sin embargo, no es generalizable suponer el aumento poblacional directo de todas las especies del fitoplancton a causa de un aumento de nutrientes inorgánico, ya que deben considerarse otros aspectos ecológicos, tales como los requerimientos de nutrientes orgánicos, el papel de la competencia y la depredación, etc.

La cuantificación del número de organismos fitoplanctónicos generalmente se reporta en relación a un volumen (frecuentemente en mililitros), pero en las aguas dulces su variación puede ser muy grande, hasta de 200 000 células por mililitro en lagunas sumamente eutróficas o en aguas superficiales dominadas por dinoflagelados.²

De forma general, pueden aceptarse los siguientes límites numéricos del fitoplancton de agua dulce: lagos oligotróficos 10-100 células por mL lagos eutróficos 100 - 1000 células por mL aguas eutróficas y cultivos 1000 - 1000 000 células por mL cultivos en condiciones especiales 1000 000 - 100 000 000 células por mL.²

III. MATERIALES Y METODOS:

3.1. Ubicación de la zona de estudio

La investigación se llevó a cabo en un cuerpo de agua del sistema lentic "laguna Pumacocha", se encuentra ubicada al noreste de Ayacucho; distrito de Vischongo, a una altitud media de 3308 msnm.

3.1.1. Ubicación política:

Departamento : Ayacucho
Provincia : Vilcas Huamán
Distrito : Vischongo
Centro Poblado : Pumacocha

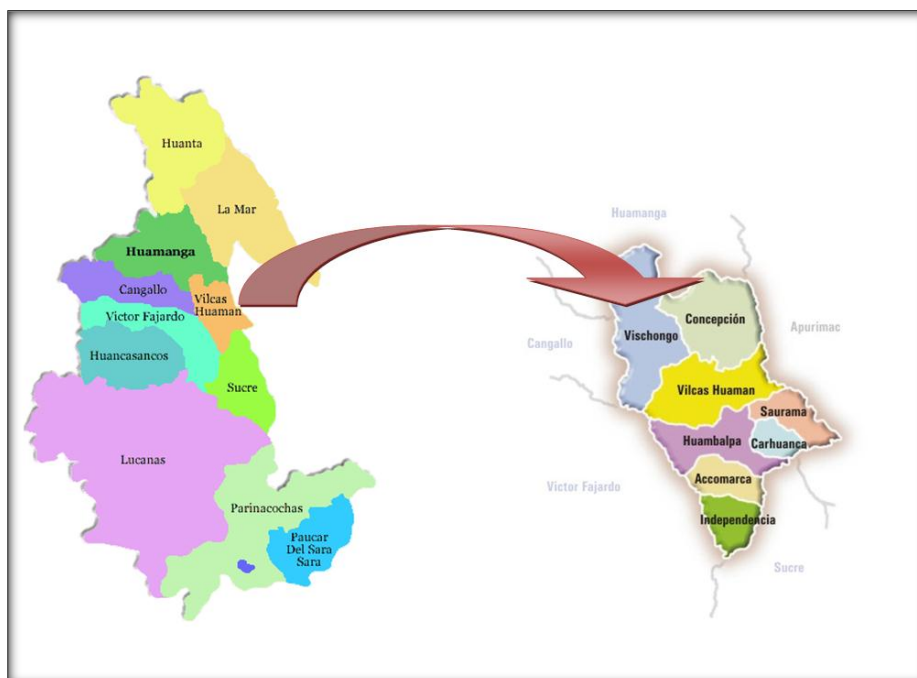


Figura 1. Mapa de ubicación política de la laguna Pumacocha

3.1.2. Ubicación geográfica:

La laguna Pumacocha se encuentra en el distrito de Vischongo, que se encuentra ubicado en la provincia de Vilcashuamán de la región de Ayacucho. Las coordenadas de ubicación de la Laguna Pumacocha son:

Latitud : 8496278.05 m

Longitud : 606816.96 m

3.2. Características de la zona de estudio.

3.2.1. Clima

El clima en Vischongo es cálido y templado. En invierno hay menos lluvia que en verano. El clima aquí es clasificado como Cwb por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura media anual en Vischongo se encuentra a 12.6 °C. Hay alrededor de precipitaciones de 791 mm.

El mes más seco es junio, con 6 mm. 171 mm, mientras que la caída media en febrero. El mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año.

La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 165 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 3.3 °C.⁷¹

3.2.2. Zona de vida:

El PDC del distrito de Vischongo al 2020, emplea la clasificación de Zonas de Vida propuesto por el Dr. Leslie R. Holdridge, y clasifica la zona de vida como un bosque húmedo montano subtropical.⁷¹

a. Bosque húmedo – Montano Subtropical (bh – MS)

Esta unidad se distribuye entre los 1500 hasta los 3600 msnm., Posee un clima subhúmedo; con una temperatura que varía entre 12 °C y 17 °C, con una precipitación promedio anual de 800 a 850 mm. La cobertura vegetal es de matorrales de comunidades arbustivas de ambientes desde secos hasta húmedos. Especies representativas identificadas corresponden: Especies de los géneros, *Berberis*, *Baccharis dunalia* que conforman pequeños bosquetes heterogéneos. En zonas intervenidas aparecen el “sauco” (*Sambucus peruviana*), “mutuy” (*Senna birostris*). El “tarwi” (*Lupinus mutabilis.*), la “cantuta” (*Cantua buxifolia*) es una especie indicadora de esta zona de vida.⁷¹

3.2.3. Fauna acuática

A pesar de no contar con una evaluación de la fauna específica para el distrito de Vischongo, se logró observar la distribución de algunas especies de fauna como aves residentes y migratorias; en función a diversos factores como la competencia interespecífica, la depredación, selección de hábitats, y sobre todo la

disponibilidad de alimento. Entre las especies de avifauna se pudieron distinguir: “huachua o huallata” *Chloephaga melanoptera*, “pato puna” *Anas puna*, “yanavico andino” *Plegadis ridwayi*, “garza” *Ardea alba*, “pato cordillerano” *Anas flavirostris*.

3.2.4. Flora acuática

La flora acuática hallada corresponde a la macrófitas acuáticas como la *Elodea canadensis* “elodea”, *Ceratophyllum sp* “cola de zorro” y “totorales” *Typha angustifolia* que se caracterizan por albergar una importante diversidad de vida silvestre.

3.3. Puntos de muestreo.

El área de estudio estuvo comprendida por la Laguna de Pumacocha, en la que se establecieron cinco estaciones de muestreo considerando las características de la superficie, la morfología de la masa de agua y la accesibilidad a los sitios (Anexo 5). Las estaciones determinadas se encuentran ubicadas en las siguientes coordenadas proyectadas - UTM. (Tabla 1)

Tabla 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en la laguna Pumacocha 2014.

Estaciones de colecta	Longitud Este (m)	latitud Norte (m)
E1	606898.49	8496735.57
E2	606796.94	8496640.26
E3	606721.97	8496441.11
E4	606808.43	8496171.94
E5	606821.64	8495907.76

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La comunidad fitoplanctónica y el agua de la laguna Pumacocha del Distrito de Vischongo, provincia de Vilcas Huamán, departamento de Ayacucho durante los meses de Julio a Diciembre del 2014.

3.4.2. Muestra

Se tomaron 120 muestras de agua de la laguna Pumacocha durante los seis meses de estudio, 60 muestras de agua por cada estación climática; por cada salida se obtuvo diez muestras de 200 ml de agua (cinco muestras de agua superficial y cinco de un metro de profundidad).

3.5. Metodología:

3.5.1. Toma de muestra del agua a un metro de profundidad

Se sumergió la botella Van Dorn (5 L) hasta un metro de profundidad, luego se envió el mensajero para cerrar la columna de agua e izar la botella. En un frasco,

se vertió 200 – 300ml de agua de la botella y añadió 2 ml del preservante (lugol), tornándose de color amarillento. Luego se etiquetó y cerró para su traslado al laboratorio e identificación y análisis.

Previamente a la toma de la muestra se efectuó la medición de la temperatura y los factores químicos.

3.5.2. Toma de muestra del agua superficial

Se extrajo muestra del agua superficial con un recipiente, se vertió 200 – 300ml de agua de la botella y añadió 2 ml del preservante (lugol). Luego se etiquetó y cerró para su traslado al laboratorio e identificación y análisis.

3.5.3. Análisis físico químico

Los análisis se realizaron utilizando el equipo de análisis portátil para acuicultura marca HACH.

a. Medición de la temperatura del agua superficial

Se procedió a sumergir el termómetro de tal manera que el bulbo de mercurio quedó sumergido 15 cm en el agua, esperando 3 a 5 minutos y se procedió a efectuar la lectura para la temperatura del agua.

Al efectuar las lecturas se tuvo en consideración: Evitar la incidencia del sol directa y la influencia del calor desprendido por el operador.

b. Medición de la temperatura del agua a un metro de profundidad

Se instaló y bajó el termómetro digital hasta 1m de profundidad, luego se midió la temperatura de esa profundidad.

c. Determinación del pH

Se enjuagó bien un tubo de visión y se colocó 5 ml de la muestra, se añadió 6 gotas de la solución indicadora de pH y se agitó para mezclar. Se procedió a insertar el tubo en el comparador de color hasta observar una coincidencia de color.

d. Determinación del anhídrido carbónico

Se llenó el tubo de medición con la muestra y se vertió el contenido en una botella. Se añadió una gota de Solución indicadora fenolftaleína. Luego se procedió a titular con la Solución de hidróxido de sodio una gota a la vez. Contando cada gota, agitando la botella después de cada gota hasta que la solución vire a un color rosa claro.

e. Determinación del oxígeno disuelto

Se sumergió la botella de vidrio en el agua dejando que se llene hasta la parte superior, inclinando ligeramente la botella para evitar las burbujas de aire se retiró

con cuidado el tapón de la botella y se añadió el contenido del reactivo en polvo de oxígeno disuelto 1, y otro del reactivo en polvo de oxígeno disuelto 2. Se tapó el frasco firmemente para evitar que quede aire atrapado y se agitó vigorosamente, y se dejó sedimentar al precipitado que se formó. Luego se procedió a añadir el reactivo en polvo de oxígeno disuelto 3. Se obtuvo un color amarillo y se vertió el contenido a una botella y se añadió gota a gota la solución de tiosulfato de sodio Estándar. Removiéndola después de cada gota, hasta que la muestra cambió de amarilla a incolora.

f. Determinación de la alcalinidad

Se llenó un tubo de medición con la muestra y se vertió el contenido en un frasco. Se añadió una gota de Solución indicador de fenolftaleína y se agitó para mezclar. Se procedió a añadir el contenido del indicador en polvo Bromocresol Green-Methyl Red, se mezcló y adicionó Solución estándar de ácido Sulfúrico una gota a la vez. Contando cada gota. Mezclando después de cada gota hasta que la muestra cambió de verde - azul al rosa.

g. Determinación de la dureza

Se llenó un tubo de medición con la muestra y se vertió el contenido en un frasco. Se añadió tres gotas de solución Buffer 1 y luego se añadió una o dos gotas de solución de dureza 2. Después de mezclar se agregó el reactivo de dureza 3, una gota a la vez. Agitándolo hasta que se observó el cambio de color de la solución de rosa a azul.

h. Determinación de nitratos

Se toman 5 ml de muestra y se añadió el contenido en polvo de NitriVer® * 3 se agitó para mezclar. Se procedió a insertar el tubo en el comparador de color hasta observar una coincidencia de color.

3.5.4. Identificación del fitoplancton

Las muestras de agua conteniendo las especies de fitoplancton se identificaron en el laboratorio de Ecología y Control Ambiental, del Área de Ecología y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga con ayuda de las claves taxonómicas como el de Prescott⁴⁸; Fernández⁴⁹; Whitford y Schumacher⁵⁰; Cornelius⁵¹, Bellinger y Sigeo⁵², Krammer y Lange⁵³; Huynh y Serediak⁵⁴; Janse y Gerber⁵⁵; Lopéz y Navarro⁵⁶.

El análisis cuantitativo se realizó con el uso de la cámara de Sedgwick Rafter de 50 mm por 20 mm de lado y 1 mm de profundidad, con una capacidad de 1 ml para la muestra.⁵⁷

3.5.5. Análisis estadístico

Los datos colectados fueron empleados para la construcción de una matriz, utilizando el software de Excel presentándose los datos descriptivos de tendencia lineal y de dispersión en tablas y figuras. Con la finalidad de detectar posibles diferencias entre los meses de estudio, profundidades de muestreo, temperatura y pH se empleó el análisis de varianza (ANOVA) con una confianza del 95%.

IV. RESULTADOS

Tabla 2. Composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera 2014.

DIVISIÓN/ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	N°Org/ml
DIVISIÓN BACILLARIOPHYTA				
Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia	<i>Nitzschia sigmoidea</i>	37
			<i>Nitzschia sp</i>	4
Cymbellales	Cymbellaceae	Cymbella	<i>Cymbella sp</i>	8
	Gomphonemataceae	Gomphonema	<i>Gomphonema acuminatum</i>	10
Tabellariales	Tabellariaceae	Asterionella	<i>Asterionella formosa</i>	474
	Stauroneidaceae	Stauroneis	<i>Stauroneis sp</i>	6
	Fragilareaceae	Fragilaria	<i>Fragilaria sp</i>	6
	Fragilareaceae	Synedra	<i>Synedra ulna</i>	11
Naviculales	Tabellariaceae	Tabellaria	<i>Tabellaria flocculosa</i>	2
	naviculaceae	Navicula	<i>Navicula sp</i>	16
	Pinnulariaceae	Pinnularia	<i>Pinnularia sp</i>	10
Melosirales	Amphipleuraceae	Frustulia	<i>Frustulia sp</i>	2
			<i>Frustulia sp</i>	2
Melosirales	Melosiraceae	Melosira	<i>Melosira sp</i>	3
Rhopalodiales	Ephitemiaceae	Ephitemia	<i>Ephitemia sp</i>	7
Naviculales	Pleurosigmataceae	Pleurosigma	<i>Pleurosigma sp</i>	1
Pennales	Naviculaceae	Gyrosigma	<i>Gyrosigma sp</i>	2
DIVISIÓN CHLOROPHYTA				
Sphaeropleales	Hydrodictyceae	Pediastrum	<i>Pediastrum duplex</i>	9
	Hydrodictyceae	Pediastrum	<i>Pediastrum tetras</i>	4
	Selanastraceae	Ankistrodesmus	<i>Ankistrodesmus sp</i>	17
	Selanastraceae	Selanastrum	<i>selanastrum sp</i>	13
	Selanastraceae	Monoraphidium	<i>Monoraphidium sp</i>	4
	Scenedesmaceae	Scenedesmus	<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	5
	Scenedesmaceae	Scenedesmus	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	22
Chlorellales	Neochloridaceae	Golenkinia	<i>Golenkinia radiata</i>	5
			<i>Golenkinia radiata</i>	5
Trebouxiophyceae ordo incertae sedis	Oocystaceae	Oocystis	<i>Oocystis sp</i>	10
			<i>Oocystis sp</i>	10
Desmidiiales	Trebouxiophyceae	Crucigenia	<i>Crucigenia fenestrata</i>	3
	Trebouxiophyceae	Crucigenia	<i>Crucigenia quadrata</i>	15
	Closteriaceae	Closterium	<i>Closterium sp</i>	6
Zygnematales	Desmidiaceae	Cosmarium	<i>Cosmarium sp</i>	5
	Desmidiaceae	Spondylosium	<i>Spondylosium sp</i>	1
Zygnematales	Zygnemataceae	Spirogyra	<i>spirogyra sp</i>	2
	Zygnemataceae	Mougeotia	<i>Mougeotia sp</i>	8
DIVISIÓN CHRYSOPHYTA				
Synurales	Mallomonadaceae	Mallomonas	<i>Mallomona caudata</i>	69
Chromulinales	Dynobryonaceae	Dinobryon	<i>Dinobryon sp</i>	15
DIVISIÓN CIANOPHYTA				
Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria	<i>Oscillatoria sp</i>	11
Chroococcales	Spirulinaceae	Spirulina	<i>Spirulina sp</i>	5
DIVISIÓN PYRRROPHYTA				
Peridinales	Perinidiaceae	Peridinium	<i>Peridinium inconspicuum</i>	19
DIVISIÓN EUGLENOPHYTA				
Euglenales	Euglenaceae	Euglena	<i>Euglena sp</i>	13
		Phacus	<i>Phacus longicauda</i>	12
		Phacus	<i>Phacus sp</i>	2
		Trachelomonas	<i>Trachelomonas volvocina</i>	249
			<i>Trachelomonas hispida</i>	2

Tabla 3. Valores promedios de las características fisicoquímicas de las aguas de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante invierno y primavera - 2014.

Características fisicoquímicas	Invierno	Primavera
pH	7.5	7.5
Oxígeno Disuelto (mg/L)	6.3	7
Dureza (mg/L)	55	82
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	70	70
Nitrógeno Amoniacal (mg/L NH ₃)	0.002	0.001
CO ₂ (mg/L)	10	10
Cloruro (mg/L)	0.0	0.0
Temperatura Agua (°C)	15	11.5
Nitrito (mg/L)	0.0	0.0
Nitrato (mg/L)	0.0	0.0
Fosfato (mg/L)	0.0	0.0
Transparencia (m)	1.0	1.0
Profundidad (m)	1.5	1.5

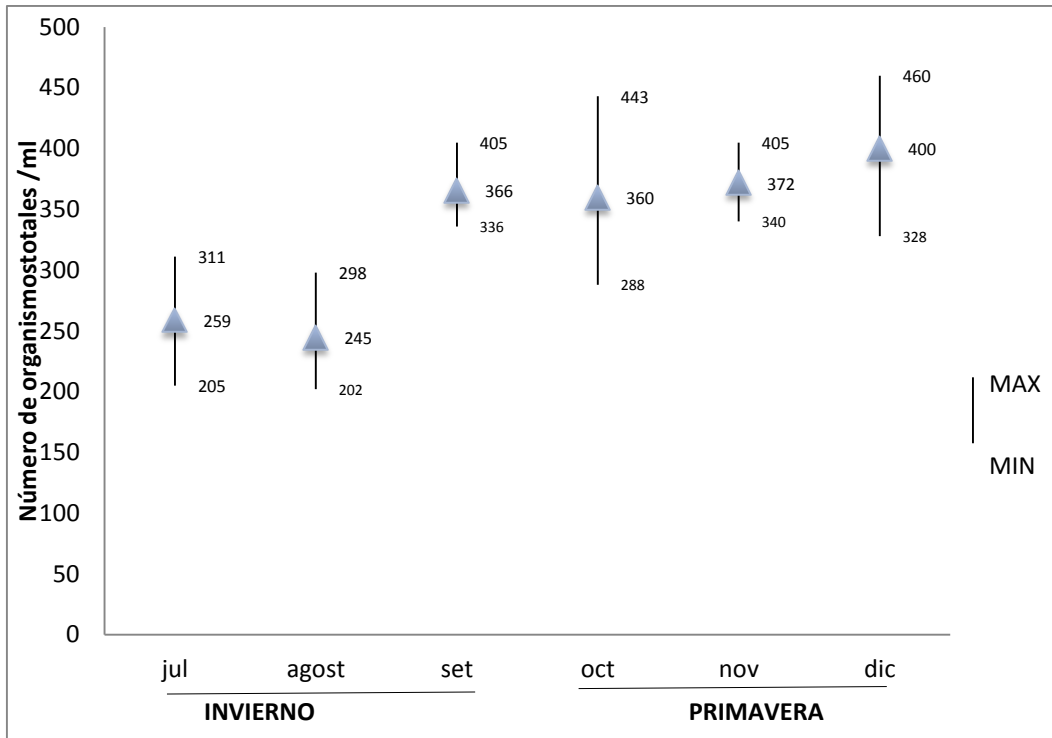


Figura 2. Valores medios, máximos y mínimos del número total de organismos fitoplanctónicos de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera – 2014.

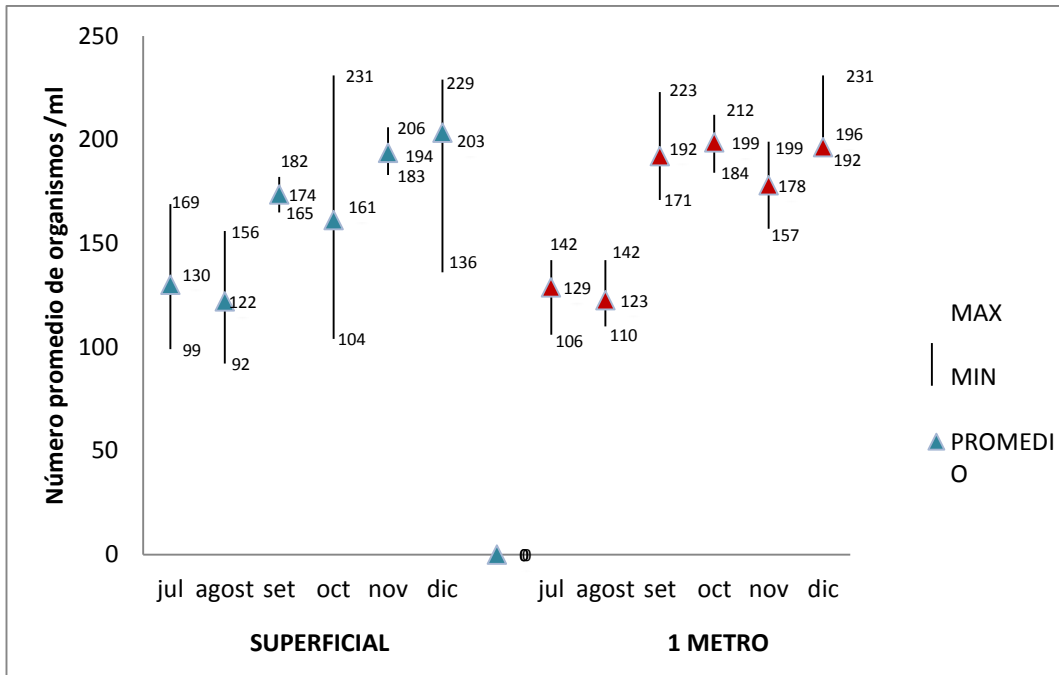


Figura 3. Valores medios, máximos y mínimos del número de organismos fitoplanctónicos en relación a la profundidad de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera – 2014.

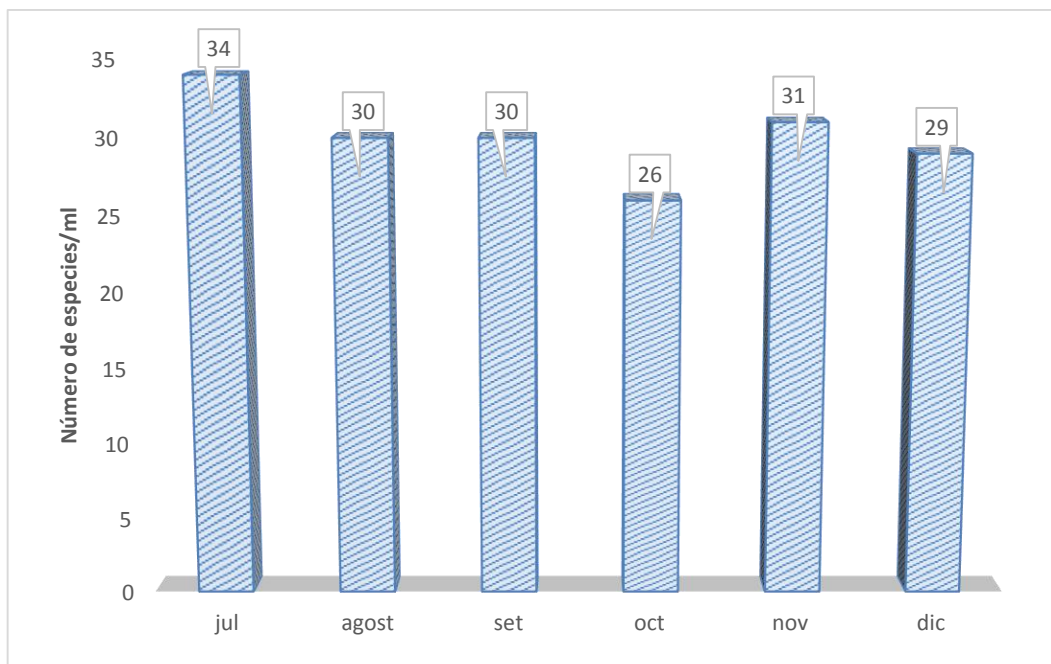


Figura 4. Número de especies fitoplanctónicas de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo por mes durante las estaciones de invierno y primavera – 2014.

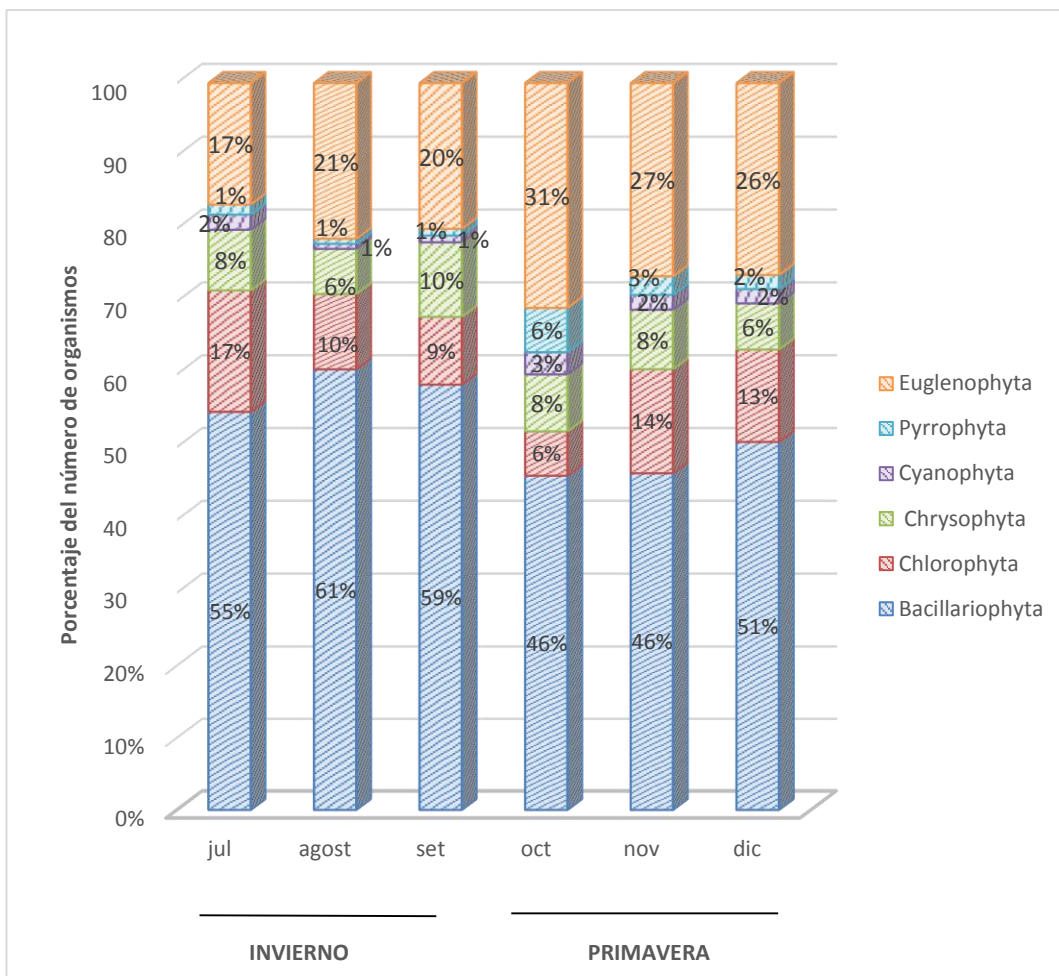


Figura 5. Porcentaje del número de organismos fitoplanctónicos por división presentes a un metro de profundidad de la Laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera - 2014.

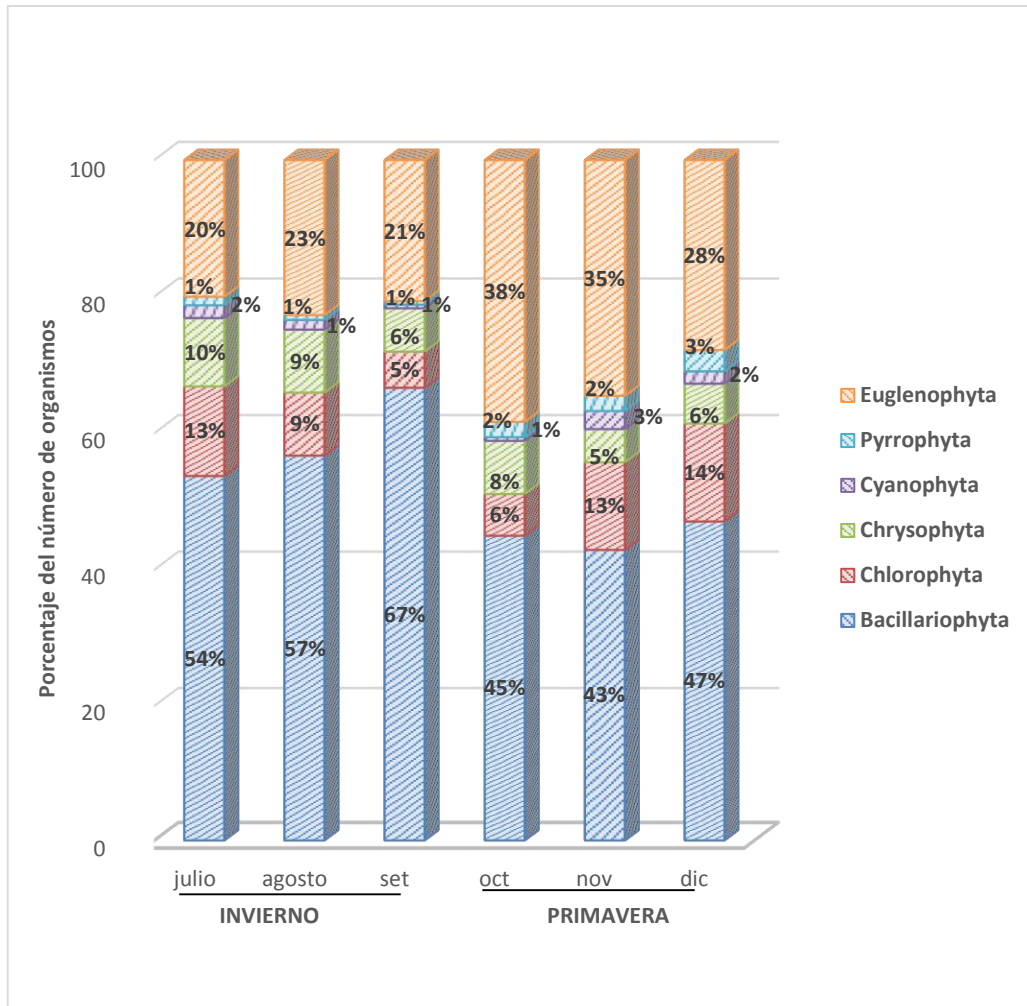


Figura 6. Porcentaje del número de organismos fitoplanctónicos por división presente en la parte superficial de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera - 2014

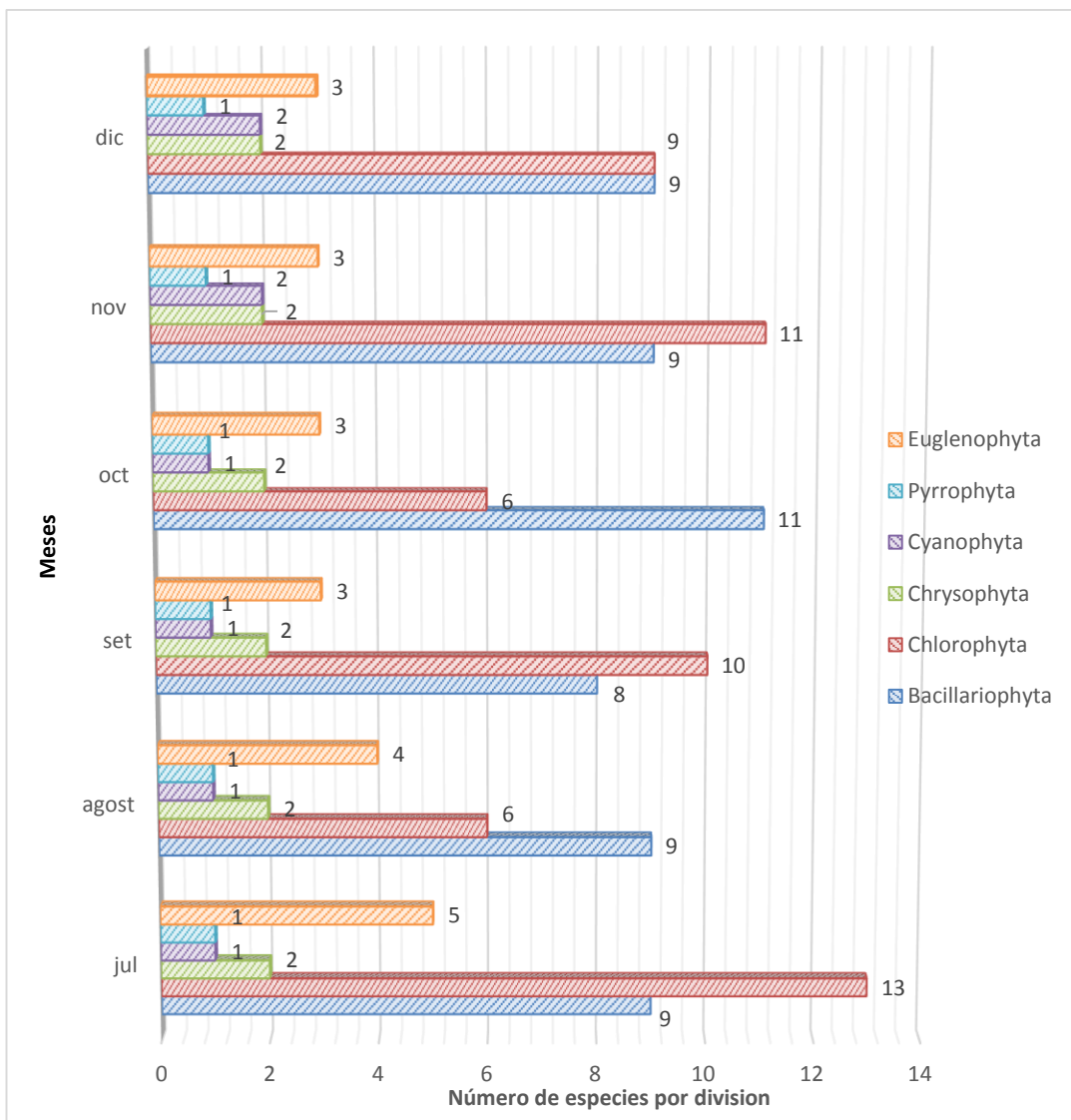


Figura 7. Número de especies por división encontrados a 1 metro de profundidad de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera – 2014

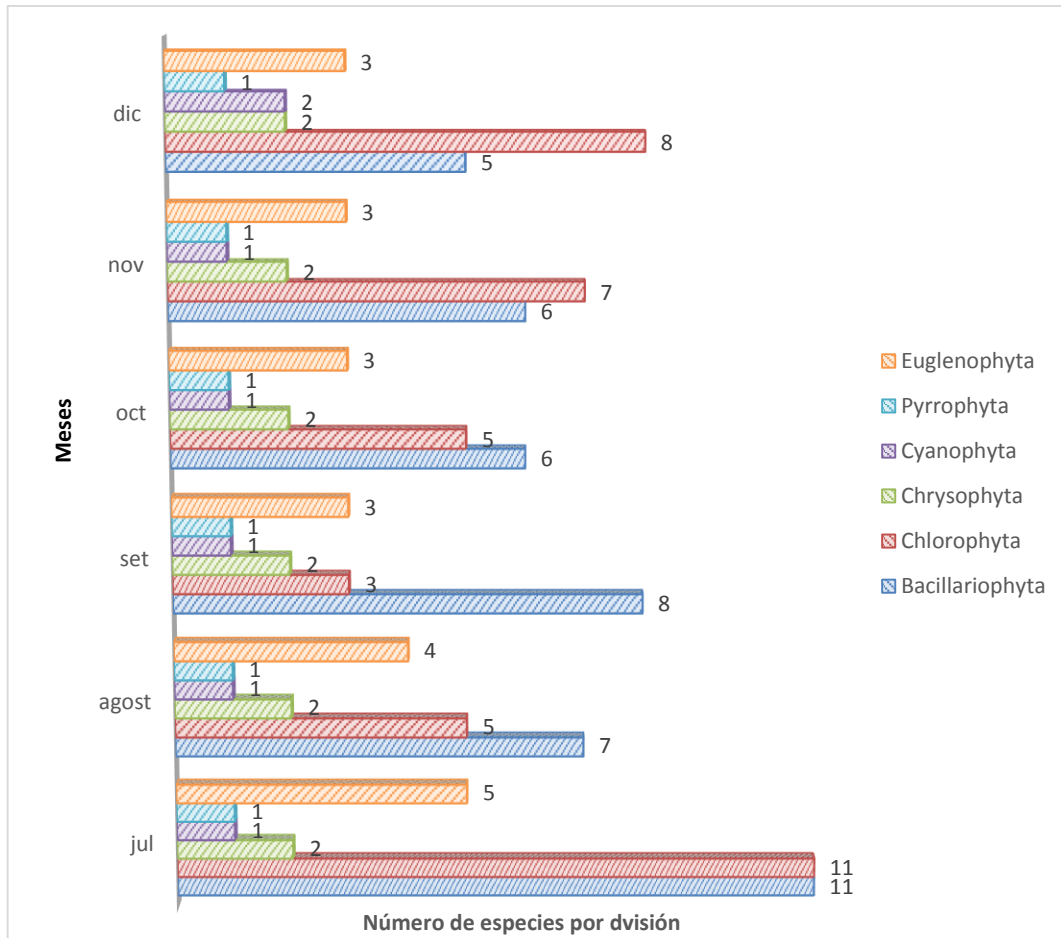


Figura 8. Número de especies por división encontrados en la superficie de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera – 2014.

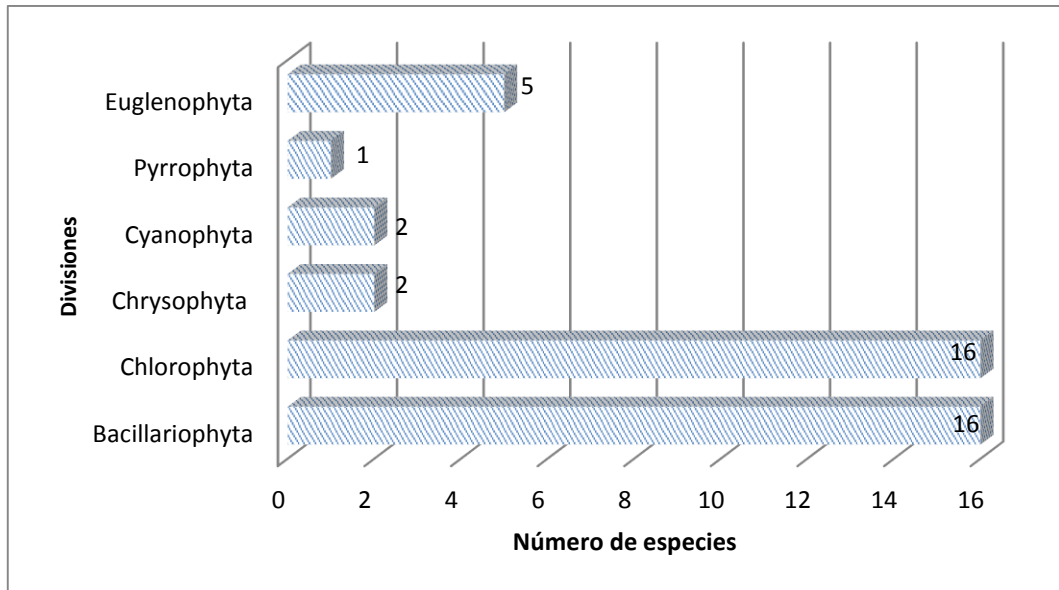


Figura 9. Número de especies por división encontrados en la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera – 2014

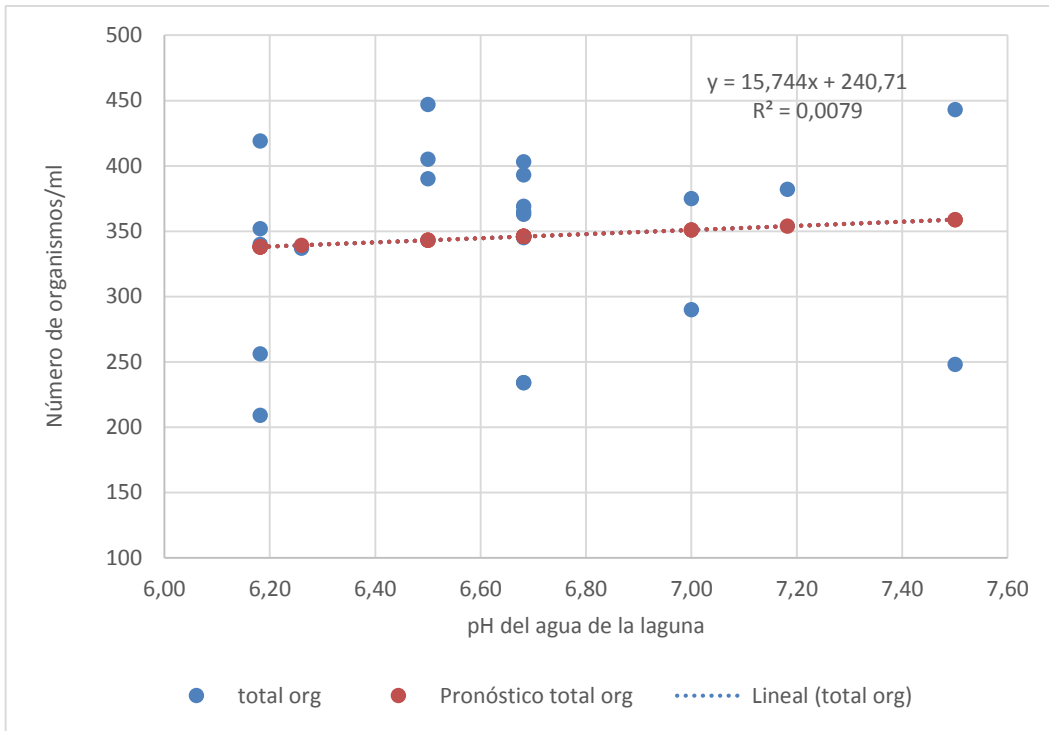


Figura 10. Tendencia de regresión lineal entre el pH y el número de organismos fitoplanctónicos de la laguna de Pumacocha del distrito de Vischongo - 2014.

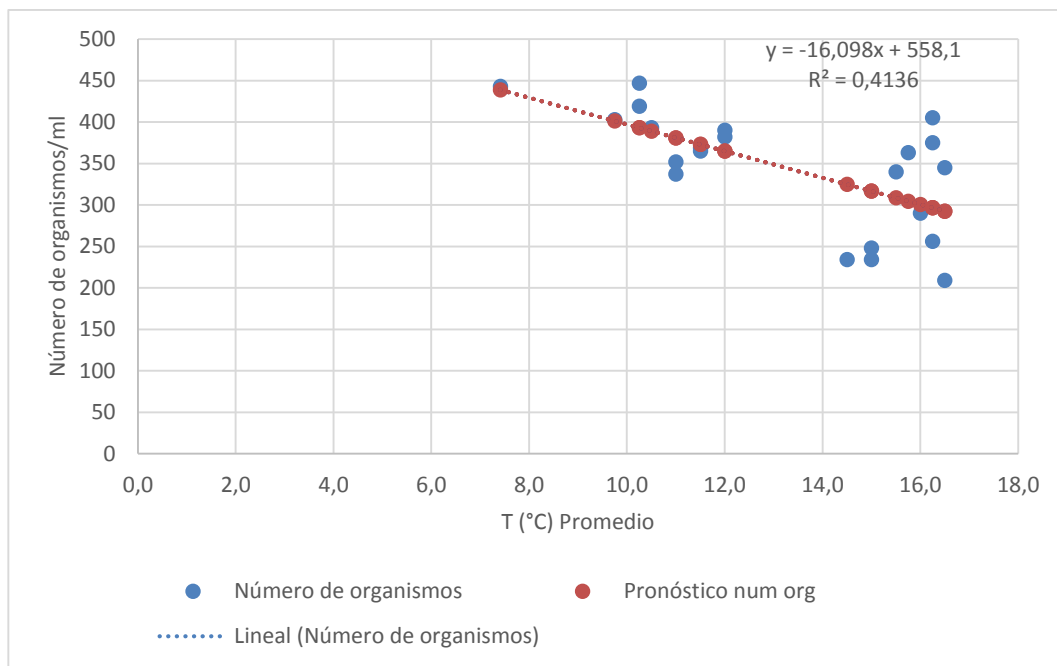
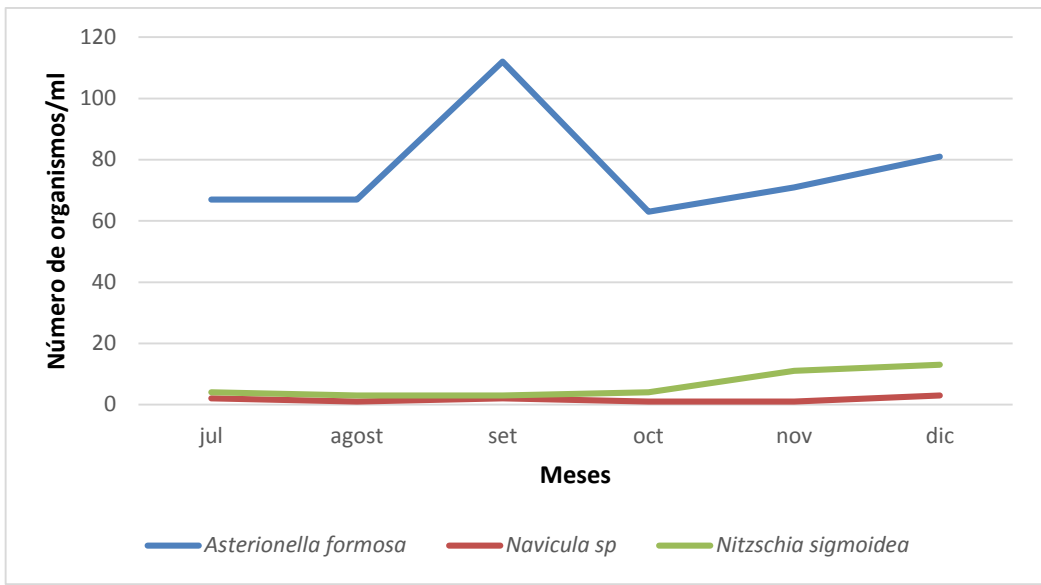
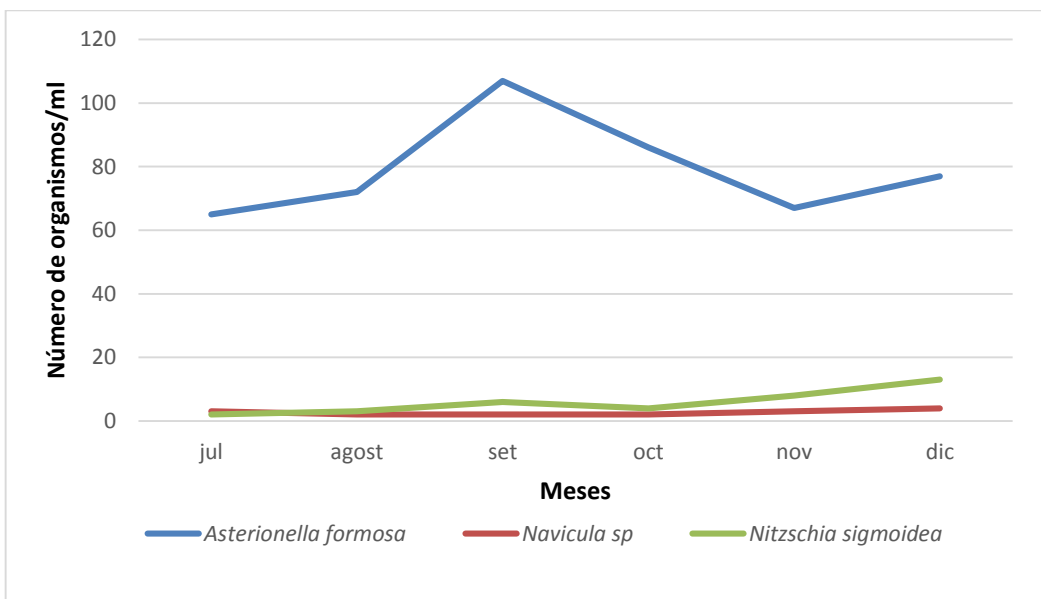


Figura 11. Tendencia de regresión lineal entre la temperatura y el número de organismos fitoplanctónicos de la laguna de Pumacocha del distrito de Vischongo - 2014.



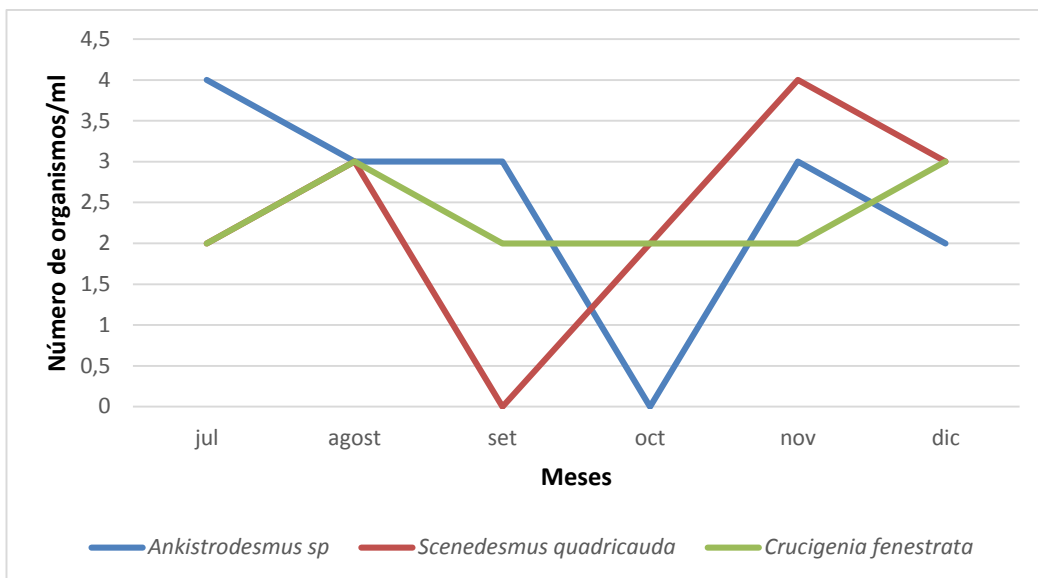
a)



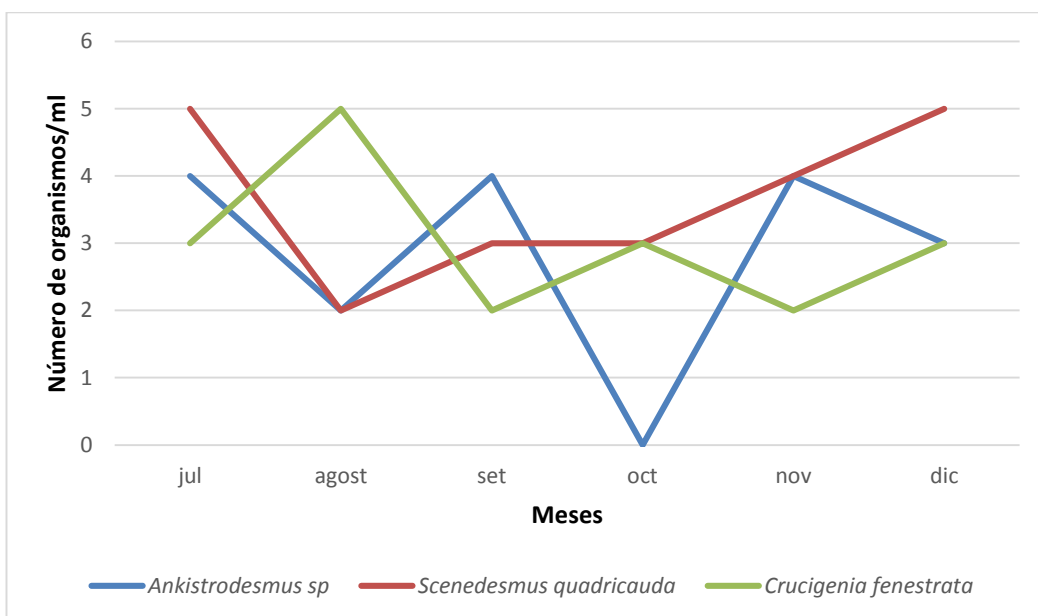
b)

Figura 12. Variación mensual del número de organismos fitoplanctónicos por mililitro de la división Bacillariophytas en la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante invierno y primavera - 2014.

a) Superficial; b) A 1 metro de profundidad



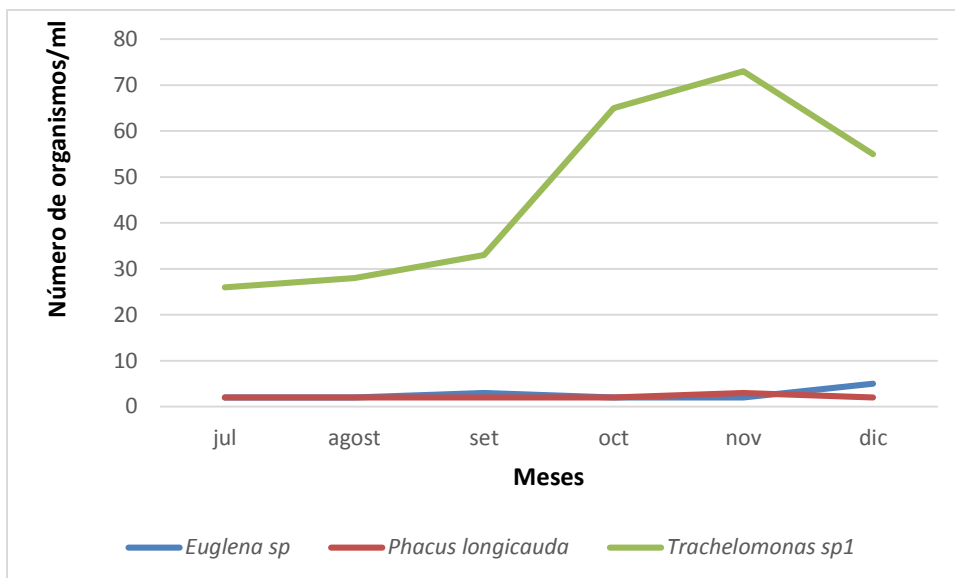
a)



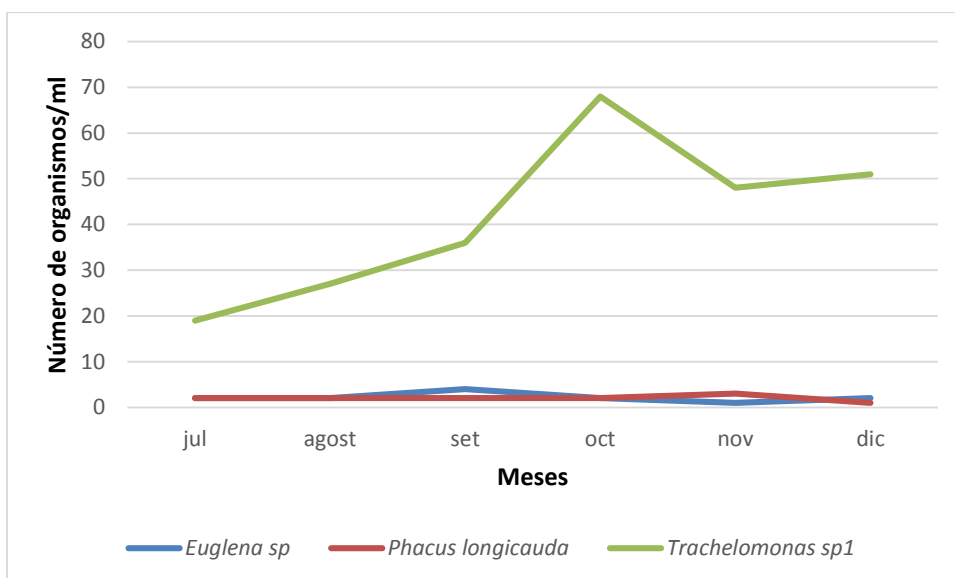
b)

Figura 13. Variación mensual del número de organismos fitoplanctónicos por mililitro de la división Chlorophyta en la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante invierno y primavera - 2014.

a) Superficial; b) A 1 metro de profundidad



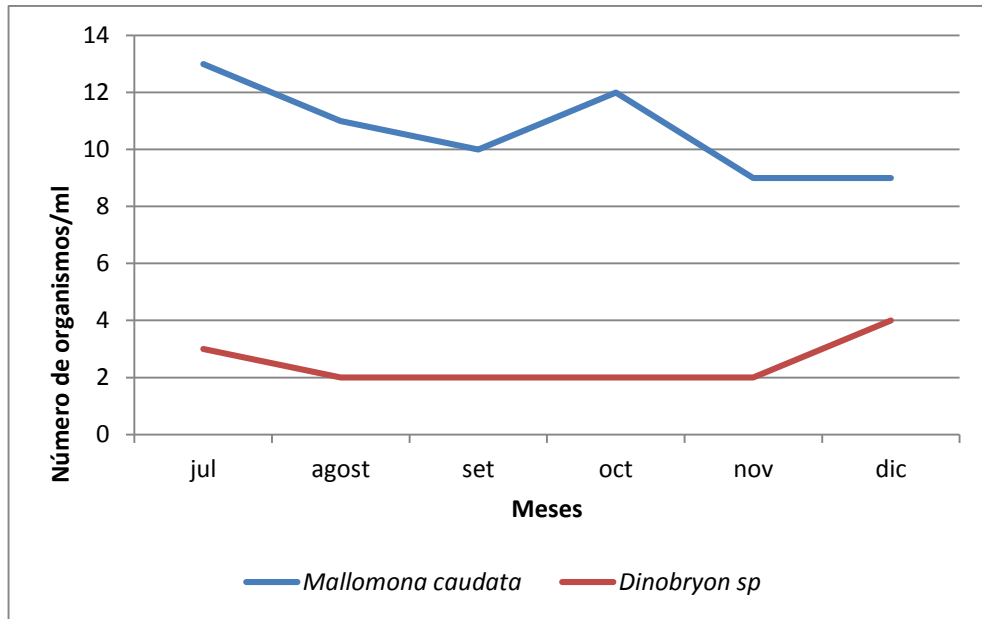
a)



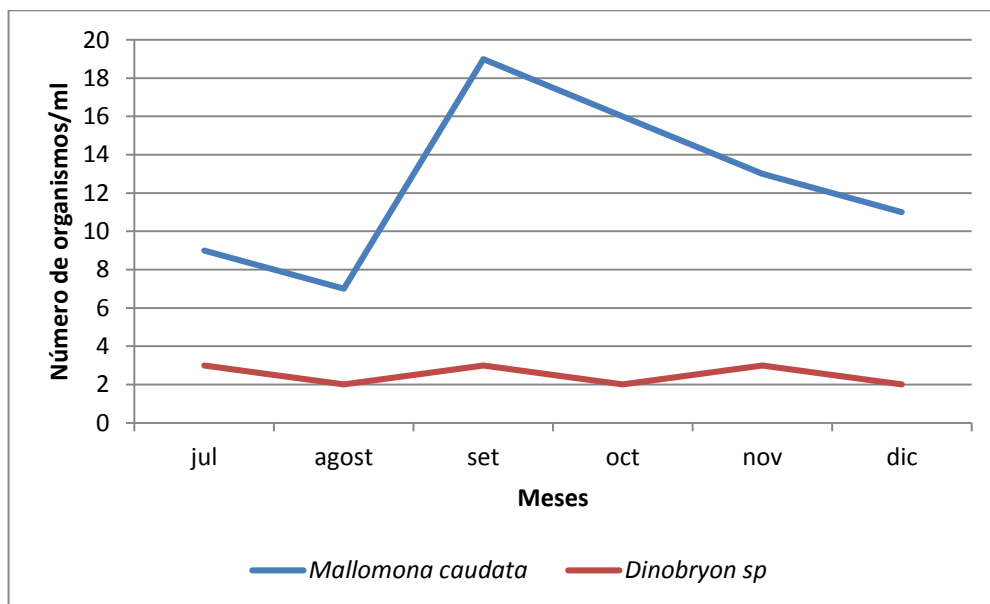
b)

Figura 14. Variación mensual del número de organismos fitoplanctónicos por mililitro de la división Euglenophyta en la laguna Pumaccocha del distrito de Vischongo durante invierno y primavera - 2014.

a) Superficial; b) A 1 metro de profundidad



a)



b)

Figura 15. Variación mensual del número de organismos fitoplanctónicos por mililitro de la división Chrysophyta en la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante invierno y primavera - 2014.

a) Superficial; b) A 1 metro de profundidad

V. DISCUSION

La composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera está integrada por 6 divisiones, Bacillariophyta (diatomeas), Chlorophyta (algas verdes), Chrysophyta (algas doradas), Cyanophyta (algas verde azules), Pyrrophyta (dinoflagelados) y Euglenophyta (euglenidos), la división Bacillariophyta presenta 8 ordenes, 14 familias, 15 géneros y 16 especies; la división Chlorophyta cuenta con 5 ordenes, 9 familias, 12 géneros y 16 especies; la división Chrysophyta cuenta con 2 ordenes, 2 familias, 2 géneros y 2 especies; la división Cyanophyta cuenta con 2 orden, 2 familia, 2 géneros y 2 especies; la división Pyrrophyta cuenta con 1 orden, 1 familia, 1 género y 1 especie y la división Euglenophyta cuenta con 1 orden, 1 familia, 3 géneros y 5 especies, comprendiendo en total 36 géneros, 42 especies y 1125 organismos por mililitro, tal como se puede apreciar en la Tabla 2.

Reynolds⁶⁷ menciona que la convergencia de ciertas especies en una laguna pueden indicar que el ecosistema tiende a la eutrofización, sin embargo la temperatura y el lavado hidráulico que se suscita con las lluvias desaceleran dicho proceso debido a que las precipitaciones disminuyen la concentración de nutrientes por dilución, por lo que el ecosistema se mantiene con bajas concentraciones de nutrientes asimilables² tal como se observa en la Tabla 3, que muestra valores promedios de las características fisicoquímicas de la laguna Pumacocha durante invierno y primavera, concordando con Reynolds⁶⁷ quien planteó que las especies del fitoplancton se ven afectadas por la concentración de los nutrientes, algunas de ellas disminuyen su abundancia mientras que otras las aumentan cuando estos suben o bajan. Esto podría explicar los índices de correlación negativa con los nitritos y nitratos que muestran valores de cero, indicando que las especies halladas requieren bajas concentraciones de este

nutriente o de formas de nitrógeno, existiendo especies que se ven favorecidas incrementando la dominancia del fitoplancton en la laguna.⁶⁷

La dureza exhibió mayor variación en primavera en temporada de lluvias, lo anterior se debe principalmente a la disponibilidad de iones por el fenómeno de precipitación.⁶⁹

La concentración de oxígeno disuelto presentó ligera variación a lo largo del estudio de 6.3 mg/L a 7 mg/L, durante invierno y primavera respectivamente. De acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental de Agua para Conservación del ambiente acuático de lagos y lagunas indica que el oxígeno debe ser ≥ 5 mg/L, y de acuerdo a los resultados obtenidos éstos se encuentran dentro de los valores establecidos.

Respecto a la alcalinidad, ésta desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como fuente de reserva de CO₂ utilizado en la fotosíntesis. Históricamente, la alcalinidad ha sido utilizada como un indicador de la productividad de lagos, donde niveles de alcalinidad altos indicarían una productividad alta y viceversa, y de acuerdo a los rangos de alcalinidad de Pérez⁶⁹ la laguna Pumacocha presenta una alcalinidad baja siendo el valor constante de 70 para las estaciones de invierno y primavera. Los valores de anhídrido carbónico como gas importante en el agua, evidencia que existe variación en el promedio mensual, es así que durante las estaciones de invierno y primavera se registra 10 mg/L. El carbono no es limitante para el fitoplancton debido a los aportes de CO₂ atmosférico y del sedimento⁷², sin embargo, altas tasas de fotosíntesis podrían disminuir la concentración de CO₂, al disminuir se produce aumento del pH, limitando el crecimiento de algunas algas. EL pH durante invierno y primavera osciló entre 7 y 7.5, éstos valores se hallan dentro de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua establecidos el 2008 para la Conservación del Ambiente Acuático de Lagos y Lagunas que indican valores de 6,5 – 8,5, considerándolo como un factor importante ya que el incremento produce cambios para la mayoría de especies y disminuye considerablemente la productividad primaria.⁶²

La transparencia durante los meses de estudio de muestreo no presentó variación con promedios de 10 m esto debido a que se trata de una laguna somera de 1.5 metro de profundidad máxima. En general los valores de los parámetros fisicoquímicos que determinan los nutrientes que limitan el crecimiento del fitoplancton varían dependiendo de la zona de estudio e incluso de las condiciones

ambientales que en ella se den, puesto que es este estudio no se reportan valores considerables del nitrito.

El análisis de los datos obtenidos en las muestras provenientes de la laguna Pumacocha proporcionan valores medios, máximos y mínimos del número total de organismos fitoplanctónicos durante los meses de las estaciones de invierno y primavera (Figura 2), donde se pone en evidencia que los meses de julio y agosto tienen el menor número de individuos por mililitro, 259 y 245 org/ml respectivamente; mientras los meses siguientes presentan un mayor número de individuos por mililitro 366, 360, 372, 400 org/ml respectivamente, correspondiendo el pico más alto a la estación de primavera, mostrando así la estacionalidad definida en base al número de individuos encontrados, siendo la estación de primavera la que registra un mayor número de individuos. El patrón estacional climático, definido por la época de precipitación, se convierte en un condicionante en los factores físicos y biológicos, de acuerdo a los resultados anteriormente expuestos, ya que durante la temporada de lluvias y viento, se produce en la columna de agua un incremento en la concentración de nutrientes y turbidez, cuya consecuencia es la variación del fitoplancton. Rivera *et al.*,⁵⁸ concluye que la diversidad del fitoplancton aumenta en periodos de épocas de lluvias, porque se incrementa el número de nichos o ambientes que pueden soportar mayor diversidad de organismos. Asimismo, es conocido que la variación estacional del fitoplancton está relacionada con la fluctuación de los factores ambientales¹⁶. La temperatura y la transparencia afectan, en mayor grado, la distribución estacional del fitoplancton y; a su vez, la fuente de luz recibida determina un patrón de variabilidad espacial y temporal¹⁸, tal situación se ve reflejada en este estudio, donde los valores de diversidad se incrementaron hacia la primavera con la variación de la temperatura y el pH, valores directamente relacionados a la actividad fotosintética.

Respecto a la profundidad, al ser una laguna somera por tener 1.5 metro de profundidad máxima, existe una homogenización de organismos algales del fondo que de algún modo podrían influir en la saprobicidad del agua. A este motivo se le podría atribuir la no significancia en la diferencia entre la zona superficial y profunda (1metro). Tal como muestra la Figura 3; valores medios, máximos y mínimos del número de organismos fitoplanctónicos teniendo en consideración la profundidad de la laguna Pumacocha durante los meses de las estaciones de invierno y primavera, la figura en mención revela que no existe diferencia

significativa en la densidad fitoplanctónica entre la zona superficial y zona profunda; mostrando valores que van en ascenso progresivo desde 130 org/ml y 129 org/ml para la zona superficial y a 1 metro respectivamente durante el mes de julio hasta llegar a valores de 203 org/ml y 196 org/ml para la zona superficial y a 1 metro respectivamente durante el mes de diciembre. La no variación de estos valores respecto a la profundidad es respaldada por el análisis de varianza realizado, ya que no existe significancia ($P > 0.05$) Anexo 1. Como ya se mencionó la laguna en estudio es un cuerpo de agua de poca profundidad, siendo la turbidez una constante a lo largo de la columna de agua por la concentración de organismos vivos, que generan productividad. En particular para lagos someros, Scheffer *et al*⁵⁹ han postulado la existencia de dos estados de equilibrio alternativos y sus mecanismos de estabilización, según estos autores bajo ciertas concentraciones de nutrientes una laguna puede encontrarse en un estado de aguas claras o aguas turbias. El estado de aguas claras está caracterizado por bajos niveles de turbidez, alta biomasa de macrófitas arraigadas y bajas densidades de fitoplancton. El estado de aguas turbias, como es el caso de la laguna Pumacocha es un estado dominado por altas densidades de fitoplancton que le confieren a la laguna su elevada turbidez y presencia de macrófitas arraigadas.

En relación al número de especies fitoplanctónicas de la laguna Pumacocha la Figura 4, muestra el registro total por mes del número de especies; el mismo que incluye organismos que se registraron en la zona superficial y profunda de la laguna. Es así que durante el mes de julio existieron 34 especies, siendo éste el mes con mayor número de especies, seguido de los meses de agosto y octubre con 30 especies en ambos casos, el mes de octubre reporta 26, el mes de noviembre presenta 31 y finalmente 29 especies durante el mes de diciembre. Es decir, en el estudio realizado en la laguna Pumacocha hubo diversidad de especies durante la estación de invierno, pero con relativa abundancia, sin embargo, durante los meses que representan la estación de primavera se identificaron pocas especies, pero con relativa abundancia. La temperatura promedio para los meses que representan la estación de invierno corresponden a 15 °C con aumento de la luz del sol y la mezcla de las aguas por los vientos de invierno, la mezcla del agua en el invierno sienta las bases para el crecimiento explosivo de primavera trayendo nutrientes desde aguas más profundas en las capas iluminadas por el sol.⁵⁰ Esta variación estacional fue similar en el estudio

del fitoplancton de un lago somero y oligotrófico donde se obtuvieron mayores índices de diversidad de especies durante invierno 2,5 y 4,5 bits de especies por litro y diversidad de especies por debajo de 2 durante primavera y en los meses de máximo crecimiento algal en noviembre y diciembre, teniendo temperaturas que oscilaron entre 13 y 20 °C y un pH en un rango de 5.6 a 6.9 a los cuales se les atribuye la variación de la diversidad de especies asociado al aumento de la actividad fotosintética.⁶⁰

Las Figuras 5 y 6 muestran el número de organismos fitoplanctónicos por división durante los meses de julio a diciembre en términos de porcentaje para la zona profunda y superficial; el cual exhibe a la división Bacillariophyta como la de mayor prevalencia. Durante los meses de estudio, agosto es el mes representativo para esta división con 61 % para la zona profunda (1 metro) y con 67 % durante el mes de setiembre para la zona superficial, el alto número de especies en porcentaje de diatomeas encontradas en el presente trabajo confirma el cosmopolitismo de éste grupo⁴¹, encontrándose en aguas quietas o ambientes lénticos, o en aguas corrientes o lóxicas. Tal como se estudió en esta ocasión siendo un ambiente léntico. Esta división muestra un patrón de variación estacional definido por diversos factores que inciden en su dinámica, uno de ellos corresponde a la extensión de la zona en estudio favorecida por la someridad de la laguna y la presencia del litoral limoso o con predominancia de plantas acuáticas que contribuyen a la diversificación de hábitats y nichos; asimismo a la necesidad de estas del sílice la cual forma parte de su pared celular, motivo por el que permanecen en el tiempo sin alterar su morfología debido a la rigidez de su pared celular silíceo, difícil de degradar y nutriente imprescindible para el desarrollo de las microalgas de este grupo.⁴¹

La división Euglenophyta registró el porcentaje del número de organismos fitoplanctónicos alto durante el mes de octubre, con 31 % y 38 % para la zona profunda y superficial respectivamente. Esta división presenta una variabilidad en el modo de alimentación, dado que muchas de ellas utilizan la estrategia fotosintética y la heterótrofa, hace que las Euglenofitas sean muy abundantes en aguas cargadas de materia orgánica, y hay muchas especies adaptadas a alimentarse en el sedimento en ausencia de luz. Son así un buen indicador de contaminación por materia orgánica. También pueden indicar eutrofia en el sistema, dado que en sistemas eutróficos la producción se dispara, con el consecuente exceso de materia orgánica. Durante el estudio, la laguna

Pumacocha estuvo representada con la división Euglenophyta como la segunda con mayor número de organismos fitoplanctónicos, con relativa variación durante los meses de estudio, pero en constante aparición; lo cual podría atribuírsele a la posible presencia de hierro en el agua, ya que éste elemento forma parte de la envoltura de la célula que algunas especies como las que pertenecen al género *Trachelomonas*, dicha envoltura es denominada lorica a menudo está ornamentada por incrustaciones de hidróxidos de hierro.⁶¹

La división Chlorophyta representada con 17% durante el mes de julio en la zona profunda y 14% durante el mes de diciembre para la zona superficial; las algas verdes ocupan el tercer lugar en porcentaje respecto al número de organismos fitoplanctónicos. Este grupo funcional es típico de columnas de aguas someras, eutróficas a hipereutróficas, que se mantienen en equilibrio dinámico como producto de una mezcla continua y cambios mínimos en los factores físicos.⁶² Esta composición fue similar a la encontrada por Novoa¹⁴, donde la comunidad fitoplanctónica del lago Parque Sarmiento estuvieron representadas por Bacillariophytas, Chlorophytas y Cyanophytas relacionadas con el pH, temperatura, conductividad y transparencia. Siendo la temperatura la mayor influencia en los procesos de sucesión temporal de la comunidad bacteriana.

Se registró la división Chrysophytare presentada por 10 % en el mes de setiembre y julio para las dos profundidades. La división Cyanophyta representado con 3% durante los meses de octubre y noviembre para la parte profunda y superficial del lago; finalmente la división Pyrrophyta (dinoflagelados) representado con 6 % durante el mes de octubre en la zona profunda y 3% durante el mes de diciembre en la parte superficial.

En relación al número de especies por división que fueron encontrados en la zona profunda de la laguna de Pumacocha, en la Figura 7 se puede observar que la división Chlorophyta impera con el mayor número de especies encontradas sobre todo durante el mes de julio con 13 especies, siendo agosto y octubre los meses con menos número de especies, para ambos casos se hallaron 6 especies; John *et al.*⁶³, manifiestan que las algas verdes pueden vivir libremente en suspensión en cualquier medio acuático, aun siendo características de regiones tropicales o aguas cálidas, condiciones que existen en la laguna Pumacocha, la división Bacillariophyta mantiene un número constante respecto al número de especies que aparecen en esta división estando entre 9 y 11 especies, siendo el mes de octubre que presenta 11 especies; la división Euglenophyta también exhibe un

número constante respecto a las especies entre 3 y 5, considerando que el mes de julio se identificaron 5 especies, ésta fue la tercera división con mayor diversidad respecto a las especies⁵⁹; explican que son frecuentes en aguas ricas en materia orgánica en descomposición, situación que se observó en la laguna Pumacocha. Los euglenidos se detectaron en la temporada de seca-fría; respecto a la división Chrysophyta presenta 2 especies durante todos los meses de estudio, la división Cyanophyta presenta 1 especie durante los primeros meses y durante noviembre y diciembre se identifican 2 especies. La presencia de ésta división estaría vinculada a la presencia de materia orgánica⁶¹, situación inferida por la mayor diversidad aportada por las formas filamentosas como la *Oscillatoria*; finalmente la división Pyrrophyta presentó una especie durante los meses de estudio. Cabe señalar que respecto al número de especies por división en la parte superficial de la laguna presenta valores similares a los anteriormente mencionados como se muestra en la Figura 8.

La figura 9 muestra el número de especies por división encontrados en la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera, imperando taxonómicamente Chlorophyta con 16 especies, asimismo Bacillariophyta presentó 16 especies, Euglenophyta con 5, Crysophyta con 2 y Cyanophyta con 2 y la división Pyrrophyta con 1 especie.

Con relación al pH, la Figura 10 muestra la tendencia lineal entre el pH y el número de organismos fitoplanctónicos de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo, en el modelo de regresión no se observa la pendiente es decir no se encontró una relación inversa. Se realizó el ajuste de los datos y se halló que el valor de r^2 es 0.0079, con el análisis de varianza con una significancia estadística ($p > 0.05$) Anexo 3, se determinó que no existe relación lineal significativa entre la variable de concentraciones de hidrogeniones y el número de organismos fitoplanctónicos. La FAO⁶⁵ menciona que el rango óptimo de la mayoría de microalgas se encuentra entre 7 y 9, siendo soportables valores mayores a éstos, ya que valores ácidos generalmente causan muerte de las microalgas. Diversos valores de pH ocasionan disociación de ciertas sales en sus componentes, pudiendo estos últimos tener efecto tóxico o inhibitorio para el crecimiento microalgal⁶⁸ considerando al pH como un factor importante ya que el fitoplancton resulta sensible a las variaciones de este parámetro.⁵⁷

Con respecto a la temperatura, se obtuvo una temperatura máxima de 16°C en invierno y una mínima de 11°C en primavera, mostrando un patrón de relación

directamente proporcional, es decir a menor temperatura, mayor número de organismos fitoplanctónicos registrados en la laguna Pumacocha, como se representa en la Figura 11. La luz, la temperatura, la disponibilidad de nutrientes y el consumo herbívoro son los cuatro factores más importantes que regulan la producción y la biomasa del fitoplancton.⁶⁶ Al relacionar la temperatura del agua con el número de organismos se encontró una relación lineal inversa en la que a medida que la temperatura se incrementa el número de organismos disminuye. Al realizar el ajuste de dichos datos a una tendencia lineal se halló que el valor de r^2 es de 0.4136, lo que indica que la temperatura y el número de organismos están relacionados en un 41.36%, al realizar la prueba de ANVA para dicha relación, se determinó significancia estadística ($P < 0.05$), por lo que el ajuste a una relación lineal es adecuado.

Nuestros resultados indican que la baja temperatura durante la temporada de lluvias y viento se produce en la estación de primavera, donde la columna de agua incrementa la concentración de nutrientes y turbidez, cuya consecuencia es la variación del fitoplancton. También coinciden nuestros resultados con De León & Chalar⁸ que plantean que la baja temperatura, la mayor concentración de nutrientes, favorecerían la presencia de especies más eficientes en la incorporación de nutrientes, con alta tasa de crecimiento y con mayor eficiencia fotosintética para desarrollarse en un ambiente turbio y turbulento. Y que a finales de invierno y en primavera (setiembre a diciembre) la disponibilidad de nutrientes y el incremento de la radiación solar y la temperatura favorecen el crecimiento de las Chlorophyta de pequeño tamaño.

La distribución y condiciones de vida del fitoplancton están influidas por la temperatura del agua, en el caso de la laguna Pumacocha no se apreció diferencia entre la zona superficial y profunda debido a que se trata de un cuerpo de agua somero. Asimismo, la temperatura interviene en la flotabilidad de los organismos planctónicos. Entre menor sea la temperatura, la densidad será mayor y flotará mejor el fitoplancton, tal como los resultados muestran, pues la estación de primavera registró 11.5 °C de temperatura; presentando mayor número de especies encontradas; en comparación a la estación de invierno que registró 15 °C.⁶³

Es conocido que la variación estacional del fitoplancton está relacionada con la fluctuación de los factores ambientales¹⁵. Según Moñino¹⁸ la temperatura y la transparencia afectan, en mayor grado, la distribución estacional del fitoplancton

y; a su vez, la fuente de luz recibida determina un patrón de variabilidad espacial y temporal, tal situación se ve reflejada en este estudio, donde los valores de diversidad se incrementaron hacia la primavera con la disminución de la temperatura y el pH, valores directamente relacionados a la actividad fotosintética. La riqueza específica, la diversidad y la distribución de las especies determinadas en este lago revelan una asociación de diatomeas-clorofíceas que predominaron en todas las estaciones.

Las Figuras 12 al 15, muestran las variaciones mensuales de algunas especies representativas de las diferentes divisiones. La Figura 12 muestra a la *Asterionella formosa* como la especie que desarrolla una curva sobresaliente ante la división Bacillariophyta, siendo setiembre el mes en el que presenta mayor densidad poblacional, *Nitzchia sigmoidea* es la especie que registra un valor menor durante el meses de julio a octubre, alcanzando a elevar su densidad durante noviembre y diciembre; la especie *Navicula sp* registra valores bajos durante los meses de julio a noviembre, teniendo un cambio ínfimo durante el mes de diciembre. Cabe señalar que no existe diferencia alguna entre las curvas de variación mensual de la división Bacillariophyta de la zona superficial y la zona profunda. Las asociaciones planctónicas que se pueden dar en las lagunas pueden describir a las lagunas en grupos funcionales: el grupo "Y" (*Cryptomonas*; pequeños lagos eutróficos), el grupo "L" (*Peridinium umbonatum* y *Ceratium*; lagos meso-eutróficos estratificados), el grupo "C" (*Asterionella Formosa* y *Aulacoseira*; lagos eutróficos mezclados) y el grupo "E" (*Dinobryon*; lagos oligo-mesotróficos).⁶⁷ Si bien es cierto la laguna Pumacocha no presenta la asociación constituida por la *Asterionella Formosa* y *Aulacoseira*, sin embargo presenta a la *Asterionella Formosa* como una especie que se desarrolla en gran cantidad durante los primeros meses de estudio, considerando por esa razón a laguna como un ambiente en proceso de eutrofización.

La Figura 13 muestra una variación mensual del número de organismos fitoplanctónicos por mililitro de la división Chlorophyta, representado por el *Ankistrodesmus sp* que registra valores altos en el mes de julio, el cual decae de manera significativa en el mes de octubre para ambas zonas (superficial y a 1 metro profundidad), *Crucigenia fenestrata* mantiene valores altos en agosto y diciembre, valores bajos constantes durante los meses de setiembre a noviembre para la zona superficial; mientras la zona profunda presenta valores altos en el mes de agosto y valores relativamente bajos durante setiembre y noviembre.

Reynolds⁶⁷, indica que la presencia de *Ankistrodesmus sp* confirma el posible estado eutrófico del cuerpo de agua, condiciones que se aprecian en la laguna de Pumacocha, durante la época donde se registraron cinco especies de *Scenedesmus* y *Ankistrodesmus*. Asimismo, Reynolds⁶⁷, indica que dentro de las Chlorophytas pueden existir asociaciones de organismos cenobiales y coloniales como: *Scenedesmus sp*, *Ankistrodesmus sp*, y *Coelastrum Naegeli*, entre otros, su presencia confirma el estado eutrófico del cuerpo de agua, condiciones que se dieron en la laguna.

En relación a la división Euglenophyta representada por las especies *Trachelomonas volvocina*, *Euglena sp* y *Phacus longicauda*, presentan similitud en cuanto a las curvas para la zona superficial y la zona profunda; siendo la *Trachelomonas volvocina* la especie que predomina sobre la *Euglena* y *Phacus* durante el periodo de estudio, con cierta variación elevándose desde octubre a noviembre y decayendo nuevamente en diciembre; las especies *Euglenophyta sp* y *Phacus longicauda* presentan valores mínimos durante el estudio, como muestra la Figura 14.

La Figura 15 exhibe la división Chrysophyta que tiene a la *Mallomonas caudata* y *Dinobryon sp* como especies representativas de ésta división, siendo julio y octubre los meses con mayor densidad poblacional y valores bajos constantes de noviembre y diciembre; *Dinobryon sp* presenta valores bajos constantes hasta noviembre observándose un incremento en diciembre en relación a la zona superficial. De manera general se presenta la Tabla 2 de la composición de la comunidad fitoplanctónica de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera, que se distribuyen de acuerdo a su división.

Cabe señalar que la asociación del fitoplancton registrada está formada por especies que se distribuyen en diferentes estados tróficos, entre ellas *Peridinium incospicuum* reportada por Reynolds⁶⁷ como indicadora de aguas mesotróficas, y *trachelomonas volvocina*, la cual fue reportada por Donato⁶⁸ como característica de aguas eutróficas. Las convergencias de estas especies en la laguna pueden indicar que el ecosistema tiende a la eutrofización, sin embargo, la temperatura y el lavado hidráulico que se suscita con las lluvias desaceleran dicho proceso debido a que las precipitaciones disminuyen la concentración de nutrientes por dilución, por lo que el ecosistema se mantiene con bajas concentraciones de nutrientes asimilables²

VI. CONCLUSIONES

1. La comunidad fitoplanctónica de la laguna Pumaccoccha durante los meses de julio a diciembre estuvo compuesta por 42 especies que pertenecen a 20 órdenes y 6 divisiones; Bacillariophyta, Chlorophyta, Chrysophyta, Cyanophyta, Pyrrophyta y Euglenophyta. La mayor abundancia de organismos fitoplanctónicos se registró en los meses de octubre, noviembre y diciembre, meses que representan a la estación primaveral.
2. La división Bacillariophyta tuvo la mayor diversidad taxonómica seguido de Chlorophyta y Cyanophyta, donde la *Asterionella formosa*, *Mallomonas caudata* y *Trachelomonas volvocina* son las especies más abundantes durante las estaciones de invierno y primavera del 2014.
3. Con respecto a la división Bacillariophyta estuvo compuesto por 16 especies, la división Chlorophyta por 16 especies, la división Chrysophyta por 2 especies, la división Cyanophyta por 2 especies, la división Pyrrophyta por 1 especies y la división Euglenophyta por 5 especies.
4. Dentro de los parámetros fisicoquímicos más relevantes se consideraron a: pH que fue de 7.5 para ambas estaciones; el oxígeno disuelto en invierno fue de 6.3 mg/L y 7 mg/L en primavera; respecto a la dureza los valores para invierno son de 55mg/L y en primavera es de 82 mg/L; la temperatura durante invierno se mantuvo en 15°C y en primavera con 11.5°C; sin embargo, en los parámetros nitrato, nitrito, fosfato y cloruro se obtuvieron valores nulos.
5. Durante las estaciones de invierno y primavera existió una relación entre los parámetros de pH y temperatura con el número de organismos presentes; y en cuanto a los demás parámetros no hay una relación significativa que determinen la presencia de los organismos fitoplanctónicos hallados durante el tiempo de estudio.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar trabajos de investigación en el cual se identifiquen las especies determinantes durante el proceso de eutrofización, como indicadores de la calidad de un cuerpo de agua.
2. Realizar monitoreos permanentes en los cuerpos de aguas para detectar cualquier brote de floración algal nociva ya sea debido, para generar alertas tempranas a los pobladores y acuicultores del sector, si los hubiera.
3. Confeccionar un manual actualizado de los principales géneros y especies de diatomeas de los cuerpos de agua en la región, que permita a los investigadores una segura determinación de los taxa.
4. Realizar las pruebas de análisis fisicoquímicos utilizando otros kits de análisis para contrastar resultados y evitar errores de equipo y humanos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. E. Costas, V. López. El papel del fitoplancton en el cambio climático ¿Cuánto depende nuestro destino de unas pequeñas micro algas? Universidad complutense de Madrid 2011.
2. Margalef, R. Ecología. Ediciones Omega. S. A. Barcelona, España. 951 pp. 2005.
3. Horne AJ, Goldman CR Limnology. 2ª edition. McGraw-Hill. New York, EEUU. 576 pp. 1994.
4. Wright, John C. 1959. Limnology of canyon Ferry Reservoir II. Phytoplankton standing crop and primary production. *Limnol and Oceanog* 4 (3) 235.
5. Oliva MM, Godínez OJ, Zuñiga RC. Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México: *Revista Mexicana de Biodiversidad*. RMB Clin (México). 2014; 85, pp. 54-61.
6. Ortega M. R., Díaz Martínez N.T., Alvarado Villanueva R., Hernández Morales R., Avilés Vásquez M. L., Aguilar-Gómez M. E et al. Fitoplancton de la región litoral del río Cupatitzio
7. Cruz S.M., Ávila O. A., Identificación de bioindicadores en la laguna de Zupitlán, Municipio de Acatlán, Hgo., México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
8. De León L., Chalar G., Abundancia y diversidad del fitoplancton en el Embalse de Salto Grande (Argentina - Uruguay). Ciclo estacional y distribución espacial. Iguá 4225 CP: 11400. Montevideo – Uruguay
9. López M. Z., Talavera R., Novelo E., El fitoplancton de un canal de Xochimilco y la importancia de estudiar ecosistemas acuáticos urbanos. 2015, 18(1):13-28,
10. Osorio Sanchez J., López Pérez R., Diversidad y distribución del fitoplancton de la laguna El Balsón, Tabasco, México., 2005.
11. Aké-Castillo, J. A., Meabe del Castillo, M. E. y Hernández-Becerril, D. U. 1995. Morphology and distribution of species of the diatom genus *Skeletonema* in a tropical lagoon coastal lagoon, *European Journal of Phycology*, 30:2. 107-115.
12. Orduña M. R. E., Patrones de distribución y abundancia del fitoplancton nocivo en la zona costera de Tuxpan Veracruz, México. Tesis de maestría, Universidad Veracruzana 2012.
13. Wetzel, R. (2001). *Limnology Lake and River ecosystems*. Third Edition. Academic Press San Diego, 1006 pp.
14. Novoa M., Lujan M. A., Luque M., Lombardo M., Distribución temporal del fitoplancton en un lago urbano del centro de Argentina (Río Cuarto, Córdoba) *Biológicas*, diciembre 2011, 13(2): 1 – 14
15. Vila & Pardo R., (2003) Respuesta de la estructura fitoplanctónica a las perturbaciones antrópicas en un lago templado. *Limnetica*, 22 (1-2): 93-102.
16. Bouterfast R, Belkoura M, Dauta A (2006) The effects of irradiance and photoperiod on the growth rate of three freshwater green algae isolated from a eutrophic lake. *Limnetica*, 25(3): 647-656.
17. Litchman E., (2000) Growth rates of phytoplankton under fluctuating light. *Freshwater Biology*, 44: 223-235
18. Moñino-Ferrando A, Moreno-Ostos E, Cruz-Pizarro L., (2006) Phytoplankton patchiness in two shallow waterbodies. *Limnetica*, 25(3):809-820.
19. Komárek, J. y K. Anagnostidis. 2005. Cyanoprokaryota -2. Teil/2nd Part: Oscillatoriales. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19/2, B. Büdel, L. Krienitz, G. Gärtner y M. Schagerl (eds.). Elsevier/Spektrum, Heidelberg. 759 p.
20. Nava R. V., Francisco V., Flora planctónica de la laguna Lagartos, Quintana Roo, México, 2012., *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 561-582

21. Hernández M. R., Murillo O., Alvarado V., Sánchez H., Medrano Z., Variación anual del fitoplancton en el lago Cráter La Alberca de Tacámbaro, Michoacán, México. 2008, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo., 10, pp. 5-17.
22. Cuba, Ch. Y. Análisis de la comunidad fitoplanctónica de la Laguna de Toccto durante las estaciones de verano y otoño [tesis]. Huamanga: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. 2011.
23. Jaico, H. M. Estudios hidrobiológico entomológico del Distrito de Acosvinchos". EHE. Municipalidad distrital de Acosvinchos. 2012.
24. Irondo, M. Aguas subterráneas y superficiales de la provincia de Santa Fe. 2ª Ed. 2010.
25. Chocano, L. Las zonas peruanas y su ictiofauna endémica. Lima Vol6, N°8, ISSN. 2005
26. ONERN. Inventario Nacional de laguna y Represamientos, Lima, Perú
27. Jan, S. La cordillera Blanca: Un paisaje explicado, UNE. 1ª Ed. 2005
28. Dogliotti A., Estimación de la biomasa fitoplanctónica mediante el sensoramiento remoto del color del mar y datos de campo en la plataforma continental patagónica., Universidad de Buenos Aires [tesis doctoral]. Argentina., 2007
29. González de I. A. El plancton de las aguas continentales. Escuela de Biología Facultad de Ciencias, Universidad Central. Caracas, Venezuela, Monografía 33ª. Edit. 131 pp. OEA 1988.
30. Allan, J. D. Landscapes and riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. *Annual Review of ecology, evolution, and systematics*. 2004.
31. Carrera, C y Fierro, K. Manual de monitoreo, los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua. EcoCiencia, Quito. 2001.
32. Magurran A.E. 2004. Diversidad Ecológica y su Medición. Ediciones Vedral, Barcelona, España. 200pp.
33. WEHR, JOHN D. y ROBERT G. SHEATH., Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification. Academic Press. New York, xvi + 918 págs. 2003
34. Vaulot, D. 2006. Phytoplankton. eLS. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
35. Torrentera, B. L. Proyecto de apoyo a las Actividades Regionales de Acuicultura para América Latina y el Caribe. FAO – ITALIA. 1989.
36. Luján A., Las algas, indicadores de la calidad del agua., 2000. Interciencia, UNRC, Río Cuarto, 4(4). *Fac. de Ciencias Exactas, Dpto. de Ciencias Naturales, UNRC.
37. Rout J and Gaur JP (1994) Composition and dynamics of epilithic algae in a forest stream at Shillong (India). *Hydrobiologia*, 291: 61- 74.
38. Jaanus, A., Toming, K., Hallfors, S., Kaljurand, K., & Lips, I. (2009). Potential phytoplankton indicator species for monitoring Baltic coastal waters in the summer period. *Hydrobiologia*, 629, 157-168.
39. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, ERNESTO, 1996. Clasificación iimnológica de lagunas continentales. *Rev. Divulg. Div. Acad. Cieñe. BioL*, 2. 2633.
40. Doolittle, W. Ford, 2000. Nuevo árbol de la vida. *Investigación y ciencia* 283: 26-32.
41. BOLD, H C. y M J WYNNE, 1985 Introduction to the Algae: Structure and reproduction 2a. ed. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N. J. xvi + 720 págs.
42. Hasle, G, R. y Syvertsen, E.E. (1996). Marine diatoms. In C Tomas. (Ed.), *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates* (pp. 5-385). San Diego: Academic Press

43. Werner, D. (1977). The biology of diatoms. Botanical Monographs, 13 (pp. 498). Berkeley, Ca: University of California Press.
44. Tomas, C. (1997). Identifying marine phytoplankton. Academic Press. New York. 858 p.
45. Romo, A. (2002). Manual para el cultivo de microalgas, Memoria Técnicas para un Trabajo Profesional. Universidad Autónoma de Baja California sur Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar. Departamento de Biología Marina. 50pp. López y Catzim
46. Prieto, M., Mogollón, M., Castro, A. y Sierra, L. (2005). Efecto del medio y condiciones de cultivos en la reproducción de tres diatomeas marinas con potencial acuícola, Revista "MVZ. Córdoba", Vol.10, n, 1, pp. 544-554.
47. HUTCHINSON, G. E., 1973. Eutrophication. The scientific background of a contemporary practical problem. Am. Sci., 61: 269-279.
48. Prescott G. W. Algae. W.M. C. Brown Company Publishers. Michigan U.S.A. 973 pp. 1973
49. Fernández, a. Guía para el estudio de las algas. Editado en los talleres gráficos I.V.P. Trujillo – Perú.1982
50. Whitford, I y Shumacher, G. A manual of the fresh – water algae in North Carolina. 1969.
51. Cornelius, I. A guide to the coman diatoms at water pollution surveillance system station. Agency national environmental U.S. 1971.
52. Bellinger E y Sigee, D. Freshwateralgae. Identification and use as bioindicators, first impresion. 2010.
53. Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Die Süßwasserflora von Mitteleuropas, 2/3, 576 s., 166 Taf. Gustav Fischer Verlag, Jena. 1991
54. Huynh, M. and N. Serediak. Agriculture and Agri-Food Canada. 30 pages. accompanied by the Algae Identification Lab Reference Manual (Part B) by Huynh and Serediak (2006). Algae Identification Field Guide (Part A). 2006
55. Janse van Vuuren S, Taylor J, Gerber A, van Ginkel C. Easy identification of the most common freshwater algae. A guide for the identification of microscopic algae in South African freshwaters. ISBN 0-621-35471-6. 2006
56. López, F., Siqueiros, B. y Navarro, J.N. Benthic Diatoms Associated with Mangrove Environments in the Northwest Region of Mexico. 2010.
57. Samanez V., Rimacachin C., Palma G., Arana M., Ortega T., Correa R., Hidalgo Del Águila, Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas., Primera Edición, diciembre 2014.
58. Rivera C., Solano D., Zapata A., Donato J., 2005. Phytoplankton diversity in a tropical high mountain lake. Verth. Internat. Verein. Limnol 29, 418-421
59. Scheffer M. y van Nes E. H. (2007) Shallow lakes revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. Hydrobiologia 584: 455-466
60. Romo P., Estudio del fitoplancton de un lago somero y oligotrófico LochRusky Escocia.,2005.46(1): 127-138 (in Spanish)
61. Scagel RF, Bandoni RJ, Maze JR, Rouse GE, Schofield WB and Stein JR (1987) *El Reino Vegetal: los grupos de plantas y sus relaciones evolutivas*. Ed. Omega, S.A., Barcelona, España. 778 Pp.
62. Reynolds, C. S. The ecology of freshwater phytoplankton. Ilustrada, reimpressa. Cambridge UniversityPress 1ª ed. 1999.
63. John DM, Whitton BA y Brook AJ (2003) The Freshwater Algal Flora of the British Isles. Cambridge UniversityPress. UnitedKingdom. 702 Pp.
64. Rebecca Lindsey y Scott Michon, NASA Earth Observatory 2009

65. FAO (2009). Departamento de Pesca. La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura. Cultivo de Microalgas.
66. SHIAH, F. K., KAO, S.J., GONG, G.C., LIU, K.K., 1996. Spatial variability of phytoplankton production and the implications of its controlling mechanisms in the coastal zone near the river mouth of the LanyangHsi. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 37,9-15.
67. Reynolds CS (1997) Vegetation Processes in the Pelagic: A model Ecosystem the dry in Ecology. In O Kinna (Ed.) 1-15.
68. Donato, J. 2001 variaciones diarias y mensuales de la productividad primaria en un lago andino (Laguna Guatavita - Cundinamarca). Tesis de maestría. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia.
69. Pérez NM (2008) *Evaluación de la calidad del agua de la presa de Umécuaro, Municipio de Morelia Michoacán*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. UMSNH. Morelia, Mich. 65 pp.
70. CONLEY, D.J., 2000. Biogeochemical nutrient cycles and nutrient management strategies. *Hydrobiologia*. 410, 87-96.
71. Municipalidad distrital de Vischongo. Plan de Desarrollo Concertado. 2010-2020. Ayacucho.
72. Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe "phi- LAC" 2009. Cianobacterias Planctónicas del Uruguay. Editora Sylvia Bonilla. Montevideo – Uruguay.

ANEXOS

Anexo 1.

Análisis de varianza para el número de organismos fitoplanctónicos hallados durante los meses de muestreo a 1 metro de profundidad en la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo- 2014.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre meses	27558.9667	5	5511.793333	13.0760982	3.32406E-06	2.620654147
Dentro de los meses	10116.4	24	421.5166667			
Total	37675.3667	29				

Anexo 2.

Análisis de varianza para el número de organismos fitoplanctónicos hallados durante los meses de muestreo en la zona superficial de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo - 2014.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre meses	27242.5667	5	5448.51333	6.238636667	0.00076834	2.62065415
Dentro de los meses	20960.4	24	873.35			
Total	48202.9667	29				

Anexo 3.

Análisis de varianza para la regresión lineal entre el pH y el número de organismos de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante los meses de julio a diciembre – 2014

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	817,2483045	817,2483045	0,15844890	0,69480573
Residuos	20	103156,0699	5157,803494	3	2
Total	21	103973,3182			

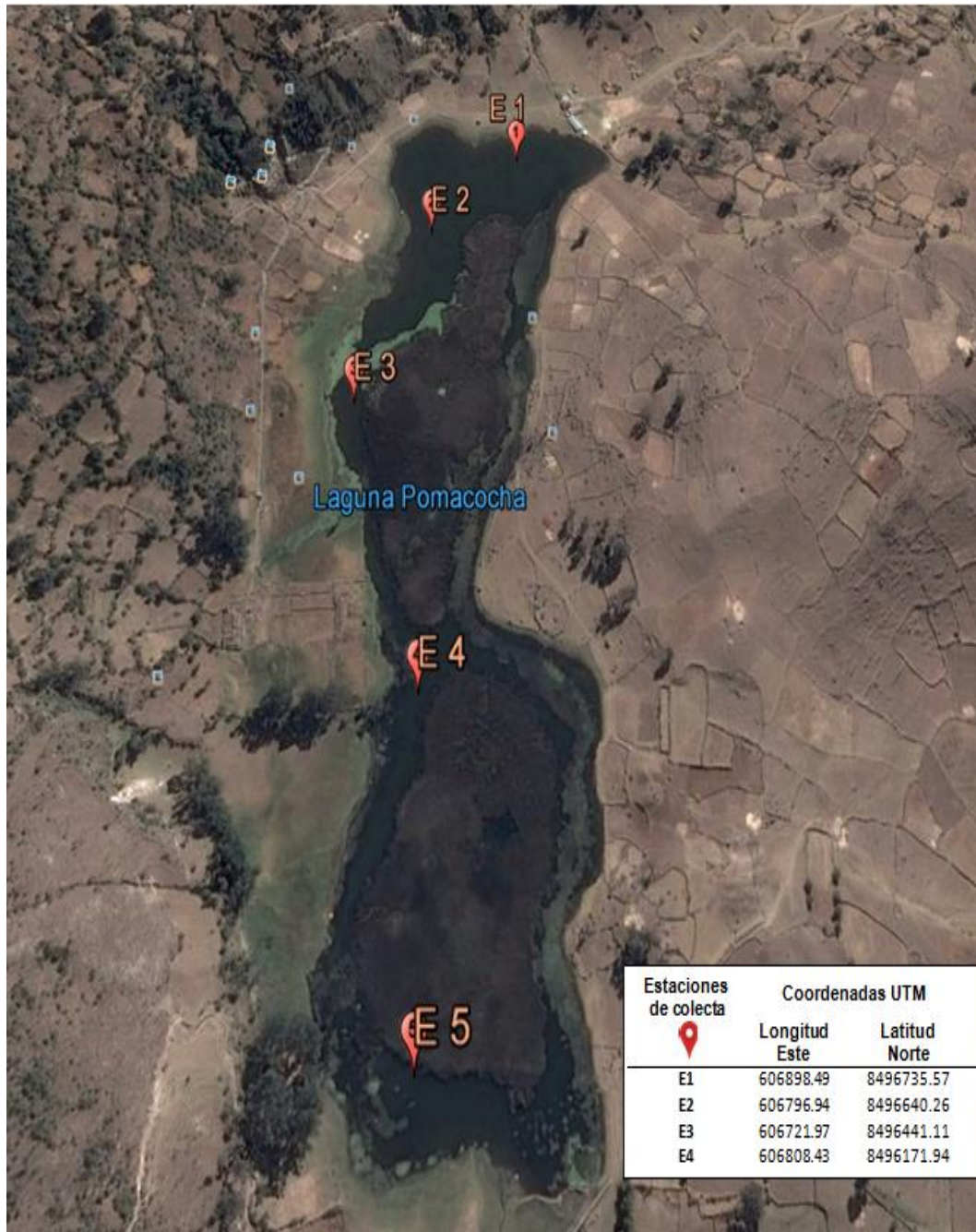
Anexo 4.

Análisis de varianza para la regresión lineal entre la temperatura y el número de organismos de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante los meses de julio a diciembre – 2014

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	43006,02168	43006,02168	14,1078985	0,0012437
Residuos	20	60967,2965	3048,364825		
Total	21	103973,3182			

Anexo 5.

Ubicación geográfica de los puntos de muestreo en la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo - 2014.



Anexo 6.

Fotografías de las especies registradas “División Euglenophyta”



Fotografía 1. *Phacus longicauda*



Fotografía 2. *Euglena sp*

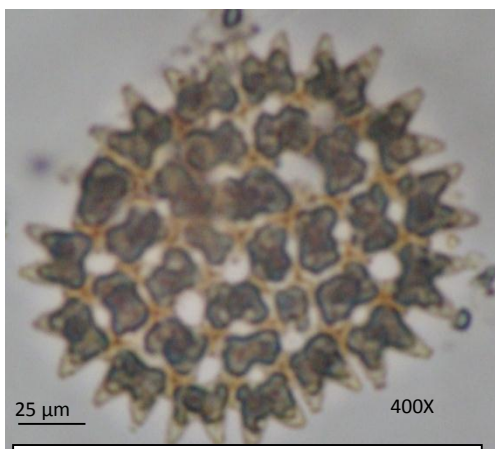


Fotografía 3. *Trachelomona volvocina*

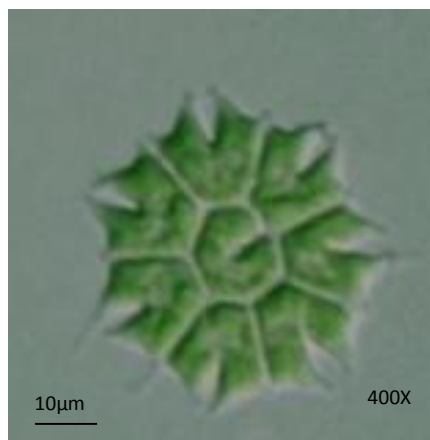


Fotografía 4. *Trachelomona hispida*

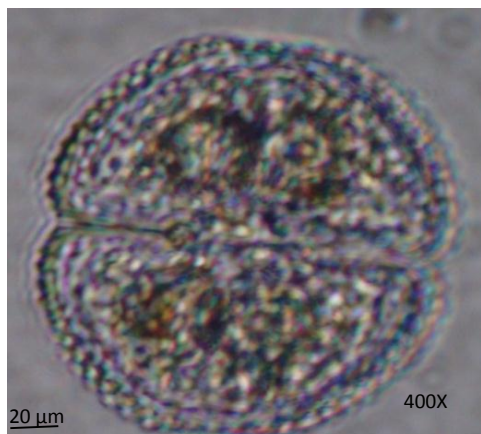
Fotografías de las especies registradas “División Chlorophyta”



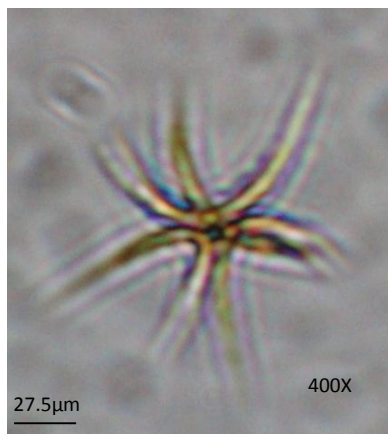
Fotografía 5. *Pediastrum duplex*



Fotografía 6. *Pediastrum tetras*



Fotografía 7. *Cosmarium sp*



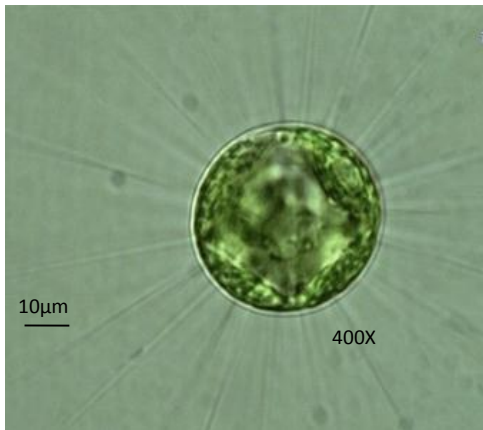
Fotografía 8. *Ankistrodesmus sp*



Fotografía 9. *Scenedesmus quadricauda*



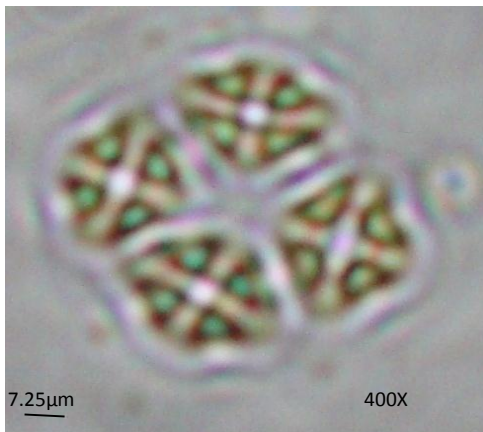
Fotografía 10. *Scenedesmus bicaudatus*



Fotografía 11. *Golenkinia radiata*



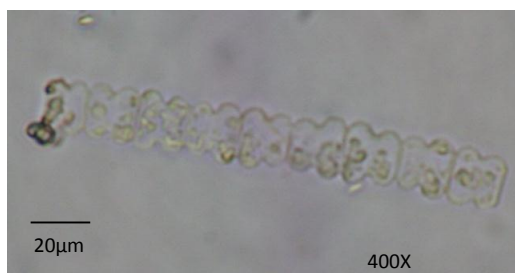
Fotografía 12. *Oocystis sp*



Fotografía 13. *Crucigenia fenestrata*



Fotografía 14. *Closterium sp*



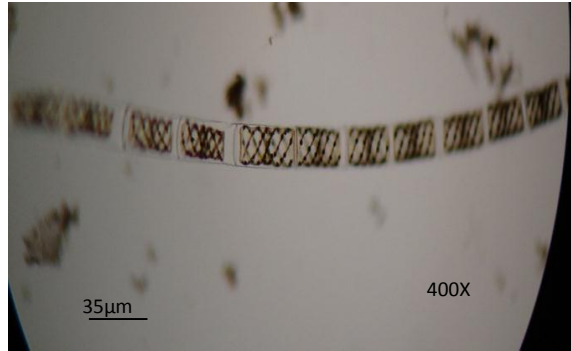
Fotografía 15. *Spondylosium sp*



Fotografía 16. *Mougeotia sp*

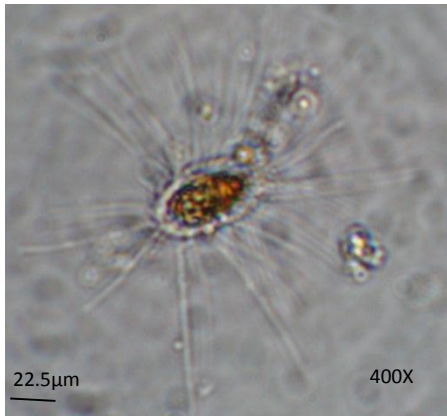


Fotografía 17. *Selenastrum sp*

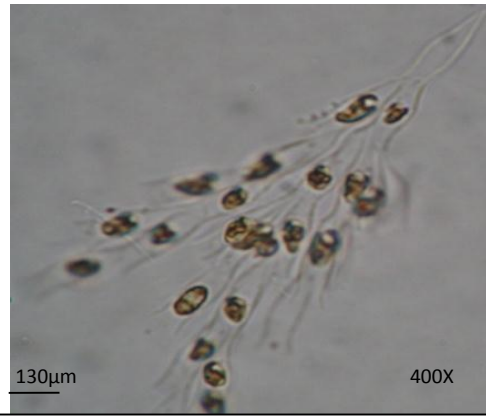


Fotografía 18. *Spirogyra sp*

Fotografías de las especies registradas “División Chrysophyta”

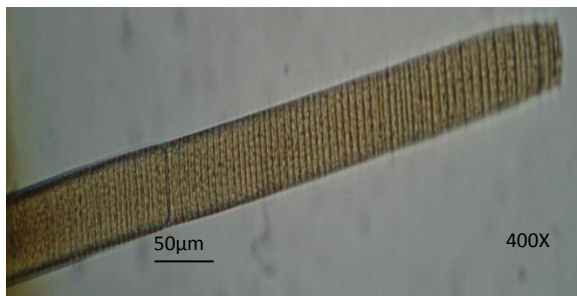


Fotografía 19. *Mallomonas caudata*



Fotografía 20. *Dinobryon sp*

Fotografías de las especies registradas “División Cianophyta”



Fotografía 21. *Oscillatoria sp*

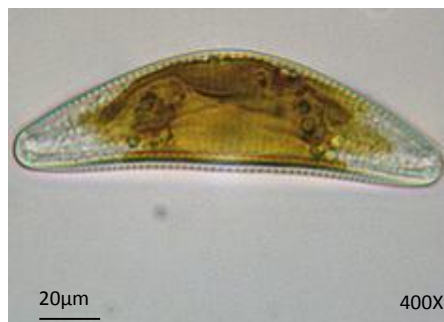


Fotografía 22. *Spirulina sp*

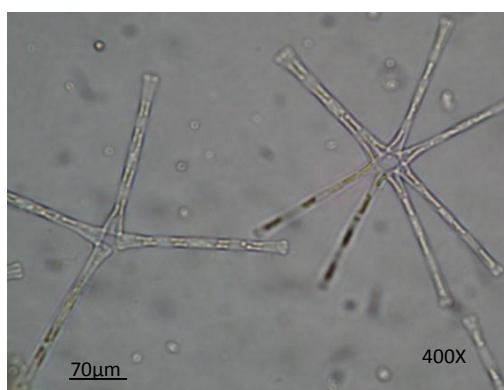
Fotografías de las especies registradas “División Bacillariophyta”



Fotografía 23. *Nitzschia sigmaidea*



Fotografía 24. *Cymbella sp*



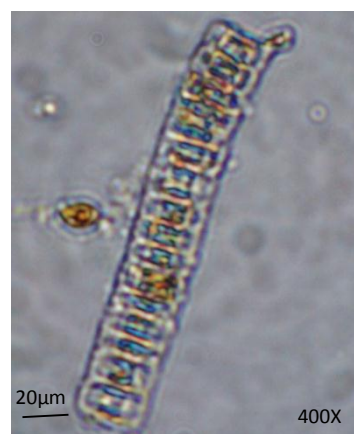
Fotografía 25. *Asterionella formosa*



Fotografía 26. *Gomphonema acuminatum*



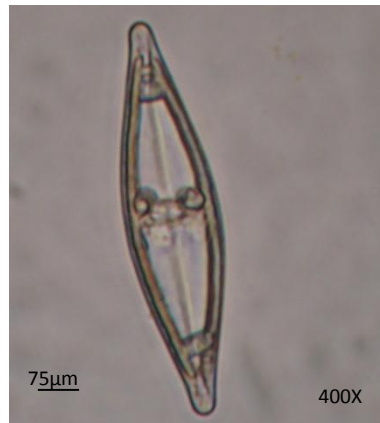
Fotografía 27. *Stauroneis sp*



Fotografía 28. *Fragilaria sp*



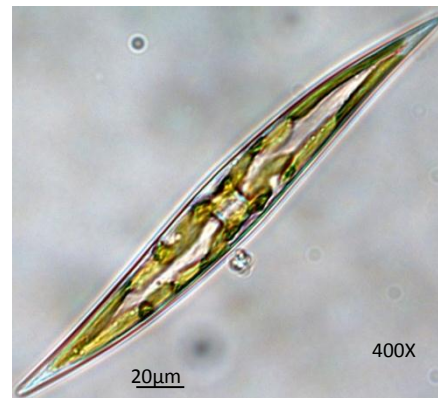
Fotografía 29. *Pinnularia sp*



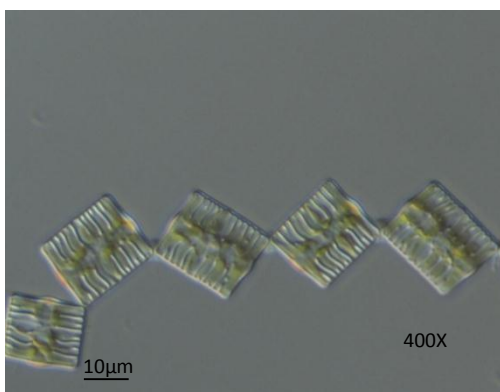
Fotografía 30. *Navicula sp*



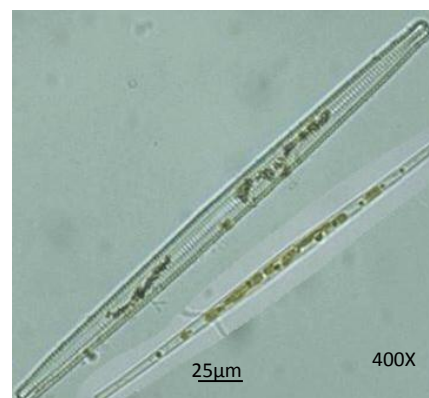
Fotografía 31. *Gyrosigma sp*



Fotografía 32. *Pleurosigma sp*



Fotografía 33. *Tabellaria flocculosa*



Fotografía 34. *Synedra ulna*



Fotografía 35. *Frustulia sp*



Fotografía 36. *Melosira sp*



Fotografía 37. *Epithemia sp*

Fotografías de las especies registradas “División Pyrrophyta”



Fotografía 38. *Peridinium inconspicuum*

Anexo 7.

Fotografías de la toma de muestras y del análisis del agua de la laguna Pumacocha, Vischongo 2014.



Fotografía 39. Toma de muestras con la botella Van Dor en la laguna Pumacocha 2014.



Fotografía 40. Análisis fisicoquímico con el equipo de HACH del agua de la laguna Pumacocha 2014.

Anexo 8.

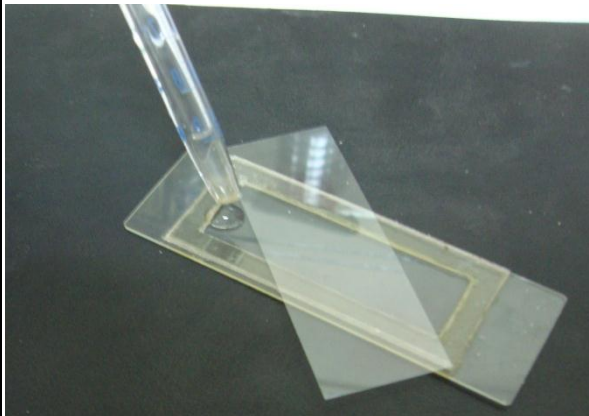
Fotografías de las muestras colectadas y de la identificación de los organismos del agua de la laguna Pumacocha, Vischongo 2014.



Fotografía 41. Preservación de las muestras de agua colectadas de la laguna Pumacocha



Fotografía 42. Muestras de agua colectadas de la laguna Pumacocha 2014.



Fotografía 43. Cámara de sedgwick Rafter



Fotografía 44. Observación microscópica de los organismos fitoplanctónicos en el laboratorio.

Anexo 9.
Matriz de Consistencia

TITULO: Comunidad Fitoplanctónica de la laguna “Pumacocha” del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera, Ayacucho - 2014.

AUTOR: Bach. Tumialán Ascarza, Nadia Claudia

ASESOR: MS. Elmer Alcides Avalos Pérez

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
Determinar la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera – 2014.	<p>Objetivos generales:</p> <p>Caracterización de la comunidad fitoplanctónica durante las estaciones de invierno y primavera de la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo - 2014.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de organismos fitoplanctónicos en la laguna Pumacocha del distrito de Vischongo durante los meses de julio a diciembre. 2. Analizar cuantitativamente los organismos que constituyen poblaciones de la comunidad fitoplanctónica de la laguna Pumacocha del Distrito de Vischongo durante los meses de julio a diciembre. 3. Determinar las características fisicoquímicas de la laguna de Pumacocha del distrito de Vischongo durante los meses de julio a diciembre. 4. Establecer la relación entre los valores físico-químicos de las aguas y la comunidad fitoplanctónica. 	<p>Temperatura</p> <p>pH</p> <p>Gases Disueltos</p> <p>Sales minerales</p> <p>Nutrientes</p> <p>Estado trófico</p> <p>Productividad primaria</p> <p>Comunidad fitoplanctónica</p> <p>Importancia del fitoplancton</p> <p>Fitoplancton como indicador biológico</p> <p>Biología del fitoplancton</p>	<p>Variables en estudio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Densidad poblacional fitoplanctónica • Cantidad de especímenes presentes • Temperatura del agua. • pH del agua. • Oxígeno disuelto del agua • CO2 del agua • Alcalinidad • Dureza • Nitrato • Fosfato 	<p>Tipo de investigación: Básica</p> <p>Nivel de investigación: Descriptiva</p> <p>Régimen de investigación: Libre</p> <p>Técnicas: Observación</p> <p>Determinación</p> <p>Instrumentos: Observación</p>